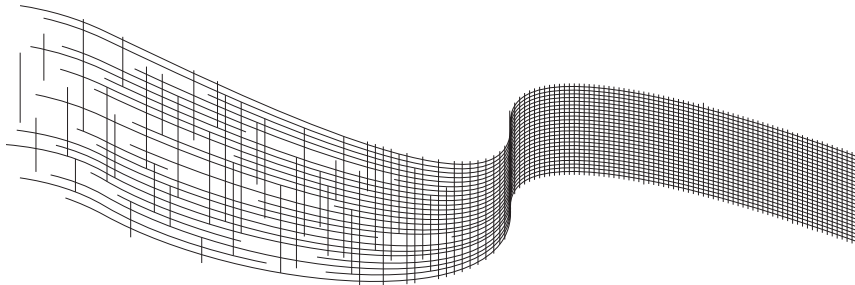


# **Consenso Argentino de Pruebas Ergométricas**

Consejo de Ergometría  
Rehabilitación Cardiovascular  
y Cardiología del Deporte

Área de Normas y Consensos

**Sociedad Argentina de Cardiología**  
**Año 2010**



“El libro Consenso Argentino de Pruebas Ergométricas es distribuido en forma gratuita por Laboratorios Bagó a los profesionales de la salud. Los conceptos expresados en el material aquí publicado corresponden y son exclusiva responsabilidad de sus autores, no implicando en modo alguno que coincidan con la opinión del Laboratorio, el cual declina toda responsabilidad por las conclusiones que se pudieran derivar de su lectura.”

# CONSENSO ARGENTINO 2010 PRUEBA ERGOMÉTRICA GRADUADA



## COMITÉ EJECUTIVO

Director  
Sub Directores

Coordinador General  
Por Área de Normatización  
y Consensos SAC  
Secretarios

Secretarios por CONAREC

Secretarios por Consejo de Técnicos

Dr. Arnaldo ANGELINO  
Dra. Graciela BRION  
Dr. Roberto ESPER  
Dr. Gustavo CASTIELLO

Dr. Juan GAGLIARDI  
Dr. Raúl BIANCO  
Dr. Roberto SCHENNA (hijo)  
Dr. Diego LOWENSTEIN  
Dr. Enrique GONZÁLEZ NAYA  
TPC Liliana GONZÁLEZ  
TPC Andrea MARTIN

## ÁREA DE CONSENSOS Y NORMAS

Director 2008/09: Dr. Jorge UBALDINI

Director 2010/11: Dr. Eduardo SAMPO

## COMITÉ ASESOR NACIONAL

Dr. Juan H. SAGLIETTI  
Dr. Bernardo BOSKIS  
Dr. Domingo TURRI

Dra. María Elena POYATOS  
Dr. Carlos BRUNO

## COMITÉ ASESOR INTERNACIONAL

Dr. Juan Carlos KASKI - (Inglaterra)  
Dra. Ileana PIÑA - (USA)  
Dr. Antoni BAYES DE LUNA - (España)  
Dr. Eduardo RIVAS ESTANY - (Cuba)

Dr. Francisco LÓPEZ JIMÉNEZ - (USA)  
Dr. José de VELASCO - (España)  
Dr. Jorge PINTO RIBEIRO - (Brasil)  
Dr. Esteban GARCÍA PORRERO (España)

## COMITÉ DE REDACCION

Arnaldo ANGELINO  
Gustavo CASTIELLO  
Juan GAGLIARDI  
Roberto ESPER  
Roberto PEIDRO  
Graciela BRION  
Alejandro GARCÍA AGUIRRE  
Domingo TURRI  
Pedro DÍAZ UBERTI  
Jorge FRANCHELLA  
Pedro PÉREZ MAS  
Raúl BIANCO  
Enrique GONZÁLEZ NAYA  
Ricardo RASMUSSEN  
Alejandro GÓMEZ MONROY  
Martín KORETSKI  
José L. CASTELLANO  
Carlos MILLER  
Jorge LOWENSTEIN  
Osvaldo MASOLI  
Javier MARINO

Domingo MOTTA  
Marcela CABO FUSTARET  
Jorge GONZÁLEZ ZUELGARAY  
Jorge CANEVA  
Jorge CORS  
Roberto TORTORELLA  
Diego IGLESIAS  
Hernán DOVAL  
Carlos TAJER  
Carlos BRUNO  
Eduardo ESTEBAN  
Ricardo REY  
Juan H. SAGLIETTI  
José SANDAMASO  
Patricia SANGENIS  
Hernán DELMONTE  
Isabel TORRES  
Sergio MAURO  
Guillermo BORTMAN  
José L. GONZALEZ  
Néstor GALIZIO

# TEMARIO GENERAL Y COMISIONES DE TRABAJO

## INTRODUCCIÓN

*Dr. Domingo Turri*

## CONCEPTOS GENERALES

*TPC Liliana González - TPC Andrea Martin*

## COMISIÓN DE TRABAJO 1

---

### PROTOCOLOS EN ERGOMETRÍA

**COORDINADOR: Dr. Jorge LERMAN**

*Secretario: Dr. Pedro Díaz Uberti*

#### TEMARIO

##### **1. A. PROTOCOLOS EN ENFERMEDAD CORONARIA**

**Coordinador: Dr. Ricardo C. RASSMUSEN**

*Colaborador: Dr. Jorge O. Kriskovich Juré*

##### **1. B. PROTOCOLOS EN INSUFICIENCIA CARDÍACA**

**Coordinador: Dr. Alejandro GÓMEZ MONROY**

*Colaboradores: Dr. Alberto Asenjo - Dr. Diego Echazarreta*

##### **1. C. PROTOCOLOS EN ENFERMEDAD VALVULAR**

**Coordinador: Dr. Martín KORETSKI**

*Colaboradores: Dr. Gabriel Maida - Dr. Víctor Grzeda*

##### **1. D. PROTOCOLOS EN UDT y GUARDIA**

**Coordinador: Dr. Ángel YEBARA**

*Colaboradora: Dra. Verónica La Crossa*

##### **1. E. PROTOCOLOS EN EL CHEQUEO PREVENTIVO**

**Coordinador: Dr. Alejandro GARCÍA AGUIRRE**

*Colaboradores: Dr. Fedor Novor - Dra. Ana Palacios*

##### **1. F. PROTOCOLOS EN REHABILITACIÓN**

**Coordinador: Dr. Mario BOSKIS**

*Colaboradora: Téc. Ana Paula Marcos*

##### **1. G. PROTOCOLOS EN DIFERENTES DEPORTES**

**Coordinador: Dr. Jorge FRANCHELLA**

*Colaboradores: Dr. Pablo Pelegri - Lic. Luis J. Boero - Prof. Adrián Casas -  
Lic. Hernán Castro*

## **COMISIÓN DE TRABAJO 2**

---

### **ERGOMETRÍA EN LOS DIFERENTES MÉTODOS**

**COORDINADOR: Dr. José L. CASTELLANO**

*Secretario: Dr. Carlos Miller*

**TEMARIO:**

**2. A. ECO-ESTRES**

**Coordinador: Dr. Jorge LOWENSTEIN**

*Colaborador: Dr. Miguel Bustamante Labarta*

**2. B. CÁMARA GAMMA**

**Coordinador: Dr. Osvaldo MASOLI**

*Colaboradores: Dra. Marcela Redruello - Dr. Carlos Collar - Dr. Juan Blanco*

**2. C. CONSUMO DE OXÍGENO**

**Coordinador: Dr. Javier MARINO**

**2. D. VENTILOMETRÍA/OXIMETRÍA**

**Coordinador: Dr. Domingo MOTTA**

*Colaborador: Dr. Juan Manuel Osses*

**2. E. TEST DE MARCHA**

**Coordinador: Dr. Guillermo LINEADO**

## **COMISIÓN DE TRABAJO 3**

---

### **ERGOMETRÍA EN POBLACIONES ESPECIALES**

**COORDINADOR: Dr. Roberto PEIDRO**

*Secretario: Dra. Marcela Cabo Fustaret*

**TEMARIO:**

**3. A. CDI/WPW/RESINCRONIZADORES**

**Coordinador: Dr. Jorge GONZÁLEZ ZUELGARAY**

*Colaboradores: Rolando González Aldunate (Chile) - Luis A. Hallon (Ecuador) - Luis Molina (México) - Pablo A. Montoya - América Pérez - Walter Reyes Caorsi (Uruguay) - Ariel E. Szyszko*

**3. B. TRASPLANTE CARDÍACO**

**Coordinador: Dr. Guillermo BORTMAN**

*Colaboradores: Dr. Rodrigo Ovejero - Dr. Gonzalo Pérez - Dr. Nicolás Caruso*

**3. C. EPOC Y ENFERMEDADES RESPIRATORIAS**

**Coordinador: Dr. Jorge CANEVA**

*Colaborador: Dr. Daniel Samolski*

**3. D. VASCULOPATÍAS PERIFÉRICAS**

**Coordinador: Dr. Jorge CORS**

*Colaborador: Dr. Martín Descalzo*

**3. E. DISCAPACITADOS MOTORES**

**Coordinador: Dr. Roberto TORTORELLA**

*Colaboradores: Dra. Marina Materia - Dr. Diego Ricci*

**3. F. PACIENTE CHAGÁSICO**

**Coordinador: Dr. Miguel DE ROSA**

**3. G. ERGOMETRÍA EN LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL**

**Coordinador: Dr. Roberto SCHENA (Padre)**

*Colaboradores: Dr. Jorge Altamirano - Dr. Roberto Schena (Hijo) -  
Dra. Graciana Ciambrone*

**3. H. OTROS: ALTURA Y MONTAÑISMO**

**Coordinadores: Dr. Diego IGLESIAS - Dr. Domingo MOTTA**

*Colaborador: Dr. José Pesce*

**3. I. DERECHO Y ERGOMETRÍA**

**Coordinador: Dr. Edgardo DONNA**

**3. J. CUIDADOS PSICOLÓGICOS ERGOMÉTRICOS**

**Coordinadoras: Dra. Marcela CABO FUSTARET - Dra. Mirta LAHAM**

*Colaborador: Dr. Alejandro Adilardi*

**COMISIÓN DE TRABAJO 4**

---

**INFORME ERGOMÉTRICO**

**COORDINADORES: Dr. Roberto ESPER - Dr. Hernán DOVAL - Dr. Carlos TAJER -  
Dr. Pedro PÉREZ MAS - Dr. Eduardo ESTEBAN -  
Dr. Ricardo REY - Dr. Gustavo FERRARI**

*Secretario: Dra. Norma Ruggiero*

**TEMARIO:**

**4. A. SOFTWARE 12 DERIVACIONES**

**Coordinador: Ing. Ricardo TOMSIC**

*Colaboradores: Dr. Tírso Gómez - Ing. Javier Fernández.*

**4. B. INFORME ERGOMÉTRICO NORMAL**

**Coordinador: Dr. José SANDAMASO**

*Colaboradores: Dr Gustavo Ferro - Dr Esteban Sandamaso*

**4. C. INFORME ERGOMÉTRICO ANORMAL ESPECÍFICO**

**Coordinadora: Dra. Graciela BRION**

**4. D. INFORME ALTO RIESGO ERGOMÉTRICO**

**Coordinador: Dr. Roberto PEIDRO**

**4. E. INFORMES EN POBLACIONES ESPECIALES**

**4. E. 1. MUJER**

**Coordinadora: Dra. Patricia SANGENIS**

*Colaboradores: Dra. Verónica La Crossa - Dra. Romina Paula Maur*

**4. E. 2. GERONTE**

**Coordinador: Dr. Hernán DELMONTE**

**4. E. 3. NIÑOS**

**Coordinadoras: Dra. Isabel TORRES - Dra. Inés ABELLA**

**4. E. 4. DEPORTES**

**Coordinador: Dr. Sergio MAURO**

*Colaboradores: Dr. Oscar Mendoza - Dr. Alberto Marani*

**4. E. 5. ARRITMIAS**

**Coordinador: Dr. José L. GONZÁLEZ**

*Colaboradores: Dr. Federico Robles - Dr. Néstor Galizio - Dr. Máximo Santos*

**RESUMEN GENERAL**

---



# ÍNDICE



<b>CONSENSO ARGENTINO 2010 PRUEBA ERGOMÉTRICA GRADUADA</b>	III
<b>COMITÉ EJECUTIVO</b>	III
<b>ÁREA DE CONSENSOS Y NORMAS</b>	III
<b>COMITÉ ASESOR NACIONAL</b>	III
<b>COMITÉ ASESOR INTERNACIONAL</b>	III
<b>COMITÉ DE REDACCION</b>	IV
<b>TEMARIO GENERAL Y COMISIONES DE TRABAJO</b>	V
INTRODUCCIÓN . . . . .	V
CONCEPTOS GENERALES . . . . .	V
<b>COMISIÓN DE TRABAJO 1</b> . . . . .	V
PROCOLOS EN ERGOMETRÍA . . . . .	V
<b>COMISIÓN DE TRABAJO 2</b> . . . . .	VI
ERGOMETRÍA EN LOS DIFERENTES MÉTODOS . . . . .	VI
<b>COMISIÓN DE TRABAJO 3</b> . . . . .	VI
ERGOMETRÍA EN POBLACIONES ESPECIALES . . . . .	VI
<b>COMISIÓN DE TRABAJO 4</b> . . . . .	VII
INFORME ERGOMÉTRICO . . . . .	VII
<b>RESUMEN GENERAL</b> . . . . .	VIII
<b>ÍNDICE</b>	IX
<b>TEMARIO GENERAL Y COMISIONES DE TRABAJO</b>	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> . . . . .	1
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	8
<b>CONCEPTOS GENERALES</b> . . . . .	12
<b>GABINETE ERGOMÉTRICO</b> . . . . .	12

El equipamiento necesario consiste en . . . . .	12
EL PERSONAL . . . . .	13
Función del médico cardiólogo . . . . .	13
Función del Técnico en Cardiología . . . . .	13
EQUIPOS . . . . .	17
SISTEMA DE REGISTRO Y CONTROL . . . . .	20
Sistema de derivaciones . . . . .	20
CONTRAINDICACIONES DE LA PRUEBA DE ESFUERZO . . . . .	21
A. Contraindicaciones absolutas . . . . .	21
B. Contraindicaciones relativas . . . . .	21
<b>PROTOCOLOS EN ERGOMETRÍA . . . . .</b>	<b>22</b>
PROTOCOLOS DE ESFUERZO . . . . .	22
Cinta sin fin ("Treadmill") . . . . .	22
Bicicleta ergométrica . . . . .	23
PROTOCOLOS CONVENCIONALES . . . . .	25
A. En BANDA . . . . .	25
B. En BICICLETA . . . . .	27

## COMISIÓN DE TRABAJO 1

### PROTOCOLOS EN ERGOMETRÍA

30

<b>1. A. PROTOCOLOS EN ENFERMEDAD CORONARIA . . . . .</b>	<b>30</b>
LA PRUEBA DE ESFUERZO EN EL DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDAD CORONARIA (EC) . . . . .	30
Sensibilidad, especificidad y valor predictivo . . . . .	30
Exactitud diagnóstica de la prueba de esfuerzo . . . . .	31
Limitaciones de la prueba de esfuerzo para el diagnóstico de enfermedad coronaria . . . . .	31
Variables a evaluar en el test de esfuerzo . . . . .	32
LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LA EVALUACIÓN DEL PRONÓSTICO DE EC . . . . .	34
Estratificación del riesgo coronario . . . . .	34
Pronóstico de la cardiopatía isquémica . . . . .	34
Estratificación del riesgo con una prueba de esfuerzo . . . . .	34
Prueba de esfuerzo post-infarto de miocardio . . . . .	36
<b>CONCLUSIONES . . . . .</b>	<b>37</b>
PRUEBA DE ESFUERZO POS-REVASCULARIZACIÓN . . . . .	38
<b>RECOMENDACIONES . . . . .</b>	<b>39</b>
Clase I . . . . .	39
Clase II . . . . .	39
Clase III . . . . .	39
<b>BIBLIOGRAFÍA . . . . .</b>	<b>39</b>
<b>1. B. PROTOCOLOS EN INSUFICIENCIA CARDÍACA . . . . .</b>	<b>42</b>
EL TEST DE ESFUERZO CON MEDICIÓN DIRECTA DEL CONSUMO DE OXÍGENO . . . . .	42
Protocolos recomendados para el CPX . . . . .	45
Valor pronóstico de la CPX . . . . .	45
Limitaciones del CPX . . . . .	47
Contraindicaciones del CPX en pacientes con IC . . . . .	48

<b>RECOMENDACIONES</b>	48
Clase I	48
Clase II	48
<b>CONCLUSIÓN</b>	49
PRUEBA ERGOMÉTRICA GRADUADA (PEG) DE 12 DERIVACIONES	
EN LA INSUFICIENCIA CARDÍACA	49
VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD FUNCIONAL	49
DIAGNÓSTICO DE CARDIOPATÍA ISQUÉMICA	50
RECOMENDACIONES	50
Clase II Nivel de Evidencia B	50
Clase II Nivel de Evidencia C	50
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	51
<b>1. C. PROTOCOLOS EN ENFERMEDAD VALVULAR</b>	53
CONCEPTOS FISIOPATOLÓGICOS.	53
Claves para realizar una ergometría en pacientes valvulares	53
Las indicaciones del test ergométrico tienen como finalidad	53
Protocolos más empleados.	53
Cuándo detener la prueba	54
<b>RECOMENDACIONES</b>	54
INSUFICIENCIA MITRAL	54
Clase I	54
Clase II	54
Clase III	54
ESTENOSIS MITRAL	54
Clase I	54
Clase III	54
INSUFICIENCIA AÓRTICA.	54
Clase II	54
Clase III	54
ESTENOSIS AÓRTICA	55
Clase I	55
Clase II	55
Clase III	55
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	55
<b>1. D. PROTOCOLOS EN LA UNIDAD DE DOLOR TORÁCICO Y GUARDIA</b>	56
CONSIDERACIONES PARA EMPLEAR LA ERGOMETRÍA EN LA EVALUACIÓN	
DE PACIENTES CON DOLOR TORÁCICO	56
Finalidad del test ergométrico en la unidad de dolor precordial y guardia	58
Protocolos a emplear	58
Utilidad de la PEG en una UNIDAD DE DIAGNÓSTICO INTENSIVO.	58
<b>RECOMENDACIONES</b>	59
Clase I	59
Clase II	59
Clase III	59
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	59

<b>1. E. PROTOCOLOS EN EL CHEQUEO PREVENTIVO . . . . .</b>	<b>61</b>
INTRODUCCIÓN . . . . .	61
APLICACIÓN DE LA ERGOMETRÍA EN LA POBLACIÓN ASINTOMÁTICA . . . . .	61
SELECCIÓN DE PACIENTES ASINTOMÁTICOS PARA ERGOMETRÍA EN BASE AL RIESGO CLÍNICO . . . . .	62
METODOLOGÍA . . . . .	63
<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	65
Clase I . . . . .	65
Clase IIa . . . . .	65
Clase III . . . . .	65
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	65
<b>1. F. PROTOCOLOS EN REHABILITACIÓN . . . . .</b>	<b>67</b>
INDICACIÓN CLASE I DE ERGOMETRÍA EN REHABILITACIÓN CARDIOVASCULAR . . . . .	67
A. Pacientes que ingresan a un Programa de Rehabilitación Cardiovascular . . . . .	67
B. Indicación de ergometría en pacientes que ya se encuentran en un plan de Rehabilitación Cardiovascular, para la progresión de la intensidad de trabajo . . . . .	69
<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	69
CLASE I ERGOMETRÍA EN REHABILITACIÓN CARDIOVASCULAR.. . . . .	69
A. Pacientes que ingresan a un Programa de Rehabilitación Cardiovascular . . . . .	69
B. Indicación de ergometría en pacientes ya dentro de un plan de rehabilitación cardiovascular, para la progresión de la intensidad de trabajo . . . . .	70
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	70
<b>1. G. PROTOCOLOS EN DIFERENTES DEPORTES . . . . .</b>	<b>71</b>
INTRODUCCIÓN . . . . .	71
Abreviaturas y Acrónimos . . . . .	71
<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	72
Clase I . . . . .	72
Clase II . . . . .	72
Clase III . . . . .	72
NIVEL DE EVIDENCIA . . . . .	72
REQUISITOS PREVIOS . . . . .	73
SISTEMAS ENERGÉTICOS . . . . .	73
Sistema ATP-PC . . . . .	73
Sistema glucolítico . . . . .	74
Sistema oxidativo . . . . .	74
CARACTERÍSTICAS METABÓLICAS DE DIFERENTES DEPORTES . . . . .	74
Deportes Cíclicos . . . . .	74
Deportes Acíclicos . . . . .	74
CLASIFICACIÓN DE LOS DEPORTES DE ACUERDO A SU ENERGÉTICA PREDOMINANTE . . . . .	75
CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO . . . . .	76
ERGÓMETROS . . . . .	78
Especificidad de la prueba . . . . .	78
PROTOCOLOS . . . . .	79
La potencia es la aplicación funcional de la fuerza y de la velocidad. . . . .	80
TREADMILL . . . . .	80

CICLOERGÓMETRO . . . . .	81
CONSIDERACIONES FINALES . . . . .	82
<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	82
Clase I . . . . .	82
Clase II . . . . .	84
Clase III . . . . .	84
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	84

## COMISIÓN DE TRABAJO 2

### ERGOMETRÍA EN LOS DIFERENTES MÉTODOS

87

<b>2. A. ECO- ESTRES</b> . . . . .	87
<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	90
Clase I . . . . .	90
Clase II . . . . .	90
Clase III . . . . .	90
<b>RESUMEN</b> . . . . .	90
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	91
<b>2. B. CÁMARA GAMMA</b> . . . . .	93
A. INDICACIONES . . . . .	93
B. CONTRAINDICACIONES ABSOLUTAS . . . . .	93
C. CONTRAINDICACIONES RELATIVAS . . . . .	93
D. LIMITACIONES . . . . .	94
E. MODALIDADES DE EJERCICIO . . . . .	94
F. PROCEDIMIENTO . . . . .	94
G. INDICACIONES PARA LA PRONTA TERMINACIÓN DEL EJERCICIO . . . . .	95
<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	95
Clase I . . . . .	95
Clase II . . . . .	96
Clase III . . . . .	96
<b>2. C. CONSUMO DE OXÍGENO</b> . . . . .	97
TÉCNICA . . . . .	97
INDICACIONES DE LA PRUEBA CARDIOPULMONAR . . . . .	100
Umbral anaeróbico ventilatorio (UA) . . . . .	100
Cociente respiratorio (R) . . . . .	101
Equivalente ventilatorio de oxígeno (VE/VO <sub>2</sub> ) y de dióxido de carbono (VE/VCO <sub>2</sub> ) . . . . .	101
Disnea respiratoria o cardíaca . . . . .	101
CONSUMO DE OXÍGENO EN LA INSUFICIENCIA CARDÍACA . . . . .	102
<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	103
Clase I . . . . .	103
Clase IIa . . . . .	104
<b>2. D. VENTILOMETRÍA/OXIMETRÍA</b> . . . . .	105
VENTILOMETRÍA DE ESFUERZO . . . . .	105
<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	105

Clase I . . . . .	105
Clase II A. . . . .	106
Clase II B . . . . .	106
Clase III . . . . .	106
<b>BIBLIOGRAFÍA . . . . .</b>	106
<b>OXIMETRÍA DE ESFUERZO . . . . .</b>	107
<b>RECOMENDACIONES . . . . .</b>	108
Clase I . . . . .	108
Clase II A. . . . .	108
Clase II B . . . . .	108
Clase III . . . . .	108
<b>BIBLIOGRAFÍA . . . . .</b>	108
<b>2. E. TEST DE MARCHA . . . . .</b>	109
PRUEBA DE MARCHA DE 6 MINUTOS . . . . .	109
<b>RECOMENDACIONES . . . . .</b>	110
Clase I . . . . .	110
<b>BIBLIOGRAFÍA . . . . .</b>	110

### COMISIÓN DE TRABAJO 3

#### ERGOMETRÍA EN POBLACIONES ESPECIALES

111

<b>3. A. CDI/WPW/RESINCRONIZADORES . . . . .</b>	111
INTRODUCCIÓN . . . . .	111
Rol de la prueba de esfuerzo . . . . .	111
<b>CONCLUSIÓN . . . . .</b>	112
<b>RECOMENDACIONES . . . . .</b>	112
Clase IIa . . . . .	112
<b>BIBLIOGRAFÍA . . . . .</b>	112
INDICACIONES DE ERGOMETRÍA EN PACIENTES CON MARCAPASOS Y CARDIODESFIBRILADORES IMPLANTABLES (CON O SIN RESINCRONIZADOR). . . . .	113
<b>RECOMENDACIONES . . . . .</b>	114
<b>BIBLIOGRAFÍA . . . . .</b>	114
<b>3. B. TRASPLANTE CARDÍACO . . . . .</b>	116
EL EJERCICIO EN EL PACIENTE TRASPLANTADO CARDÍACO . . . . .	116
DENERVACIÓN . . . . .	117
REINERVAÇÃO . . . . .	118
ERGOMETRÍAS EN PACIENTES TRASPLANTADOS CARDÍACOS . . . . .	119
<b>RECOMENDACIONES . . . . .</b>	120
Clase IIa . . . . .	120
<b>BIBLIOGRAFÍA . . . . .</b>	121
<b>3. C. EPOC Y ENFERMEDADES RESPIRATORIAS . . . . .</b>	123
INDICACIONES DE PRUEBAS PROGRESIVAS EN ESFUERZO (PPE). . . . .	123

Generalidades ( <b>Clase I – Evidencia B</b> ) . . . . .	123
Puntos relevantes de las PPE en EPOC ( <b>Clase I – Evidencia B</b> ) . . . . .	123
Prueba de marcha o caminata de 6 minutos . . . . .	124
Shuttle test o prueba de la lanzadera . . . . .	124
Prueba de ejercicio cardiopulmonar (PECP) ( <b>Clase I – Evidencia A</b> ) . . . . .	124
Protocolos . . . . .	125
CONTRAINDICACIONES ( <b>CLASE III – EVIDENCIA B</b> ) . . . . .	125
Criterios para finalizar anticipadamente una prueba de esfuerzo ( <b>Clase I – Evidencia B</b> )	126
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	127
<b>3. D. VASCULOPATÍAS PERIFÉRICAS</b> . . . . .	128
MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO COMPLEMENTARIOS NO INVASIVOS EN LA EAP. . . . .	129
Índice tobillo brazo (ITB) (medido en reposo). . . . .	129
Índice tobillo brazo de reposo y post ejercicio . . . . .	130
Ultrasonido Doppler . . . . .	131
Prueba ergométrica (PEG) en banda deslizante . . . . .	131
Pruebas no habituales . . . . .	134
RECOMENDACIONES . . . . .	136
Clase I . . . . .	136
Clase IIb . . . . .	136
Clase III . . . . .	137
ROL DE LA PEG EN BANDA DESLIZANTE Y DIAGNÓSTICO	
DIFERENCIAL DE CLAUDICACIÓN INTERMITENTE CON PSEUDOCLOUDICACIÓN . . . . .	137
RECOMENDACIONES . . . . .	139
Clase I . . . . .	139
PEG EN BANDA DESLIZANTE Y SU ROL EN LA REHABILITACIÓN	
Y SEGUIMIENTO DE LOS PACIENTES CON EAP. . . . .	139
RECOMENDACIONES . . . . .	142
Clase I . . . . .	142
Clase IIb . . . . .	143
LA ERGOMETRÍA EN PACIENTES CON ENFERMEDAD ARTERIAL	
PERIFÉRICA Y CORONARIA ASOCIADAS. . . . .	143
RECOMENDACIONES . . . . .	145
Clase IIb . . . . .	145
Clase III . . . . .	145
SISTEMATIZACIÓN DEL INFORME DE LOS RESULTADOS DE LA PEG EN EAP. . . . .	145
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	147
<b>3. E. DISCAPACITADOS MOTORES</b> . . . . .	154
ERGOMETRÍA CON CICLOERGÓMETRO DE TREN SUPERIOR . . . . .	154
Consideraciones . . . . .	154
Motivos de detención de la prueba nivel de evidencia B . . . . .	155
Clase Funcional Ergométrica (CFE) nivel de evidencia C. . . . .	155
Indicaciones . . . . .	155
Criterios de riesgo nivel de evidencia C . . . . .	155
ERGOMETRÍA DE BRAZO-PIERNA EN PACIENTES HEMIPLEJICOS . . . . .	156
Consideraciones . . . . .	156
Motivos de detención de la prueba nivel de evidencia B . . . . .	157
Capacidad Funcional Ergométrica (CFE) nivel de evidencia C . . . . .	157

Indicaciones . . . . .	157
Criterios de riesgo . . . . .	158
<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	158
RESUMEN DISCAPACITADOS MOTORES . . . . .	158
Clase I (evidencia B) . . . . .	158
Clase II (evidencia B) . . . . .	158
Clase III (evidencia B) . . . . .	158
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	158
<b>3. F. PACIENTE CHAGÁSICO</b> . . . . .	160
EL ROL DE LA ERGOMETRÍA EN EL ESTUDIO DEL PACIENTE CHAGÁSICO . . . . .	160
Introducción . . . . .	160
Fisiopatogenia . . . . .	160
Evolución . . . . .	161
<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	162
CONSIDERACIONES DE LA PRUEBA ERGOMÉTRICA GRADUADA (PEG) . . . . .	162
Clase I . . . . .	163
Clase II . . . . .	164
Clase III . . . . .	164
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	164
<b>3. G. ERGOMETRÍA EN LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL.</b> . . . . .	165
CONSIDERACIONES GENERALES . . . . .	165
Respuestas anormales Fisiológicas . . . . .	166
Respuestas anormales Clínicas . . . . .	166
Respuesta normal de la TA en el ejercicio . . . . .	167
Respuesta exagerada de la presión arterial en el ejercicio . . . . .	168
Respuesta anormal en recuperación . . . . .	169
Otras aplicaciones clínicas de la ergometría . . . . .	169
PROYECTO DE PRUEBA ERGOMÉTRICA PARA EVALUAR LA HTA . . . . .	170
PROTOCOLO DE NAUGHTON -BALKE MODIFICADO . . . . .	170
BICICLO . . . . .	171
Clasificación de la respuesta presora . . . . .	172
Informe de Prueba Ergométrica en la HTA . . . . .	172
Comentarios finales . . . . .	173
<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	173
CONSIDERACIONES FINALES . . . . .	173
Clase I . . . . .	173
Clase II . . . . .	173
IIa . . . . .	173
IIb . . . . .	173
Clase III . . . . .	173
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	173
<b>3. H. OTROS ALTURA Y MONTAÑISMO</b> . . . . .	177
CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS . . . . .	177
ERGOMETRÍA EN PERSONAS SANAS QUE VAN A REALIZAR MONTAÑISMO . . . . .	178
RECOMENDACIONES . . . . .	179



ERGOMETRÍA EN PERSONAS CON CARDIOPATÍAS QUE SE EXPONDRÁN A LA ALTURA. . . . .	179
RECOMENDACIONES . . . . .	180
Clase I (evidencia A) . . . . .	180
Clase IIa (evidencia B). . . . .	180
ES POSIBLE PREDECIR EN EL LLANO QUIÉN ENFERMA DE PATOLOGÍAS RELACIONADAS CON LA HIPOXIA EN LA ALTURA . . . . .	180
RECOMENDACIONES . . . . .	181
Clase IIb (evidencia C) . . . . .	181
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	181
<b>3. I. DERECHO Y ERGOMETRÍA</b> . . . . .	184
EL CONSENTIMIENTO . . . . .	184
I. EL CONSENTIMIENTO . . . . .	184
II. LA INFORMACIÓN . . . . .	185
III. REQUISITOS DEL CONSENTIMIENTO . . . . .	185
IV. LA PRUEBA DE ESFUERZO . . . . .	185
1. PACIENTE . . . . .	186
II. NOTA. . . . .	186
V. SÍNTESIS . . . . .	186
VI. CONSECUENCIAS . . . . .	186
<b>FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO</b> . . . . .	186
<b>3. J. CUIDADOS PSICOLÓGICOS ERGOMÉTRICOS</b> . . . . .	188
<b>RECOMENDACIONES</b> . . . . .	189
Clase I (evidencia C) . . . . .	189
Clase IIa (evidencia C) . . . . .	189
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	190
<b>COMISIÓN DE TRABAJO 4</b>	
<b>INFORME ERGOMÉTRICO</b>	191
<b>4. A. SOFTWARE 12 DERIVACIONES</b> . . . . .	191
INTRODUCCIÓN . . . . .	191
SISTEMAS PARA LA REALIZACIÓN DE ERGOMETRÍAS . . . . .	191
Conceptos básicos . . . . .	191
PARTES COMPONENTES DE LOS SISTEMAS ACTUALES. . . . .	192
ACERCA DEL SISTEMA DE COMPUTACIÓN BÁSICO . . . . .	192
ACERCA DEL DISPOSITIVO DE ADQUISICIÓN DE ECG . . . . .	193
ACERCA DEL SOFTWARE DE ERGOMETRÍA . . . . .	194
Bibliografía . . . . .	196
ACERCA DEL SISTEMA MECÁNICO DE ESFUERZO . . . . .	197
Fuentes consultadas . . . . .	198
SOFTWARE DE ERGOMETRÍA EN TELEMETRÍA Y TELEMEDICINA . . . . .	198
Introducción . . . . .	198
PE Telemétrica. . . . .	198
<b>COMENTARIOS Y CONCLUSIONES</b> . . . . .	200
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	201

<b>4. B. INFORME ERGOMÉTRICO NORMAL . . . . .</b>	<b>202</b>
<b>4. C. INFORME ERGOMÉTRICO ANORMAL ESPECÍFICO . . . . .</b>	<b>203</b>
1. SÍNTOMAS . . . . .	203
TENSIÓN ARTERIAL . . . . .	205
<b>4. D. INFORME ALTO RIESGO ERGOMÉTRICO . . . . .</b>	<b>206</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA . . . . .</b>	<b>207</b>
<b>4. E. INFORMES EN POBLACIONES ESPECIALES . . . . .</b>	<b>208</b>
<b>4. E. 1. MUJER . . . . .</b>	<b>208</b>
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	209
ERGOMETRÍA EN LA PACIENTE EMBARAZADA . . . . .	209
Modificaciones hemodinámicas durante el embarazo . . . . .	209
Respuesta cardiovascular en ejercicio durante el embarazo . . . . .	210
Respuesta fetal frente al ejercicio materno. . . . .	211
Valor de la ergometría en el embarazo . . . . .	211
En conclusión . . . . .	212
<b>4. E. 2. GERONTE . . . . .</b>	<b>212</b>
ERGOMETRÍA EN PERSONAS MAYORES DE 75 AÑOS . . . . .	212
Cambios cronobiológicos en el sistema cardiovascular . . . . .	213
MODIFICACIONES QUE SE PUEDEN REALIZAR AL METODO PARA OPTIMIZAR LA PRUEBA . . . . .	214
<b>4. E. 3. NIÑOS . . . . .</b>	<b>215</b>
INDICACIONES . . . . .	215
CONTRAINDICACIONES . . . . .	215
INSTRUMENTAL . . . . .	215
METODOLOGÍA . . . . .	217
PROTOCOLOS . . . . .	217
Causas de suspensión de la prueba . . . . .	220
INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS . . . . .	220
RESULTADO EN LAS DIFERENTES PATOLOGÍAS . . . . .	222
COMPORTAMIENTO DEL CORAZÓN ANTE EL ESFUERZO . . . . .	223
Diferencias entre el niño y el adulto . . . . .	223
COMPORTAMIENTO DEL CORAZÓN EN EL POSSESFUERZO . . . . .	224
Diferencias entre el niño y el adulto . . . . .	224
<b>4. E. 4. DEPORTES . . . . .</b>	<b>224</b>
APTITUD CARDIOVASCULAR PARA LA PRÁCTICA DEPORTIVA . . . . .	224
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	226
<b>4. E. 5. ARRITMIAS . . . . .</b>	<b>226</b>

# TEMARIO GENERAL Y COMISIONES DE TRABAJO



## INTRODUCCIÓN

**Cada 10 años el Consejo de Ergometría y Rehabilitación Cardiovascular ha realizado Normas y Bases para la práctica de la especialidad**, en esta oportunidad un comité de redacción especial ha sido designado por la Sociedad Argentina de Cardiología para informar la actualización en la práctica de la prueba ergométrica graduada. En este consenso han trabajado cinco comisiones de especialistas actualizando la experiencia con la mira puesta en la toma de decisiones para emitir recomendaciones de aplicación según el tipo de evidencia. El estudio ergométrico fue el procedimiento de sobrecarga funcional que acompañó a la valoración clínica y a la cinecoronariografía cuando la cardiopatía isquémica iniciaba la proyección de su desarrollo en los finales de la década del sesenta, manteniendo ese rol protagónico durante casi dos décadas. La escuela argentina ha sido muy prolífica en la investigación y en los aportes de la prueba ergométrica graduada (PEG) a la práctica clínica. La protocolización del esfuerzo físico y el manejo de elementos clínicos y electrocardiográficos sencillos permitió a la PEG estudiar la isquemia miocárdica de la insuficiencia coronaria crónica, sirviendo primeramente dos grandes necesidades: auxiliar en la decisión de conductas terapéuticas, y avanzar en el estudio y en el conocimiento fisiopatológico de la isquemia cardíaca provocada. Actualmente, cuando el desarrollo de ese conocimiento es amplísimo, la PEG tiene indicaciones precisas donde aporta el máximo de su confiabilidad y, tal como se concibe en el estudio ergométrico tradicional, se asocia a la metodología de imágenes gammagráficas o ultrasónicas, para definir segmentos de miocardio hipoperfundidos y motilidad regional alterada por desbalance isquémico. Por otro lado, basta con observar los títulos de este consenso para comprender la amplitud de los campos en que hoy se aplica el método ergométrico.

El ejercicio físico pone en tensión la reserva de patologías que intervienen en el sistema de transporte de oxígeno desde el aire a los tejidos, y como prueba de sobrecarga explora los límites de la capacidad funcional y las respuestas propias del sistema cardiohemorrespiratorio, simpático y neuromúsculoesquelético, recogiendo una cantidad de variables fisiológicas en situaciones normales y patológicas. La expansión del método se advierte cuando el trabajo físico diversamente protocolizado complementa la evaluación de la enfermedad valvular, la enfermedad de Chagas, la insuficiencia ventilatoria crónica y la enfermedad arterial periférica, y es sistemáticamente empleado para evaluar el entrenamiento físico en la rehabilitación de pacientes y en las prácticas deportivas de competición, especialmente cuando requieren alta demanda aeróbica. El aumento del gasto energético durante el esfuerzo revela las nuevas condiciones del organismo con un corazón transplantado, la disminución del rendimiento

por el avance de la edad cronobiológica, por el sedentarismo a cualquier edad, y manifiesta el comportamiento del corazón del niño normal o con cardiopatías congénitas o adquiridas. Ofrece información interesante sobre el grado de control del ritmo ventricular por fármacos en la fibrilación auricular, el tipo de respuesta en frecuencia de marcapasos, y es de utilidad pronóstica en los síndromes de preexcitación ventricular según la desaparición brusca de la onda delta basal. El método también está afianzado en los protocolos de guardia médica para interpretar cuadros dificultosamente atribuibles a síndrome coronario agudo.

Asociado a la medición directa del consumo de oxígeno y con la posibilidad de definir diferentes índices de intercambio gaseoso y ventilométricos, surgió el test cardiopulmonar que es la mejor manera de evaluar la capacidad funcional durante el ejercicio (la ergometría convencional calcula el consumo de oxígeno por extrapolación de datos a nomogramas como el de Astrand). El procedimiento también puede diferenciar la naturaleza cardíaca o pulmonar de las limitaciones de la capacidad funcional, y establecer parámetros evaluativos y pronósticos en los pacientes con insuficiencia cardíaca. Conocer que el consumo máximo de oxígeno menor de 14 ml/kg/min o inferior al predicho en un 50% significa mortalidad más elevada al año, por lo que ese es un aporte determinante para decidir el trasplante cardíaco. Otros indicadores, como la curva del cociente ventilación/producción de CO<sub>2</sub>, perfeccionan el pronóstico de supervivencia en la insuficiencia cardíaca (1), y es novedosa la integración de índices ventilatorios con el ritmo de recuperación de la frecuencia cardíaca después del esfuerzo, integrando un score predictivo de riesgo (2). Cuando no se logra un ejercicio máximo, la pendiente de eficiencia de la respuesta ventilatoria en cargas menores abre posibilidades para demostrarse como un indicador predictivo (3). Un protocolo mucho más modesto como el test de marcha de 6 minutos encuentra fácil aplicación para estimar el rendimiento físico integral sin otras precisiones sofisticadas.

Al esfuerzo graduado convencional, con controles más estrictos, se recurre en las valvulopatías cuando la apreciación objetiva del grado de capacidad funcional es determinante para las conductas invasivas, o cuando los síntomas son dudosos o no están manifiestos en la vida diaria. La estenosis valvular aórtica es quizás la que más transita por la PEG. La consideración principal en pacientes asintomáticos con estenosis aórtica severa es preservar la evolución con la válvula propia todo el tiempo que se pueda, pero evitando la exposición a las complicaciones severas de su evolución natural. El tiempo quirúrgico no está definitivamente establecido en ellos; además, hay quienes son asintomáticos porque en la vida diaria no tienen oportunidad de llegar a ese límite (la patología es prevalente en la edad avanzada). En la PEG se busca angina, disnea, caída de la presión arterial sistólica o inadecuado incremento; también pueden manifestarse síntomas de confusión cerebral, mareos, arritmias, taquicardia desproporcionada al esfuerzo, o aparecer isquemia inducida. Si los síntomas no aparecen, el valor predictivo negativo para desarrollar espontáneamente síntomas durante el año siguiente es alto y el reemplazo valvular puede posponerse con seguridad con un método simple y de bajo costo (4). La confianza de esta espera radica en que el riesgo de muerte súbita en asintomáticos es menor del 1% (5). El ejercicio no solamente es útil para explorar niveles de carga de trabajo no reproducibles en la vida diaria, sino también por modificar la *compliance* de la válvula estenótica en condiciones de aumento del flujo transvalvular, de modo que la imposibilidad de que el orificio aórtico aumente durante el esfuerzo propende a su menor tolerancia y a la aparición de síntomas (6). En el grupo de pacientes con estenosis valvular aórtica con

bajo flujo y bajo gradiente, la performance durante el test de la marcha de 6 minutos es uno de los predictores que identifica mal pronóstico (7).

La utilidad de la PEG depende de la población en que se aplica, del objetivo que se desea alcanzar en cada caso y de los criterios para interpretar los resultados. El consenso deja bien esclarecido que el intento de pesquisar cardiopatía isquémica sin orientación clínica brinda poco beneficio. Ante una finalidad diagnóstica debemos tener presente que la ergometría es un método de conclusión no definitiva sino dependiente de la probabilidad previa de tener la enfermedad, creando una cantidad de resultados falsos negativos y falsos positivos. Una población numerosa de asintomáticos llega a la ergometría por chequeos preventivos o para certificar aptitud física, con la idea de descartar la presencia actual de cardiopatía isquémica. Esta inquietud es muy justificada pues la enfermedad coronaria es la primera causa de muerte en el mundo y su inicio como síndrome coronario agudo o muerte súbita es un hecho frecuente. Un resultado positivo debería tener valor predictivo para el desarrollo de angina de pecho, infarto de miocardio o muerte cardíaca, lo cual residió históricamente en demostrar la depresión ST (8). Sin embargo, la PEG tiene poco valor para pesquisar enfermedad coronaria o para predecir evento cardiovascular en poblaciones asintomáticas con baja probabilidad previa para ello (9) y las personas correctamente identificadas son muy pocas y con altísimo costo de pesquisa (10) por lo que siendo la relación costo-efectividad no beneficiosa en asintomáticos con riesgo clínico bajo o moderado, la prueba de esfuerzo no tiene indicación formal en ellos. (11).

La prevalencia de la enfermedad interviene de modo tal que los verdaderos positivos aumentan cuando los individuos examinados tienen coronariopatía clínicamente confirmada o alta probabilidad de poseerla. Las limitaciones de la variable electrocardiográfica afloran con intensidad entre las personas sin cardiopatía isquémica o con baja probabilidad actual, originando la desorientación de los falsos positivos. La aproximación bayesiana es indispensable cuando se trata de indagar la isquemia miocárdica mediante el procedimiento convencional del esfuerzo. Otra cantidad grande de personas llega a la PEG diagnóstica por sintomatología precordial. Entonces, el interrogatorio tiene máximo valor para definir la probabilidad previa, pues es diferente si se trata de angina típica, angor dudoso o dolor precordial totalmente atípico e inusual; así construyeron Forrester y Diamond las diferentes probabilidades de la verdadera o falsa depresión ST (12). Cuando la indicación diagnóstica es para dilucidar alteraciones electrocardiográficas, debe recordarse que la mayor confiabilidad del resultado ergométrico ocurre cuando el ECG es normal; un ECG alterado es motivo para orientarse hacia un estrés con imágenes para evitar falsos positivos, y si se emprende la ergometría, las pruebas de labilidad del ST-T son necesarias para desenmascarar ondas de repolarización ventricular fácilmente reversibles.

La PEG es útil en la pesquisa de cardiopatía isquémica cuando las probabilidades de poseerla son considerables; esta situación, que antes definíamos como “suma de factores de riesgo”, actualmente está muy bien tipificada por la probabilidad igual o mayor del 20% en el score de Framingham de desarrollar muerte cardíaca o infarto no fatal a 10 años. Ha sido analizada la forma en que interactúan la información clínica del riesgo cardiovascular global y la información de la PEG en personas asintomáticas. Se halló que el SCORE Europeo estima mejor el riesgo global de muerte que el Score de Riesgo de Framingham, y que la combinación de aquél con variables ergométricas es útil para estratificar el riesgo de asintomáticos (13).

Un valor alto en el índice SCORE, baja capacidad de esfuerzo y recuperación anormal de la frecuencia cardíaca se revelaron como predictores independientes de mortalidad, sin significación para la depresión ST, pero las variables ergométricas son predictivas cuando existe un score clínico elevado. A pesar de lo mencionado acerca de la alteración del ECG durante el ejercicio, en hombres sin diagnóstico de enfermedad coronaria la depresión ST asintomática durante la PEG o su recuperación, recientemente resignificó valor predictivo de muerte súbita, pero resaltando que es así al asociarse a cualquier factor de riesgo convencional, con mayor exposición al riesgo primero para el tabaquismo (5,9 veces más), luego para la hipertensión (4,7 veces más) y para la hipercolesterolemia (3,8 veces más) (14).

Aunque no pueda establecerse el diagnóstico actual de isquemia miocárdica silenciosa en la pesquisa preclínica, la magnitud máxima de esfuerzo durante la PEG en asintomáticos se confirma como fuerte predictor de mortalidad alejada (15). El fenómeno probablemente expresaría que la disminución de la capacidad física involucra, compromete y depende de otras condiciones peligrosas para el corazón, ocultas tras el sedentarismo o el desentrenamiento habitual. Estas comprobaciones adquieren un significado especial, porque más que decir “usted está un poco desentrenado” a la persona con bajo rendimiento ergométrico, habría que tomar esa condición como un verdadero factor de riesgo. Así como asistimos al rescate de la obesidad desde un factor de riesgo considerado menor hace unas décadas y que hoy está entronizada en la cumbre etiológica del riesgo, estas comprobaciones pueden servir para advertir objetivamente desde la visión de la PEG el riesgo que el sedentarismo significa y oculta. Constataciones similares surgen desde distintos enfoques; en hipertensos la capacidad máxima de esfuerzo correlaciona con el tiempo de supervivencia, revelándose una reducción de 13% en la mortalidad alejada por cada MET incrementado en la capacidad de ejercicio; el riesgo disminuyó hasta 71% en quienes superaron 10 METS de ejercicio y aumentó un 47% en la categoría de rendimiento más bajo (menor de 5 METS) cuando tenía por lo menos un factor de riesgo adicional (16). Desde otro punto de vista, concuerda la visión retrospectiva en el continuo cardiovascular: a quince años de catalogar la capacidad física de adultos jóvenes en el estudio CARDIA, quienes tuvieron los niveles más bajos de capacidad física representaron el mayor riesgo de calcificaciones coronarias mediante el índice usado en la tomografía multicorte (17).

Debido a que scores como el de Framingham pueden subestimar el riesgo, y porque la población de riesgo intermedio (entre el 10 y el 20% de probabilidad de evento a 10 años) es la que requiere mayor precisión, elementos subrogantes que demostraron valor como los marcadores microinflamatorios, el espesor íntima-media carotídeo, el test de función endotelial, la evidencia de placas ateroscleróticas incipientes y el aumento de resistencia a la insulina habilitan avanzar en el caso individual hacia la pesquisa de cardiopatía isquémica con PEG. Resulta atractiva la comprobación reciente de que, en individuos sin enfermedad cardíaca conocida, la adición de capacidad funcional baja, cronotropismo negativo y depresión ST predicen a largo plazo mortalidad similar a la de pacientes con coronariopatía conocida sin esas anormalidades (18).

También la forma en que responde la presión arterial tiene significado en asintomáticos; la reacción hipertensiva implica mayor probabilidad de desarrollar hipertensión en los próximos 5 a 10 años si se supera el valor sistólico máximo de 214 mmHg (19). y alta probabilidad de desarrollar enfermedad coronaria si la recuperación es anormal (20).

La mayor contribución de la PEG ocurre probablemente al evaluar el riesgo de la cardiopatía isquémica crónica. La información que agrega es significativa, pues en los pacientes con angina de pecho grado I – II discrimina bien cuándo detener el proceso de información y cuándo avanzar hacia el estrés con imágenes, siguiendo la estrategia de que es tan importante identificar los pacientes de riesgo elevado como los de riesgo bajo, éstos con recursos simples y de bajo costo. Si no hay antecedente de infarto previo ni criterios ergométricos de alto riesgo, el valor predictivo negativo para isquemia inducida grave en la cámara gamma es muy alto, y no se extrae mucho beneficio de ese examen (21). El riesgo bajo en el seguimiento de la Universidad de Duke significó superar un score de 5, para el Registro del CASS alcanzar o superar en treadmill la etapa 3 y una depresión ST menor de 1mm, y para el seguimiento del Hospital Argerich no presentar isquemia antes de los 300 kgm/min, superar un doble producto umbral de 17.000 y no manifestar comportamiento plano o caída de la presión arterial, evolucionando todos ellos con una mortalidad baja entre el 0,5 y el 1% por año (22). Así, en los centros de alta complejidad se racionaliza el movimiento y la accesibilidad de los pacientes y se ahorran recursos, y en los centros de baja complejidad se define cuándo finalizar el proceso valorativo y cuándo derivar hacia mayor complejidad. Es probable que la comparación de la PEG con un test considerado superior como la cámara gamma, haya inclinado la práctica hacia un mayor uso de éste último, pero extremando los recaudos metodológicos del test más simple, estratificar el riesgo significa comenzar con los recursos más sencillos, buscar el valor de información agregada y llegar a los recursos más costosos aproximándonos mejor a la selecta población de peor pronóstico. Los adelantos actuales en el tratamiento médico dan sustento para identificar pacientes en riesgo bajo y aplicarles esquemas farmacológicos antiisquémicos y de prevención secundaria junto con estrategias intensivas de estilo de vida saludable (23, 24).

Las respuestas biológicas frente el esfuerzo contienen un mensaje que la investigación va decodificando y poniendo a disposición del análisis pronóstico. Con el método más preciso recientemente se ha dado sustento a los trabajos que anunciaban supervivencia más prolongada entre los pacientes coronarios con mayor carga de trabajo en la PEG. En efecto, el nivel de  $VO_2$  máximo medido en forma directa se mostró predictor independiente de toda causa de muerte, y de muerte cardiovascular en varones y en mujeres con enfermedad coronaria (25). La frecuencia cardíaca, la presión arterial y su doble producto manifiestan el estrés miocárdico alcanzado por la carga hemodinámica. En el diagnóstico de isquemia miocárdica, la frecuencia cardíaca máxima sirve para definir la PEG como “suficiente” (es arribar al menos al 85% de la frecuencia máxima prevista), y en la valoración pronóstica junto con el nivel de trabajo máximo establece diferencias en la sobrevida. Concluir el esfuerzo con una frecuencia cardíaca máxima de 160 latidos por minuto o arribar al estadio IV de Bruce equivale a baja mortalidad anual; una PEG negativa identifica riesgo bajo porque señala con alta probabilidad enfermedad de un vaso (en general arteria coronaria derecha o circunfleja) (26). Cuando además de depresión ST isquémica el esfuerzo graduado induce angor, la enfermedad de múltiples vasos es mucho más frecuente (27) y evoluciona con mayor incidencia de progresión de angina, de aparición de infarto y de muerte cardíaca (28). La isquemia precoz (4 METS o menos) duplica la tasa de eventos en comparación con la aparecida a los 8 ó 9 METS (28) y correlaciona con enfermedad de 3 vasos en el 70% de los casos, y con tronco de la coronaria izquierda hasta casi en el 30% de los casos (29). En el seguimiento del Hospital Argerich, la

isquemia precoz evolucionó con una mortalidad anual del 4% y el comportamiento hipotensivo al primer año del 7%, y al segundo año del 19% (30), se trata de respuestas de alto riesgo que contribuyen a la indicación directa de una cinecoronariografía.

Las respuestas anormales pueden ser pronósticas por simple presencia aislada, por adición (31) o por integrarse en índices que estratifican mejor el pronóstico y reclasifican pacientes inicialmente en riesgo menor. Es muy útil reunir varios parámetros potenciando el valor de cada uno en la integralidad de la respuesta al estímulo de sobrecarga. Así, el score de la Duke University aplicado al treadmill incorporó el tiempo de ejercicio, la depresión ST y la angina (32), luego la edad y el doble producto (33), y más recientemente la recuperación anormal de la frecuencia cardíaca y la respuesta cronotrópica alterada (34) identificando subpoblaciones con mortalidad más elevada (de cualquier causa) y con mayor incidencia de infarto de miocardio no fatal.

El comportamiento de la frecuencia cardíaca es un tópico históricamente analizado en la valoración de la enfermedad coronaria (35) indagando la incapacidad del corazón para responder adecuadamente a la estimulación simpática. Parece relevante la rejerarquización que está teniendo el cronotropismo negativo (36) y la recuperación anormal de la frecuencia cardíaca (37, 38, 39, 40) como manifestación del desequilibrio autonómico y su vinculación con la mortalidad alejada. Estas demostraciones hacen que en el futuro nuestra atención también esté dirigida a explorar la variabilidad de la frecuencia cardíaca inducida por el ejercicio como un criterio ergométrico adicional (41).

Es muy apropiado el consenso al señalar que la evaluación con PEG después del infarto ha cambiado en la era trombolítica y con la introducción del intervencionismo percutáneo en el agudo, manteniendo su importancia pronóstica el valor predictivo negativo y la contraindicación para realizar el test. Es aceptado que después de algún tipo de revascularización, en síndromes coronarios agudos o durante el curso estable, las imágenes de esfuerzo brindan más información que la PEG, ubicando el territorio con isquemia, definiendo la cantidad de segmentos y apreciando de algún modo la función ventricular.

Durante el seguimiento controlado de pacientes con cardiopatía isquémica surge la cuestión acerca de si deben efectuarse –y cuándo– evaluaciones ergométricas periódicas. Se ha dicho al respecto que sólo hay indicación por cambios en el estado clínico (42). Sin embargo, en la evolución de coronarios estables con seguimiento ergométrico, un porcentaje alto de eventos está precedido por empeoramiento de la PEG (43), de modo que controles periódicos pueden anticipar complicaciones y decidir conductas oportunas. Para monitorear la evolución de pacientes revascularizados brindan mejor información la perfusión miocárdica o el ecocardiograma de esfuerzo, y directamente se recurre a ellos si hay bloqueo completo de rama izquierda, síndrome de preexcitación, ECG de reposo con depresión ST mayor de 1 mm o estimulación del ritmo por marcapasos (42). En pacientes no revascularizados, un verdadero cambio en la modalidad anginosa permite considerar directamente el cruce al tratamiento más invasivo; el ritmo de ese cruzamiento en los seguimientos más antiguos, donde solo existía la cirugía de revascularización, era del 4-5% (44, 45, 46) y del 9% en los más recientes con intervencionismo endoluminal (47).

Hoy no se suscitan mayores discusiones metodológicas, pero vale advertir sobre la práctica ocasional de saltar etapas de carga de trabajo para reducir el tiempo del procedimiento. Esto puede ser útil en sujetos entrenados cuando la finalidad es diagnóstica o para evaluar



el “apto físico”, pero resta eficacia en pacientes con coronariopatía confirmada pues impide analizar el grado de severidad de la isquemia miocárdica ante bajas cargas. Es necesario enfatizar la recomendación del consenso acerca del sistema de registro de derivaciones. Casi todos los equipos automatizados que ofrece la industria tienen derivaciones precordiales simples, sin posibilidad de ubicar un electrodo negativo para construir derivaciones transtorácicas bipolares, que aumentan el voltaje del registro electrocardiográfico. Es con este último sistema, y con el seguimiento alejado, que se validó la correlación de la depresión ST con los hallazgos cinecoronariográficos, y el consenso destaca muy bien la conveniencia de un electrodo negativo en posición  $V_5$  derecha para obtener derivaciones aumentadas; la falta de onda R con voltaje apropiado suele impedir la manifestación de injuria subendocárdica en las precordiales izquierdas y es probable que la evidente falta de referencia a la bipolaridad haya hecho perder confiabilidad y predictividad al segmento ST frente a otras variables (18). Ajustar la magnitud de la depresión ST a la amplitud de la onda R puede mejorar la confiabilidad diagnóstica (48), pero no es así en todos los estudios (49) por cuanto la onda R no ha merecido mayor consideración diagnóstica en este consenso. En orden a otra consideración técnica, vale destacar que el registro y la medición electrocardiográfica computarizada de la depresión ST no agrega mayor seguridad predictiva a la apreciación visual (49).

La confiabilidad del método también reposa en la exploración amplia de la cara anterior e inferior del corazón, de modo que el registro con tres derivaciones no tiene indicación en el diagnóstico o en la estratificación del riesgo isquémico. Un parámetro que ha perdido uso es el umbral ergométrico de isquemia, devaluando la aplicación del concepto de “capacidad funcional útil”, el cual sí permanece vigente en la valoración de los pacientes coronarios en rehabilitación. No hay estudios determinantes que indiquen la necesidad de discontinuar las drogas antiisquémicas; el bloqueo beta adrenérgico, los nitratos y los antagonistas cálcicos atenúan el nivel de isquemia miocárdica y, especialmente los primeros, aumentan la cantidad de pruebas insuficientes. La actitud es diferente si el objetivo es evaluar la eficacia terapéutica o la incidencia genuina de la isquemia actual sobre el pronóstico alejado. El médico decidirá en el caso individual si en la preferencia de no discontinuar el tratamiento no hay más beneficio en elegir un apremio con imágenes ultrasónicas o gammagráficas. La suspensión sistemática criteriosa y gradual del tratamiento puede efectuarse con seguridad en la angina grado I-II y está bien detallado en el consenso el tiempo de discontinuación de cada droga. Es momento de rejerarquizar la PEG pensando en su valor para identificar pacientes con riesgo bajo y para seleccionar quienes necesitan estudio más complejo con imágenes de esfuerzo. Es necesario reposicionar la PEG en el chequeo preventivo y en el de salud cardiovascular, asociándola a las estrategias de evaluación global del riesgo clínico y a la información que brindan marcadores microinflamatorios y de mecánica vascular. Y es el momento de interpretar el mensaje que, a largo plazo, brindan el comportamiento de la frecuencia cardíaca, el nivel de capacidad máxima de trabajo y el comportamiento de la presión arterial en personas asintomáticas.

La ergometría debe practicarse con total resguardo de sus preceptos y metodología tal como se aconseja en este consenso. Las condiciones de recurso sencillo, barato y de fácil metodología y aplicación técnica fueron siempre invocadas como beneficios en favor del uso y expansión del procedimiento. Sin embargo, las mismas condiciones —junto a la baja remuneración del examen— pueden menguar la rigurosidad de su aplicación e interpretación reduciéndolo a

una práctica rutinaria y de baja confiabilidad. Se conocen las grandes variaciones de sensibilidad y especificidad debidas a diferencias en población testeada, en protocolos, cantidad de derivaciones, criterios de positividad, etc., y está comprobado en metaanálisis la afectación adversa que introduce comparar la PEG con un recurso considerado mejor, en el sentido de brindar mayor atención a este último que al electrocardiográfico (50). Todo ello compromete a quienes practican la ergometría a permanecer fieles y atentos a su técnica y metodología. Cuando se lleva a cabo en condiciones de seguridad los accidentes son muy infrecuentes, habiéndose registrado 0,05% de complicaciones y 0,02% de mortalidad sobre 28.000 estudios donde había 22% de pacientes con enfermedad coronaria conocida (51), enfatizando la importancia de las condiciones de pronta detención del ejercicio y el valor de los momentos previos al inicio del test, cuando se evalúan las contraindicaciones absolutas y las relativas, jerarquizándolas en un interrogatorio minucioso y con un ECG previo a la vista.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

1. Arena R, Myers J, Aslam SS, Varughese EB, Peberdy MA. Peak  $\text{VO}_2$  and VE/VCO<sub>2</sub> slope in patients with heart failure: a prognostic comparison. *Am Heart J* 2004; 147: 354-60.
2. Myers J, Arena R, Dewey F, Bensimhon D, Abella J, Hsu L, et al. A cardiopulmonary exercise testing score for predicting outcomes in patients with heart failure. *Am Heart J* 2008; 156: 1177-83.
3. Lewis CD, Wensel R, Georgiadou P, Mariantonietta C, Cotas AJS, Piepoli MF, Francis DP. Enhanced prognostic value from cardiopulmonary exercise testing in chronic heart failure by non-linear analysis: oxygen uptake efficiency slope. *Eur Heart J* 2006; 27: 684-90.
4. Alborino D, Hoffmann JL, Fournet PC, Bloch A. Value of exercise testing to evaluate the indication for surgery in asymptomatic patients with valvular aortic stenosis. *J Heart Valve Dis* 2002; 11: 204-9.
5. Bonow RO, Carabello B, deLeon AC Jr, Edmunds LH Jr, Fedderly BJ, Freed MD. ACC/AHA guidelines for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines (Committee on management of patients with valvular heart disease). *J Am Coll Cardiol* 1998; 32: 1486-588.
6. Das P, Rimington H, Smeeton N, Chambers J. Determinants of symptoms and exercise capacity in aortic stenosis: a comparison of resting haemodynamics and valve compliance during dobutamine stress. *Europ Heart J* 2003 24: 1254-1263.
7. Clavel MA, Fuchs C, Burwash IG, Mundiqler G, Dumesnil JG, Baumgartner H, et al. Predictors of outcomes in low-flow, low-gradient aortic stenosis: results of the multicenter TOPAS Study. *Circulation* 2008; 118 (14 Suppl): S234-42.
8. Kattus AA, Jorgensen CR, Worden RE, Alvaro AB. ST segment depression with near maximal exercise in detection of preclinical coronary heart disease. *Circulation* 1971; 44:585.
9. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman B, Fletcher GF, Froelicher V, et al. ACC/AHA/2002 guidelines update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2002;106: 1883-92.
10. Pilote L, Pashkow F, Thomas JD, Snader CE, Harvey SA, Marwick TH. Clinical yield and cost of exercise treadmill testing to screen for coronary artery disease in asymptomatic adults. *Am J Cardiol*. 1998; 81: 219-24.
11. Gibbons RJ, Abrams J, Chatterjee K, Daley J, Deedwania PC, Douglas JS, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for the management of patients with chronic stable angina: A report of the

- American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1999 Guidelines for the Management of Patients With Chronic Stable Angina. *Circulation*. 2003; 107: 149.
12. Diamond GA, Forrester JS. Analysis of probability as an aid in the clinical diagnosis of coronary artery disease. *N Engl J Med* 1979; 300: 1350-8.
  13. Aktas MK, Ozduran V, Pothier CE, Lang R, Lauer MS. Global risk scores and exercise testing for predicting all-cause mortality in a preventive medicine program. *JAMA* 2004; 292: 1462-1468.
  14. Laukkanen JA, Mäkikallio TH, Rauramaa R, Kurl S. Asymptomatic ST-segment depression during exercise testing and the risk of sudden cardiac death in middle-aged men: a population-based follow-up study. *Europ Heart J* 2009; 30: 558.
  15. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002; 346: 793-801.
  16. Kokkinos P, Manolis A, Pittaras A, Doumas M, Giannelou A, Panagiotakos DB, et al. Exercise Capacity and Mortality in Hypertensive Men With and Without Additional Risk Factors. *Hypertension*. 2009;53: 494.
  17. Lee CD, Jacobs DR Jr, Hankinson A, Iribarren C, Sidney S. Cardiorespiratory fitness and coronary artery calcification in young adults: The CARDIA Study. *Atherosclerosis* 2009; 203: 263-8.
  18. Aijaz B, Babuin L, Squires RW, Kopecky SL, Jonson BD, Thomas RJ, Allison TG. Long-term mortality with multiple treadmill exercise test abnormalities: Comparison between patients with and without cardiovascular disease. *Am Heart J* 2008; 156: 783-9.
  19. Singh J, Larson M, Manolio TA, O'Donnell CJ, Lauer, Evans J, Levy D. Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. The Framingham heart study. *Circulation* 1999; 99: 1831-6.
  20. McHam SA, Marwick TH, Pashkow FJ, et al. Delayed systolic blood pressure recovery after graded exercise: an independent correlate of angiographic coronary disease. *J Am Coll Cardiol*. 1999; 34: 754 -759.
  21. Turri D. Enfermedad coronaria crónica, en *Cardiología 2000*, Bertolasi, Edit. Med. Panamericana, 2000; Tomo 3, pag 2083.
  22. Turri D. Enfermedad coronaria crónica, en *Cardiología 2000*, Bertolasi, Edit. Med. Panamericana, 2000; Tomo 3, pag 2085.
  23. Boden WE, O'Rourke RA, Teo KK, Hartigan PM, Maron DK, Kostuk WJ, Knudtson M, Dada M, Casperson P, Harris CL, Chaitman BR, ShawL, Gosselin G, Nawaz S, Title LM, Gau G, Blaustein AS, Booth DC, Bates ER, Spertus JA, Berman DS, Manzini J, Weintraub WS, for the COURAGE Trial Research Group. Optimal Medical Therapy with or without PCI for Stable Coronary Disease. *N Engl J Med* 2007; 356: 1503-1516.
  24. RITA-2 Trial participants. Coronary angioplasty versus medical therapy for angina: the second Randomized Intervention Treatment of Angina (RITA-2) trial. *Lancet* 1997; 350:461-8.
  25. Keteyian SJ, Brawner CA, Savage PD, Ehrman JK, Schairer J, Divine G, et al. Peak aerobic capacity predicts prognosis in patients with coronary heart disease. *Am Heart J*. 2008; 156: 292-300.
  26. McHenry PL, Phillips JF, Knoebel SB. Correlation of computer-quantitated treadmill exercise electrocardiogram with arteriographic location of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1972; 30: 747.
  27. Weiner DA, McCabe C, Hueter DC. The predictive value of anginal chest pain as an indicator of coronary disease during exercise testing. *Am Heart J* 1978; 96: 458.

28. Cole JP, Ellestad MH. Significance of chest pain during treadmill exercise: Correlation with coronary events. *Am J Cardiol* 1978; 41: 227.
29. McNeer FJ, Margolis JR, Lee KL y col. The role of the exercise test in the evaluation of patients for ischemic heart disease. *Circulation* 1978; 57: 64.
30. Turri D. Enfermedad coronaria crónica, en *Cardiología* 2000, Bertolasi, Edit. Med. Panamericana, 2000; Tomo 3, pag 2073.
31. Aijaz B, Babuin L, Squires RW, Kopecky SL, Jonson BD, Thomas RJ, Allison TG. Long-term mortality with multiple treadmill exercise test abnormalities: Comparison between patients with and without cardiovascular disease. *Am Heart J* 2008;156: 783-9.
32. Mark DB, Hlatky MA, Harrell FE Jr, Lee KL, Califf RM, Prior DB. Exercise treadmill score for predicting prognosis in coronary artery disease. *Ann Intern Med* 1987; 106: 793-800.
33. Sadrzadeh Rafie AH, Dewey FE, Sungar GW, Ashley EA, Hadley D, Myers J, Froelicher VF. Age and double products (systolic blood pressure x heart rate) reserve-adjusted modification of the Duke Treadmill Score nomogram in men. *Am J Cardiol*. 2008; 102: 1407-12.
34. Maddox TM, Ross C, Ho M, Masoudi FA, Magid D, Daugherty SL ,et al. The prognostic importance of abnormal heart rate recovery and chronotropic response among exercise treadmill test patients. *Am Heart J* 2008; 156: 736-44.
35. Ellestad MH, Wan MKC. Predictive implications of stress testing. Follow-up of 2,700 subjects after maximum exercise treadmill testing. *Circulation* 1975; 51: 363 -9.
36. Myers J, Tan SY, Abella J, et al. Comparison of the chronotropic response to exercise and heart rate recovery in predicting cardiovascular mortality. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2007; 14: 215-21.
37. Nishime EO, Cole CR, Blackstone EH, et al. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. *JAMA* 2000; 284: 1392-8.
38. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med* 1999; 341: 1351-7.
39. Vivekananthan DP, Blackstone EH, Pothier CE. Heart rate recovery after exercise is a predictor of mortality, independent of the angiographic severity of coronary disease. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42: 831-8.
40. Jouven X, Empana JP, Schwartz PJ, et al. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* 2005; 352: 1951-8.
41. Dewey FE, Freeman JV, Engel G, Oviedo R, Abrol N, Ahmed N, et al. Novel predictor of prognosis from exercise stress testing: Heart rate variability response to the exercise treadmill test. *Am Heart J* 2007; 153: 281-8.
42. Snow V, Barry P, Fihn SD. Primary care management of chronic stable angina and asymptomatic suspected or known coronary artery disease: a clinical practice guideline from the American College of Physicians. *Ann Intern Med* 2004; 141: 562-7.
43. Turri D. Enfermedad Coronaria Crónica, en *Cardiología* 2000, Bertolasi. Editoria Médica Panamericana, 2000, Tomo 3, pág 2069.
44. Principal investigators of CASS and their associates. National Heart, Lung and Blood Institute Coronary Artery Surgery Study. *Circulation* 1981; 63 (Suppl I): 1.
45. Read RC, Murphy ML, Hultgren HN y col.: Survival of men treated for chronic stable angina pectoris. A cooperative randomized study. *J Thoracic Cardiovasc Surg* 1978; 75: 1.

46. European Coronary Surgery Study Group: Coronary-artery bypass surgery in stable angina pectoris: Survival at two years. *Lancet* 1979; 1: 889.
47. RITA-2 Trial participants. Coronary angioplasty versus medical therapy for angina: the second Randomized Intervention Treatment of Angina (RITA-2) trial. *Lancet* 1997; 350:461.
48. Berman JA, Wynne J, Mallis G, Cohn PF. Improving diagnostic accuracy of the exercise test by combining R-wave changes with duration of ST segment depression in a simplified index. *Am Heart J*. 1983; 105:60-6.
49. Froelicher VF, Lehmann K, Thomas R, Goldman S, Morrison D, Edson R, et al. The electrocardiographic exercise test in a population with reduced workup bias: diagnostic performance, computerized interpretation, and multivariable prediction. The Veterans Affairs Cooperative Study in Health Services (QUEXTA) Study Group. *Ann Inter J Med* 1998; 128: 965-974.
50. Gianrossi R, Detrano R, Mulvihill D, Lehmann K, Dubach P, Colombo A, et al. Exercise-induced ST depression in the diagnosis of coronary artery disease: A Meta-Analysis. *Circulation* 1989; 80: 87-98.
51. Turri D. La Prueba de Esfuerzo en la Cardiopatía Isquemica, en *Cardiología Clínica*, Bertolasi, Edit Intermédica, 1987, Tomo 1, pág 572.

## CONCEPTOS GENERALES

### GABINETE ERGOMÉTRICO

El gabinete ergométrico debe contar con un espacio físico de por lo menos 9 metros cuadrados, además de un área en la cual el paciente pueda cambiarse de ropa antes y después del estudio; con una temperatura que debe oscilar entre 18 y 22 °C, buena ventilación y una humedad que no supere el 60%. Estas condiciones son indispensables para desarrollar el estudio y obtener datos fehacientes y reproducibles.

#### El equipamiento necesario consiste en

- Un Ergometro que puede ser una bicicleta ergométrica o cicloergómetro y/o una banda deslizante o cinta ergométrica.
- Un equipo de registro: debe contar con electrodos para adultos y pediátricos.
- Un tensiómetro aneroides, (se desaconseja el uso de tensiómetros de mercurio ya que están considerados contaminantes) con manguitos de diversos tamaños (Tabla N° 1).
- Un monitor electrocardiográfico, si el sistema de registro no permite un monitoreo continuo.
- Un software con los distintos programas de ergometría, que permita un registro electrocardiográfico continuo, en tiempo real, archivo de estudios y preparación del informe.
- Un cronómetro: elemento importante para el control del tiempo de duración de cada etapa de trabajo, sobre todo cuando se trabaja con bicicletas de frenado mecánico en las cuales las cargas progresivas son adicionadas manualmente por el técnico. En algunos cicloergómetros electromecánicos y en las bandas deslizantes este instrumento no es necesario ya que la intensidad del ejercicio tiene una programación automática.
- Una balanza: permite obtener el peso actual del paciente.
- Una cinta métrica: para poder medir a los niños y seleccionar el método adecuado de ejercicio (habitualmente el altímetro incorporado a la balanza parte de 1,10 cm.) y en los adultos para medir el perímetro abdominal.
- Una camilla: necesaria en casos de complicaciones.
- Un equipo completo para reanimación cardiopulmonar: el carro de paro es indispensable dentro de un gabinete ergométrico por el riesgo de complicaciones.

De allí la importancia de contar con un desfibrilador y el carro de paro equipado con todos los elementos necesarios y la medicación indispensable para cada evento.

**Tabla 1.** Medidas de la cámara de goma que se encuentra dentro del manguito del esfigmomanómetro recomendadas según las características del sujeto

SUJETOS	MEDIDAS DEL MANGUITO
Niño	8 cm × 13 cm
Adulto	13 cm × 24 cm
Adulto obeso	17 cm × 32 cm

## **EL PERSONAL**

Cada integrante del plantel debe tener un conocimiento profundo no solo de su rol dentro del gabinete sino también de las indicaciones, contraindicaciones, causas de detención y posibles complicaciones; lo que permite formar un equipo de trabajo responsable e idóneo. El estudio ergométrico debe realizarlo un médico cardiólogo o un técnico en cardiología bajo su supervisión, entrenados y con experiencia en la realización de estos estudios y en la resolución de las complicaciones que puedan presentarse.

### **Función del médico cardiólogo**

Un examen cardiovascular previo al estudio, que incluya el análisis de un electrocardiograma previo y un interrogatorio profundo por parte del médico a cargo, son fundamentales para conocer la historia de la enfermedad y establecer el estado actual del paciente.

En una prueba diagnóstica deberá evaluar la probabilidad pre test del estudio (probabilidad de enfermedad en la población estudiada que se determina a través de los síntomas, el sexo, la edad, los valores de la tensión arterial, el tabaquismo, el riesgo genético y las dislipidemias entre otros). Con esta información, el médico podrá decidir si el paciente está en condiciones de realizar el estudio e indicará que tipo de protocolo se llevará a cabo.

Será el responsable del estudio y deberá estar atento a los posibles síntomas y signos del paciente durante el estudio; y basándose en los resultados obtenidos elaborará el diagnóstico final.

### **Función del Técnico en Cardiología**

El técnico en cardiología es un pilar fundamental en esta área por cuanto su función engloba desde la recepción del paciente hasta la entrega del resultado del estudio, como así también el cuidado y mantenimiento de los equipos y la provisión de materiales.

En la actualidad está capacitado para sobrellevar las diferentes variables que en el mismo estudio se manejen, como los criterios de alerta, cambios electrocardiográficos, presencia de sintomatología y modificaciones hemodinámicas; esto permite la realización adecuada y minuciosa de los estudios.

El técnico es responsable del control del equipamiento del laboratorio de ergometría. Es fundamental ajustar la calibración, optimizar una adecuada temperatura acorde a un buen rendimiento del equipo, la higiene del material de contacto entre paciente y paciente así como la esterilización del material que lo requiera, mantener cargadas las baterías correspondientes a cada equipo, vencimientos en caso de los fármacos y material descartable (electrodos y/o camisolines), etc. Asimismo deberá mantener el laboratorio de ergometrías a una temperatura ambiental de 18 a 22°, y con una humedad ambiental relativa entre 60/65%, buena ventilación y control de ruido (tanto del equipamiento ergométrico como del aire acondicionado) son aportes que brindan al paciente confianza y calidez humana para la realización del estudio.

El gabinete de ergometría debe ser un lugar privado, donde el paciente se sienta a gusto, contenido y respetado, donde pueda expresar libremente sus síntomas, antecedentes clínicos tanto familiares como personales y pueda concentrarse en una forma relajada y segura para la realización del estudio.

Debe realizar la conexión electrocardiográfica y la preparación del tórax, la conexión hemodinámica (tensiómetros, oxímetro de pulsos, máscaras, etc.) el interrogatorio que permite programar un adecuado protocolo de trabajo consensuado con el médico a cargo del laboratorio.

■ **Otorgar el turno al paciente**

Esta función en muchas instituciones está a cargo de personal administrativo el que deberá estar entrenado debidamente para que el paciente concurra en condiciones óptimas para realizar el estudio. Lo ideal es que el técnico en cardiología sea el responsable de asignar los turnos, ya que en ese momento podrá entregar el instructivo para realizar el estudio y evaluar su urgencia.

Para otorgar el turno, el paciente debe presentarse munido de una orden escrita del médico solicitante en la cual debe figurar la indicación del estudio, la patología que lo motiva y las condiciones para realizar la prueba respecto del tratamiento habitual (con o sin medicación).

En ese momento se le debe explicar en qué consiste el procedimiento y además resulta conveniente solicitar la firma de un consentimiento. En este formulario, elaborado por el Servicio, se le informa al paciente, o en caso de ser un menor al responsable, el tipo de estudio que se le va a realizar, las características del mismo y las posibles complicaciones. Si el paciente recibe medicación, se le informa que no debe suspenderla, salvo expreso pedido por escrito del médico solicitante. En pediatría, este estudio siempre se realiza con fármacos, ya que si el paciente recibe una medicación se evalúa la efectividad del tratamiento.

Las instrucciones para el paciente son:

- Concurrir con un electrocardiograma reciente, de no más de una semana de antigüedad, de ser posible solicitar además uno anterior para evaluar cambios con respecto al más reciente, y estudios previos como placa de tórax, rutina de laboratorio u otros que puedan resultar de utilidad para la interpretación de los resultados.
- No es recomendable realizar el estudio en ayuno prolongado, debe ingerir alimentos livianos hasta 2 horas antes de realizarse el estudio, no debe ingerir bebidas estimulantes, solo jugos naturales y agua en las últimas 24 hs previas al estudio y no fumar.
- Concurrir con calzado y vestimenta cómoda para realizar un esfuerzo (pantalón corto, zapatillas, ropa deportiva) y traer una toalla para su posterior higiene personal.
- A aquellos pacientes que posean mucho vello en el tórax se les solicitará que concurran rasurados.
- En caso de realizar el estudio con suspensión del tratamiento (en general con fines diagnósticos) se le debe informar al paciente cuándo y cómo suspenderlo. El tiempo de suspensión de un fármaco se relaciona con la vida media del producto y se estima en 5 vidas medias. A modo de ejemplo, en la Tabla N° 2 se indica el tiempo requerido para algunos fármacos utilizados con frecuencia en cardiología.

■ **Instruir al paciente en el momento de realizar el estudio**

En el interrogatorio del paciente es fundamental hacer hincapié sobre los síntomas que presenta en su vida cotidiana y principalmente si los ha tenido ese día, conocer si es hipertenso, si recibe medicación, si debía suspenderla o no.

Una vez conocido el protocolo, indicado por el médico a cargo, se podrá comenzar con la conexión y las indicaciones previas.

Se debe instruir al paciente para que comunique cualquier síntoma en el momento preciso que éste aparezca, sobre todo si se trata de angor y/o disnea. Los niños con frecuencia



**Tabla 2.** Tiempo requerido de suspensión antes de la ergometría, de algunos fármacos utilizados con frecuencia en cardiología

DROGAS	TIEMPO DE SUSPENSIÓN
Nitroglicerina	2 horas
Dinitrato de isosorbide sublingual	4 horas
Nitratos de acción prolongada	8 horas
Dinitrato de isosorbide oral	24 horas
Mononitrato de isosorbide	2 horas
Antagonistas del calcio	4 días
Diuréticos	4 días
Alfa-metil-dopa	4 días
Sedantes	24 horas
Bloqueantes beta adrenérgicos	7 días (realizar una suspensión graduada)
Verapamilo, quinidina y digoxina	7 días
Amiodarona	21 días
Inhibidores de la enzima convertidora; Enalapril, lisinopril, etc.	4 días
Flecainida	7 días

no manifiestan sus síntomas, por lo que se debe prestar particular atención a la aparición de síntomas durante el ejercicio tales como: disnea, palidez, sudoración y cianosis.

Si se emplea una banda deslizante, se le explica que debe caminar realizando pasos largos, tratando de llevar el ritmo que le impone el equipo al incrementar la velocidad y la pendiente. Si la prueba se realiza en cicloergómetro, se le dirá que pedalee a una velocidad constante.

Resulta importante instruir al paciente para que mantenga el tórax erguido y evite ejercer presión sobre del manubrio o las barras de apoyo, que no encoja los hombros ni doble los codos, ya que estas posturas incorrectas añaden artificios al registro, agregan un ejercicio isométrico no deseado y ruidos durante la toma de la presión arterial y/o la auscultación. Las barandas laterales o frontales de la banda deslizante o el manubrio de la bicicleta se deben utilizar sólo como punto de apoyo para mantener el equilibrio.

Una buena técnica para tomar la presión arterial durante el pedaleo, sin el agregado de ruidos, es pedirle al paciente que apoye el brazo extendido sobre el hombro del técnico y en esa postura realizar los controles.

No es aconsejable detener el estudio en forma brusca, por lo que se le pide que informe antes de llegar al agotamiento muscular para poder efectuar los controles finales, con tiempo suficiente antes de la detención del estudio.

**■ Preparar al paciente para el estudio**

Previo a la conexión, el técnico debe registrar los datos personales del paciente (nombre, domicilio, teléfono, edad, peso, talla), motivo por el cual se solicitó el estudio, diagnóstico, factores de riesgo, medicación actual y si ésta fue suspendida o no. Además consultará la tabla de Robinson para saber cuáles son los valores máximos y submáximos estipulados según edad y sexo. Toda esta información debe volcarla en la planilla del protocolo seleccionado. Se debe realizar una toma de presión arterial, teniendo en cuenta las normativas vigentes, antes de iniciar la conexión\* para evitar tener que suspender el estudio por hipertensión arterial.

Con posterioridad se le solicitará al paciente que se descubra el torso. Si el estudio se realiza en bicicleta, antes de la conexión es conveniente acomodar la altura del asiento y del manubrio.

Luego se procede a la limpieza (y el rasurado de ser necesario) en profundidad de la piel del tórax con alcohol etílico, hasta conseguir que tome un color rosado por hiperemia en el sitio donde se colocarán los electrodos, preferentemente sobre una superficie ósea. Si se utilizan electrodos de metal se interpondrá entre ellos y la piel gel conductor en cantidad apropiada, la necesaria para permitir la obtención de una buena señal, pero no demasiada ya que por efecto de la transpiración pueden desplazarse, por lo que además deben sujetarse con una banda elástica. Con el uso de electrodos descartables autoadherentes no se requiere el agregado de gel.

En las mujeres se debe evitar la colocación de los electrodos sobre las mamas, ya que la interposición del tejido adiposo dificulta la obtención de una buena señal electrocardiográfica. Se procede a la conexión de acuerdo al sistema de registro con el que se trabaja. Se repite el control de tensión arterial (se toma este valor como registro basal), se obtiene el electrocardiograma y se transcriben los datos de frecuencia cardíaca y presión arterial a la planilla correspondiente y/o computadora.

El técnico es el responsable de efectuar los registros electrocardiográficos, tanto los basales como en cada etapa del esfuerzo, donde se registran todas las derivaciones disponibles y se controla la aparición de cambios en el registro y post esfuerzo. Se deben observar atentamente los cambios del segmento ST y la aparición de arritmias, complejas o no, sobre todo en pacientes coronarios. También es importante interrogar al paciente a cada instante sobre la aparición de síntomas, en especial angor y/o disnea.

---

\* Normativa para la medición de la presión arterial: los pasos correctos a seguir para obtener una buena toma de la presión arterial son: Instruir al paciente. Sentado con la espalda y el brazo apoyados, en reposo durante al menos 5 minutos. El brazo debe estar desnudo y apoyado a la altura del corazón. Debe medirse siempre en el mismo brazo, y si hay diferencias, en el de mayor valor. Se selecciona el manguito de tamaño adecuado y se coloca en el brazo dos dedos por arriba del pliegue del codo, ubicando la membrana del estetoscopio por fuera del manguito sobre la arteria radial. Se mide y registra la frecuencia cardíaca (con la técnica palpatoria) para evaluar la presencia de arritmia. Se mide la presión arterial palpatoria y se determina la presión máxima de inflado. Se mide la presión arterial sistólica en la fase I de los ruidos de Korotkoff, inflando 30 mmHg por encima de la presión arterial sistólica palpatoria. Se debe mantener una velocidad de desinflado de entre 2 y 3 mmHg por segundo. Se mide la presión arterial diastólica en la fase V. Se repite la medición luego de desinflar completamente el manguito y con un intervalo de al menos 1 minuto. Si la diferencia es mayor a 5 mmHg se repiten como mínimo 3 tomas.

Si el paciente no presenta anomalías sólo se asientan los datos del tercer minuto de cada etapa, pero ante la aparición de angor y/o infradesnivel del segmento ST, se deben registrar los datos en el minuto correspondiente de la etapa en desarrollo, ya que esto marca el umbral anginoso y/o isquémico del paciente. Con este dato se establece la clase funcional ergométrica.

La detención del estudio, ya sea por agotamiento muscular o por síntomas y/o signos, debe hacerse en forma gradual, para evitar la caída de la tensión arterial en el post esfuerzo. En este momento el técnico eliminará toda la carga que tenga el paciente y le pedirá que pedalee a menor velocidad si está en una bicicleta o que camine más lentamente si se trata de una banda deslizante. El paciente puede interrumpir totalmente la actividad al concluir el segundo o tercer minuto del post esfuerzo. En esta etapa los controles de presión arterial y frecuencia cardíaca se realizan en forma minutada hasta llegar a los valores basales.

Finalizado el período de recuperación, el técnico se encargará de la desconexión, higiene de la piel, entrega del informe completo, archivo del mismo y reacondicionamiento del material y del gabinete.

Si fue suspendida la medicación habitual se le indicará al paciente que la retome de acuerdo a la indicación médica

## EQUIPOS

Para la realización de estos estudios se puede utilizar un cicloergómetro (bicicleta) o bien la banda deslizante (cinta ergométrica o treadmill). Se selecciona uno u otro según la experiencia y/o preferencia del centro médico, las características físicas del paciente y su entrenamiento previo (algunas personas manifiestan no saber pedalear). Todos los ergómetros permiten realizar ejercicios dinámicos y aplicar cargas de trabajo de intensidad conocida y en forma progresiva

En algunos equipos la carga de trabajo es fija, mientras que en otros es posible programarla. Salvo excepciones, cada carga de trabajo se impone por un lapso de 3 minutos, lo que determina una “etapa” en el protocolo seleccionado.

### ■ Cicloergómetro o bicicleta ergométrica

Para mayor comodidad y un mejor rendimiento se debe adaptar la altura del asiento y del manubrio a la longitud de los miembros inferiores y superiores. La posición correcta se obtiene cuando un miembro inferior apoyado en el pedal, se halla en su postura más baja y la otra pierna forma un ángulo de 90°.

En la actualidad se cuenta con cicloergómetros de frenado mecánico. La fricción transmitida a la rueda a través del pedaleo se incrementa por el agregado de peso colocado en el extremo de una cinta que rodea a la rueda de la bicicleta, o bien por el aumento de la tensión de un resorte. La intensidad de la carga está dada por la resistencia al pedaleo que puede medirse en unidades de potencia que son kilográmetros por minuto (kgm/min) o vatio (cada vatio equivale a 6 kgm/min). Las variables físicas que intervienen en estos equipos son el radio de la rueda, la resistencia al pedaleo y las revoluciones por minuto (rpm), fijándose por convención en 60 rpm, lo que equivaldría a 18 km/h. Para que esto resulte más sencillo para el paciente y pueda mantener un ritmo constante, se le indica pedalear a 20 km/h.

Las cargas que se utilizan en estos equipos, cuando se desarrolla una velocidad constante de 20 km/h, equivalen a un trabajo de 150 kgm/min. Estas cargas o pesas pueden tener distintos tamaños, las de 150 kgm/min tienen un peso real de 500 gramos, pero existen pesas de 1 kilogramo (300 kgm/min) y de 250 gramos (75 kgm/min). Para controlar que la intensidad del pedaleo es constante cuentan con un velocímetro o tacómetro.

Otro tipo es el cicloergómetro de frenado electromagnético, en el cual la resistencia está dada por la mayor o menor amplitud de un campo magnético ubicado sobre la rueda. En estas bicicletas la velocidad del pedaleo se compensa automáticamente, con lo cual cuando el individuo disminuye la velocidad, el equipo aumenta la resistencia y viceversa. Estos equipos requieren de calibración frecuente. Son sencillos y de bajo costo, pero tienen como desventaja que resulta difícil comparar los resultados y cotejar diferentes poblaciones ya que, por ejemplo, lo que para una persona joven y entrenada es una carga leve, para un anciano puede resultar pesada. Por otro lado, la acción de extender la pierna y empujar el pedal sólo activa los músculos cuádriceps, mientras que el retorno del pedal es un trabajo pasivo, lo que hace que el agotamiento sólo esté representado por dicha masa muscular.

En los cicloergómetros el esfuerzo desarrollado es independiente del peso corporal del paciente (el asiento sostiene al paciente, a diferencia de lo que ocurre sobre una banda), por lo tanto el valor de la carga en cada etapa representa el valor del trabajo desarrollado en kgm/min si la bicicleta es de frenado mecánico, o en watts si es electromagnética.

Las bicicletas eléctricas son las más completas y las que ofrecen los más variados programas, aunque el mantenimiento suele ser más costoso.

La industria también ha desarrollado cicloergómetros de miembros superiores para pacientes con dificultades motoras de los miembros inferiores. No son muy utilizados en la práctica ya que han sido sustituidos por estudios con apremios farmacológicos. Por otro lado, la masa muscular involucrada es menor, por lo que representa más un esfuerzo isométrico que isotónico, por ende los pacientes alcanzan menor frecuencia cardíaca, dificultad para elevar la presión arterial sistólica y mayor incremento de la diastólica.

Existen equipos utilizados en decúbito supino, en los que el paciente realiza el esfuerzo con los miembros inferiores. Se utilizan para la realización de estudios en medicina nuclear o más recientemente en la ecocardiografía de estrés con ejercicio, aunque su uso es muy limitado. En pediatría este método presenta algunos inconvenientes, ya que el niño debe medir más de 140 cm, caso contrario no llega a los pedales, algunos no están familiarizados con el uso de la bicicleta y cuando el niño no posee la masa muscular suficiente, el agotamiento muscular se presenta precozmente

#### ■ **Banda deslizante o cinta ergométrica**

El paciente se adapta fácilmente a este método ya que el ejercicio reproduce una caminata que se transforma en marcha a medida que se superen las distintas etapas del esfuerzo.

La intensidad de cada carga depende de la velocidad de deslizamiento de la cinta, que puede alcanzar un máximo de 8 millas por hora, y de la pendiente, que se mide como un porcentaje de la inclinación de la cinta, hasta un máximo de 45°. Este proceso puede estar prefijado en el equipo, programado a través de la interfase con la computadora o

bien establecerse en forma manual por el operador. El equipo posee barras laterales y frontales que sirven de apoyo y ayudan al individuo a mantener la estabilidad.

Otro dato importante que se debe tener en cuenta en este procedimiento es que el paciente traslada su propio peso corporal y requiere un período de adaptación para caminar sobre un piso móvil.

En el cálculo final del trabajo realizado intervienen el peso corporal del individuo, la velocidad y la pendiente impuesta, por lo que en el esfuerzo final la masa corporal del paciente cumple un rol fundamental. Por ello el trabajo se mide en unidades metabólicas. El gasto metabólico del organismo se mide en mililitros de oxígeno por minuto (ml/min), pero se ha uniformado la medición expresándola en mililitros por minuto por kilogramo de peso (ml/min/kg).

Se sabe que 3,5 ml/min representa el consumo de oxígeno por cada kilogramo de masa corporal en reposo, y que esto equivale a 1 MET. Por lo que esta unidad de trabajo es la que se emplea para medir el esfuerzo físico desarrollado en estos equipos.

Existen tablas que permiten la comparación del esfuerzo realizado en bandas deslizantes y cicloergómetros (Tabla N° 3). Si éstas no se encuentran disponibles se pueden convertir los METs en kgm/min y viceversa a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Met} = \frac{(\text{Kgm/min} \times 2) + 300}{\text{peso} \times 3,5}$$

En pediatría es el método más usado por su sencillez, por su mejor adaptación de la población pediátrica y porque brinda una mayor posibilidad de obtener pruebas máximas. La banda deslizante es más costosa y el registro se vuelve técnicamente más difícil por los movimientos del tórax del paciente; pero tiene como ventaja que durante el ejercicio interviene un número mayor de músculos, por lo que el esfuerzo máximo resulta un 25% superior al que se realiza en una bicicleta.

**Tabla 3.** Equivalencias de unidades de trabajo

KGM/MIN	150	300	450	600	750	900	1050	1200	Mets
PESO (KG)									
40	4,28	6,42	8,57	10,70	12,80	15,00	17,14	19,28	
50	3,42	5,14	6,85	8,57	10,28	12,00	13,70	15,42	
60	2,85	4,28	5,71	7,14	8,57	10,00	11,42	12,80	
70	2,42	3,71	4,85	6,14	7,28	8,57	9,85	11,00	
80	2,14	3,14	4,28	5,42	6,42	7,42	8,57	9,71	
90	1,91	2,85	3,80	4,77	5,71	6,65	7,62	8,57	
100	1,71	2,57	3,42	4,28	5,14	6,00	6,85	7,71	
110	1,57	2,28	3,14	3,85	4,71	5,42	6,28	7,00	
120	1,42	2,14	2,85	3,57	4,28	5,00	5,71	6,42	

## SISTEMA DE REGISTRO Y CONTROL

La señal eléctrica recogida por los electrodos colocados en el tórax del paciente se trasmite en forma directa a un electrocardiógrafo preparado especialmente para ergometrías, a una terminal de PC con el programa apropiado o bien, a través de una llave selectora de derivaciones, a un electrocardiógrafo común.

Lo importante del sistema de registro es obtener una línea de base estable, para ello se deben evitar las prolongaciones excesivas de los electrodos, ya que esto aumenta la posibilidad de interferencias, artificios y ruidos.

También es importante contar con un control continuo del paciente, que puede hacerse a través del sistema de registro o con un monitor adicional.

Los equipos que cuentan con un programa de computación promedian las señales electrocardiográficas. Esto permite un buen registro de la línea de base y del ritmo cardíaco, ya que se eliminan las oscilaciones y los artificios, pero al mismo tiempo existe cierto grado de distorsión de las ondas, por lo que se requiere mantener un control continuo.

### Sistema de derivaciones

Se ha comprobado que la mayor sensibilidad y especificidad del método se logra con el registro de las 12 derivaciones. Estas derivaciones se obtienen desplazando los electrodos de los miembros inferiores (negro y verde) hacia la zona de las crestas ilíacas antero superiores y las de los miembros superiores (rojo y amarillo) a la altura de la cabeza de los húmeros, del lado derecho e izquierdo respectivamente.

Los seis electrodos precordiales se mantienen en sus respectivas ubicaciones:

- V1: 4° espacio intercostal, línea paraesternal derecha
- V2: 4° espacio intercostal, línea paraesternal izquierda
- V3: entre V2 y V4
- V4: 5° espacio intercostal izquierdo, línea media clavicular.
- V5: 5° espacio intercostal izquierdo, línea axilar anterior.
- V6: 5° espacio intercostal izquierdo, línea axilar media.

Es conveniente la utilización de un electrodo negativo, ubicado en una posición V5 derecha (5° espacio intercostal derecho, línea axilar anterior). Este electrodo permite obtener una máxima deflexión del vector de isquemia

En individuos sanos donde sólo se evalúa capacidad funcional, pueden emplearse menos derivaciones, pero nunca menos de tres. Estas derivaciones son:

- V5: observa la pared anterolateral del ventrículo izquierdo
- V2: explora el septum interventricular
- DII: registra la cara inferior

## **CONTRAINDICACIONES DE LA PRUEBA DE ESFUERZO**

### **A. Contraindicaciones absolutas**

1. Angina inestable de alto riesgo. Sin embargo, los pacientes con sospecha de angina inestable en la presentación, que permanecen estables y sin dolor, pueden someterse a ejercicio.
2. Insuficiencia cardíaca congestiva descompensada o mal controlada.
3. Hipertensión arterial no controlada (presión arterial >200/110 mm de Hg).
4. Arritmias cardíacas no controladas (sintomáticas o con compromiso hemodinámico).
5. Estenosis aórtica severa sintomática.
6. Embolia pulmonar aguda.
7. Miocarditis aguda o pericarditis.
8. Disección aórtica aguda.
9. Hipertensión pulmonar severa.
10. Infarto agudo de miocardio (<4 días).

### **B. Contraindicaciones relativas**

1. Lesión significativa conocida de tronco de coronaria izquierda.
2. Estenosis aórtica moderada sintomática.
3. Cardiomiopatía hipertrófica obstructiva u otras formas de obstrucción del tracto de salida.
4. Taquiarritmias o bradiarritmias.
5. Bloqueo auriculoventricular de alto grado.
6. Trastornos electrolíticos.
7. Impedimento físico o mental que imposibilite realizar un ejercicio adecuado.

### **Indicaciones para la pronta terminación del ejercicio**

1. Moderada a severa angina de pecho y/o angina progresiva.
2. Disnea desproporcionada.
3. Ataxia, mareos o pre-síncope.
4. Signos de mala perfusión (cianosis y palidez).
5. Solicitud del paciente para terminar la prueba.
6. Depresión del segmento ST mayor de 3 mm.
7. Elevación del ST (>1 mm) en derivaciones sin ondas Q (con excepción de las derivaciones V1 o AVR).
8. Arritmia ventricular o supraventricular compleja.
9. Desarrollo de bloqueo de rama o retardos de la conducción intraventricular (y que no pueden distinguirse de la taquicardia ventricular).
10. Disminución de la presión arterial sistólica de más de 20 mmHg con respecto a la presión arterial previa y/o de 10 mmHg de la medición basal.
11. Respuesta hipertensiva límite (presión arterial sistólica >250 mmHg. y/o presión diastólica >120 mmHg).
12. Dificultades técnicas en el monitoreo del ECG o la presión arterial.
13. Agotamiento muscular.

## PROTOSCOLOS EN ERGOMETRÍA

El test de esfuerzo es un procedimiento bien establecido que ha sido ampliamente utilizado por varias décadas. La utilidad de la prueba de esfuerzo en la cardiopatía isquémica viene dada por la posibilidad de poner en evidencia alteraciones cardiovasculares que no están presentes en reposo y que pueden manifestarse con el ejercicio. Los objetivos básicos de la prueba de esfuerzo en la cardiopatía isquémica son:

1. Valorar la probabilidad de que un individuo determinado presente cardiopatía isquémica significativa (valoración diagnóstica).
2. Estimar la severidad y probabilidad de complicaciones cardiovasculares posteriores (valoración pronóstica).
3. Analizar la capacidad funcional del individuo (valoración funcional).
4. Documentar los efectos de un tratamiento aplicado (valoración terapéutica)<sup>1</sup>.

### PROTOSCOLOS DE ESFUERZO

La elección del protocolo va a estar condicionada por la finalidad de la prueba y las circunstancias personales del paciente. A efectos prácticos, haremos referencia a los dos tipos de prueba ergométrica más utilizados en la actualidad: cinta sin fin y bicicleta ergométrica.

#### Cinta sin fin (“Treadmill”)

Es sin duda el procedimiento más utilizado en la actualidad. Consiste en caminar sobre una cinta rodante, cuya velocidad e inclinación se modifican en función del protocolo empleado. Presenta aspectos diferenciales con respecto al cicloergómetro y que pueden resumirse en:

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se realiza un ejercicio más fisiológico y mejor tolerado.</li> <li>▪ El máx. consumo de O<sub>2</sub> es superior.</li> <li>▪ Se consigue un mejor rendimiento.</li> <li>▪ El comportamiento de la FC y TA es más fisiológico.</li> <li>▪ Se requiere menor colaboración del paciente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mayor costo y mantenimiento.</li> <li>▪ Requiere cierto entrenamiento previo.</li> <li>▪ Es necesaria mayor coordinación neuromusculoesquelética por parte del paciente.</li> <li>▪ Conviene mayor meticulosidad en la aplicación de electrodos, para conseguir registros de ECG de buena calidad.</li> <li>▪ Mayor dificultad para tomar la TA.</li> </ul>

Los distintos protocolos utilizados en la ergometría con cinta rodante, se basan en la realización de ejercicios del tipo isométrico, continuo y multietapa, debiendo tener siempre la precaución que en la realización el paciente no debe sujetarse en las barras de soporte, evitando realizar, así, cierto grado de ejercicio isotónico y en consecuencia la modificación de los parámetros hemodinámicos con respecto a cuando sólo se realiza ejercicio dinámico o isotónico. En el caso que el paciente se apoye, la capacidad funcional resultante suele estar sobrevalorada hasta en un 20%.



- **Protocolo de Bruce:** es el más utilizado con fines diagnósticos o pronósticos. Este protocolo incrementa, tanto la velocidad de la cinta como el grado de inclinación, cada 3 minutos, período que se ha estimado suficiente para alcanzar, de manera aceptable, la situación de equilibrio fisiológico circulatorio, con estabilización de ciertos parámetros, como la FC, y que se conoce como el «steady state» o régimen estable. Esto ocurre, al menos, hasta el estadio 3, a partir del cual el consumo de  $O_2$  es mayor por el costo adicional de energía que supone correr en vez de caminar. La principal crítica que recibe son los bruscos incrementos en la carga de trabajo.
- **Test modificado de Bruce (o Sheffield):** consiste en descomponer la fase inicial del Bruce en dos fases iniciales de calentamiento de 3 min cada una a 1,7 mph (1 milla= 1,609 km) y 0° de inclinación la primera y al 5% la segunda, para luego continuar con el protocolo de Bruce habitual. Permite diferenciar mejor la capacidad funcional en ancianos o pacientes con cardiopatía, ciertos grupos de rehabilitación cardíaca, cuando tienen baja capacidad funcional. El principal problema que presenta es cuando la velocidad resulta excesiva para el paciente por dificultades de locomoción.
- **Protocolo de Naughton:** es recomendado en pacientes de alto riesgo, con estadios de 2 min, iniciando con un calentamiento de 4 min (2 min a 1 mph y luego a 2 mph, ambos sin inclinación), para luego mantener las 2 mph e inclinación creciente de 3,5% por etapa. La 6° etapa es a 2,5 mph y 14%, que se aproxima a 6 METs y luego, en la 7° etapa es a 2 mph y 17,5% que se aproxima a 7 METs.
- **Protocolo de Balke:** se realiza a una velocidad constante de 3,3 mph (5,3 km/h) incrementando 1%/min el grado de inclinación. Es poco usado en la actualidad por lo prolongado que puede resultar (casi el doble del Bruce).
- **Protocolo de Gardner:** se mantiene una velocidad constante de 2 mph (3.2 km/h) y se aumenta la pendiente en un 2% cada 2 min hasta los 18%. Es el protocolo recomendado en pacientes con arteriopatía periférica. (ver capítulo de Periféricos).

### Bicicleta ergométrica

El ejercicio se realiza pedaleando sobre una bicicleta estática, cuya resistencia es modificable mecánica o eléctricamente. Esta última tiene la ventaja de que la frecuencia del pedaleo no tiene necesariamente que ser constante, ya que al regularse la resistencia de forma automática, ésta aumenta si la frecuencia del pedaleo disminuye, de forma que el trabajo/minuto que realiza el individuo es constante y depende de la resistencia fijada previamente. La preparación del paciente es similar a la requerida para treadmill.

Tras ajustar la altura del asiento (la planta del pie debe descansar cómodamente, con la pierna extendida en el pedal colocado en su posición más inferior) y del manillar, el paciente debe familiarizarse someramente con el tipo de ejercicio a realizar. Tras colocar los electrodos, deben tomarse las constantes (FC y TA) y registrar el ECG, tanto en las derivaciones habituales, como en las que vayan a utilizarse durante la prueba. Los electrodos de las piernas deben colocarse, para evitar artefactos e interferencias, en el dorso a nivel de las crestas ilíacas.

- **Protocolo de Astrand:** se inicia la prueba con una carga inicial de 50 ó 100 W (300 ó 600 kgm/min) según el sexo y grado de entrenamiento previo. Después de 2 min se incrementa la carga 25 ó 50 W cada 2 a 3 min. Se debe mantener la frecuencia de pedaleo en 50-60 rpm.

- **Protocolo de Astrand Modificado:** se inicia con un calentamiento de 3 min a 0 vatios y luego la carga se incrementa en 25 vatios por cada 3 minutos a una frecuencia de pedaleo de 60 rpm.
- **Protocolo de Storer-Davis:** inicia con un calentamiento de 4 min a 0 vatios y luego la carga se incrementa en 15 vatios por minuto a una frecuencia de pedaleo de 60 rpm. La ecuación para calcular la carga final de trabajo es:

$$\begin{aligned} \text{Hombre: } \dot{V}O_2 \text{ max} &= (10,51 \times \text{vatios}) + (6,35 \times \text{kg}) - (10,49 \times \text{edad}) + 519,3 \text{ ml/min} \\ \text{Mujer: } \dot{V}O_2 \text{ max} &= (9,39 \times \text{vatios}) + (7,7 \times \text{kg}) - (5,88 \times \text{edad}) + 136,7 \text{ ml/min} \end{aligned}$$

### **Valoración funcional en cicloergómetro**

El rendimiento máximo sólo debe valorarse de forma correcta a partir que se alcanza la FC máxima teórica (220-edad en años) y va a depender de ciertos factores personales del paciente como ser:

- Peso, la capacidad normal de un adulto joven, no entrenado es aprox. 3 W/kg de peso (teóricamente debería referirse al peso excluida la fracción grasa).
- Sexo, la capacidad funcional máxima en la mujer es aproximadamente un 20% inferior a la de un varón de similares características.
- Edad, la capacidad funcional aumenta aprox. hasta los 30 años para disminuir de forma progresiva aprox. un 1%/año a partir de esta edad.
- Grado de entrenamiento, mejorando la capacidad funcional con el mismo.

$$\text{Rendimiento teórico máximo (en vatios)} = \text{peso corporal (en kg)} \times 3 \text{ (o por 2,5 en mujeres)} - 10\% \text{ por cada decenio o fracción que sobrepase los 30 años de edad.}$$

- Ejemplo: Varón de 50 años y 65 kg. de peso, que alcanza la FC máx. y una resistencia de 150 W; el rendimiento se calcularía:
- Rendimiento teórico máximo =  $65 \times 3 = 195 - 20\% = 156 \text{ W}$
- Rendimiento real = 150 W (el alcanzado).
- Rendimiento efectivo =  $156 = 150 + 6 \text{ W} + 3,8\%$ .

La capacidad aeróbica máxima, se considera el 94% de la prevista si la ergometría se realiza en cinta rodante según el protocolo de Bruce.

**PROTOCOLOS CONVENCIONALES****A. En BANDA****Bruce**

ETAPAS	MINUTOS	MILLAS/H	KM/H	PENDIENTE (%)	METS
I	03:00	1,7	2,7	10	4,5
II	06:00	2,5	4	12	7
III	09:00	3,42	5,4	14	10
IV	12:00	4,2	6,7	16	13
V	15:00	5,05	8	18	16
VI	18:00	5,5	8,8	20	18
VII	21:00	6,03	9,8	20	20
VIII	24:00	6,5	10,4	20	22
IX	27:00	7	11,2	20	23

**Bruce Modificado**

ETAPAS	MINUTOS	MILLAS/H	KM/H	PENDIENTE (%)	METS
I	03:00	1,7	2,7	0	2
II	06:00	1,7	2,7	5	3
III	09:00	1,7	2,7	10	4,5
IV	12:00	2,5	4	12	7
V	15:00	3,4	5,4	14	10
VI	18:00	4,2	6,7	16	13
VII	21:00	5	8	18	16
VIII	24:00	5,5	8,8	20	18
IX	27:00	6	9,8	20	20
X	30:00	6,5	10,4	20	22
XI	33:00	7	11,2	20	23

**Naughton**

ETAPAS	MINUTOS	MILLAS/H	KM/H	PENDIENTE (%)	METS
I	03:00	1	1,6	0	1,6
II	06:00	2	3,2	0	2
III	09:00	2	3,2	3.5	3
IV	12:00	2	3,2	7	4
V	15:00	2	3,2	10	5
VI	18:00	2	3,2	14	6
VII	21:00	2	3,2	17.5	7
VIII	24:00	2	3,2	20	8

**Naughton Modificado**

ETAPAS	MINUTOS	MILLAS/H	KM/H	PENDIENTE (%)	METS
I	02:00	2	3,2	0	2
II	04:00	2	3,2	7	4
III	06:00	2	3,2	14	6
IV	08:00	3	4,8	12	8
V	10:00	3,4	5,44	14	10
VI	12:00	3,5	5,6	16	12
VII	14:00	4,2	6,72	18	14
VIII	16:00	5	8	20	16
IX	18:00	5,5	8,8	2	18
X	20:00	6	9,6	2	20

**Deportes recreativos**

ETAPAS	MINUTOS	MILLAS/H	KM/H	PENDIENTE (%)	METS
I	01:00	3	4,8	2	3,8
II	02:00	4	6,4	2	5
III	03:00	5	8	2	6,4
IV	04:00	6	9,6	2	7,7
V	05:00	7	11,2	2	8,9
VI	06:00	8	12,8	2	10
VII	07:00	9	14,4	2	11,5
VII	08:00	10	16	2	12,8
IX	09:00	11	17,6	2	14
X	10:00	12	19,2	2	15,3
XI	11:00	12	19,2	5	20,2
XII	12:00	12	19,2	10	24

**B. En BICICLETA****Astrand**

ETAPAS	MINUTOS	CARGA (WATTS)	KGM
I	03:00	25	150
II	06:00	50	300
III	09:00	75	450
IV	12:00	100	600
V	15:00	125	750
VI	18:00	150	900
VII	21:00	175	1.050
VII	24:00	200	1.200

**Astrand Modificado**

ETAPAS	MINUTOS	CARGA (WATTS)	KGM
I	03:00	25	150
II	06:00	50	300
III	09:00	75	450
IV	12:00	100	600
V	15:00	150	900
VI	18:00	200	1.200
VII	21:00	250	1.500
VII	24:00	300	1.800

**Balke (Femenino)**

ETAPAS	MINUTOS	CARGA (WATTS)	KGM
I	02:00	25	150
II	04:00	50	300
III	06:00	75	450
IV	08:00	100	600
V	10:00	125	750
VI	12:00	150	900
VII	14:00	175	1.050
VII	16:00	200	1.200

**Balke (Masculino)**

ETAPAS	MINUTOS	CARGA (WATTS)	KGM
I	02:00	50	300
II	04:00	75	450
III	06:00	100	600
IV	08:00	125	750
V	10:00	150	900
VI	12:00	175	1.050
VII	14:00	200	1.200
VII	16:00	225	1.350

**Escaleraforme deportista**

ETAPAS	MINUTOS	CARGA (WATTS)	KGM
I	03:00	50	300
II	05:00	150	900
III	07:00	200	1.200
IV	09:00	250	1.500
V	11:00	300	1.800
VI	13:00	350	2.100
VII	15:00	400	2.400

## 1. A. PROTOCOLOS EN ENFERMEDAD CORONARIA

### **LA PRUEBA DE ESFUERZO EN EL DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDAD CORONARIA (EC)**

El dolor torácico es el síntoma clave entre las múltiples manifestaciones que puede tener la cardiopatía isquémica.

La ergometría es la exploración más empleada y útil en el diagnóstico de enfermedad coronaria, que puede poner de manifiesto lesiones coronarias que angiográficamente serían superiores al 50%. Lesiones menores probablemente no desencadenen isquemia durante el ejercicio, pero pueden provocar fenómenos de isquemia por otros mecanismos, como el espasmo, la rotura de placa o la trombosis, alguno de ellos con consecuencias potencialmente letales (2). La estimación clínica de la probabilidad de enfermedad coronaria se basa en datos de la historia clínica (como características del dolor, edad y sexo del paciente y factores de riesgo coronario), datos de la exploración física y del ECG basal (presencia de ondas Q o anomalías del ST-T), así como de la experiencia del médico en la evaluación de este problema (3). El test adquiere mayor relevancia según la posibilidad pre-test que presente el paciente; en caso de que ésta sea elevada o muy baja, el resultado del test de esfuerzo no cambia de manera significativa esta probabilidad. Sin embargo, en una paciente con probabilidad intermedia, el resultado del test de esfuerzo tiene un mayor impacto en el diagnóstico final del paciente.

### **Sensibilidad, especificidad y valor predictivo**

Al igual que en todas las pruebas o tests diagnósticos, la sensibilidad, la especificidad y los valores predictivos de la PEG dependen de los criterios de positividad utilizados y de la prevalencia de la enfermedad coronaria en la población estudiada (4). Es importante decidir el valor discriminante en la interpretación del resultado que permite separar al grupo de sujetos con y sin la enfermedad (p. ej., el infradesnivel del ST de 1mm). Si se decide incrementar este valor (p. ej., 2 mm de infradesnivel del ST) para conseguir que la mayor parte de los sujetos normales no alcancen este valor (aumentar la especificidad), un mayor número de pacientes tendrá el test negativo (menor sensibilidad).

El valor predictivo de un test positivo es el porcentaje de personas con test anormal que tiene la enfermedad. El valor predictivo depende de la sensibilidad y de la especificidad del test empleado, pero también de la prevalencia de la enfermedad en la población estudiada. El teorema de Bayes relaciona la probabilidad de tener la enfermedad con la probabilidad pretest y el resultado del test empleado.



Al analizar el comportamiento del segmento ST es importante tener en cuenta varios parámetros: tiempo de comienzo, magnitud, extensión, duración, etc., que mejoran la utilidad diagnóstica de la prueba (5).

Además, la valoración de los síntomas durante la prueba de esfuerzo, especialmente la aparición de dolor torácico, es un dato clave para la correcta interpretación del resultado. En general, el dolor torácico aparece después de iniciado el infradesnivel del ST, aunque en algunos pacientes puede ser el único marcador de enfermedad coronaria durante la prueba de esfuerzo.

### **Exactitud diagnóstica de la prueba de esfuerzo**

En la práctica, las pruebas de esfuerzo con fines diagnósticos se emplean en pacientes con diagnóstico dudoso y los trabajos que lo evalúan deberían incluir pacientes consecutivos del mismo grupo.

El metaanálisis de 147 publicaciones consecutivas, que incluyen a 24.074 pacientes con test de esfuerzo y coronariografía, proporciona una amplia variabilidad de la sensibilidad y de la especificidad. Si no se incluyen series con pacientes post infarto (58 estudios con 11.691 pacientes), la exactitud del test diagnóstico proporciona una sensibilidad del 67% y una especificidad del 72%. La sensibilidad de la prueba de esfuerzo varía en función de la severidad de la enfermedad coronaria.

Así, en pacientes con enfermedad de un vaso, la sensibilidad oscila entre 25 y 60%, en enfermedad de dos vasos entre el 38 y 91% y en enfermedad de tres vasos entre el 73 y 100% (6, 7). Comparando con angiogramografía de 64 detectores, el infradesnivel del ST permitió detectar el 99% de lesiones obstructivas del tronco de coronaria izquierda y el 47% de enfermedad de múltiples vasos en pacientes de bajo-intermedio riesgo de enfermedad coronaria (8), no pudiendo detectar lesiones no obstructivas (menores al 50%).

### **Limitaciones de la prueba de esfuerzo para el diagnóstico de enfermedad coronaria**

La alteración del electrocardiograma basal es una de las principales limitaciones de la prueba de esfuerzo diagnóstica. La depresión del segmento ST al esfuerzo en pacientes con bloqueo de rama izquierda no es diagnóstico de isquemia, por lo que la PEG convencional no tiene una utilidad diagnóstica en este contexto (9).

Con respecto al bloqueo de rama derecha, la depresión del segmento ST al esfuerzo en las precordiales derechas (V1 a V3) no se asocia a isquemia; sin embargo, la depresión del segmento ST en otras derivaciones (V5 o V6 o II y aVF) aporta información similar a la obtenida en pacientes con ECG normal (10).

Tanto la hipertrofia ventricular izquierda con alteración de la repolarización como la depresión del segmento ST en el ECG basal son dos circunstancias que condicionan una menor especificidad del test de esfuerzo, sin afectar significativamente a la sensibilidad (11). La PEG convencional puede ser útil como primer test en la evaluación de estos pacientes, y un segundo test (con técnica de imagen) sería necesario sólo en pacientes con un resultado anormal o no concluyente, ya que el test negativo mantiene su validez.

Diversos fármacos pueden condicionar el resultado de una prueba de esfuerzo. La digoxina es capaz de provocar una depresión del segmento ST al esfuerzo en el 25-40% de sujetos sanos, pero la sensibilidad y especificidad del test de esfuerzo no resultan afectados de

manera significativa, por lo que no es necesario suspenderla antes de un test diagnóstico. A pesar de que los beta bloqueantes pueden atenuar la frecuencia máxima de esfuerzo (12), no parece necesario suspenderlo si se requiere un test diagnóstico rutinario (teniendo en cuenta el riesgo en los pacientes con cardiopatía isquémica).

Los nitratos pueden atenuar la angina o la depresión del segmento ST al esfuerzo en pacientes con isquemia. Otros fármacos, como agentes antihipertensivos, pueden atenuar la respuesta hemodinámica de la presión arterial al esfuerzo.

### **Variables a evaluar en el test de esfuerzo**

#### **Segmento ST:**

En pacientes sin antecedente de infarto de miocardio y ECG normal, las derivaciones precordiales son suficientes como marcadores de cardiopatía isquémica.

Las derivaciones inferiores aisladas aportan poca información adicional. Por otro lado, en pacientes con ECG normal, la depresión del segmento ST exclusivamente en derivaciones inferiores tiene valor relativo como indicador de cardiopatía isquémica si es menor a 2 mm (13). Tanto la depresión descendente como horizontal del segmento ST son potentes predictores de enfermedad coronaria, comparadas con el infradesnivel ascendente del mismo, durante el ejercicio. Sin embargo, el infradesnivel del ST “ascendente lento” (menor a 1 mV/s) se ha asociado a una relativa probabilidad de cardiopatía isquémica. No obstante, si se usa este criterio como positividad en la prueba de esfuerzo, la especificidad desciende considerablemente (más falsos positivos), aunque el test es más sensible. Debe considerarse el comportamiento del ST en el período de recuperación, tanto en el período inmediato como su aparición en forma tardía (a partir de los 3 min).

La elevación del segmento ST en derivaciones con onda Q es un hecho que se produce con relativa frecuencia, pero en derivaciones sin onda Q es algo extremadamente infrecuente (0,1%). La elevación del segmento ST en un ECG normal indica isquemia transmural (por espasmo coronario o lesión crítica). Sin embargo, la elevación del segmento ST en pacientes con onda Q de necrosis es un dato controvertido: en general, se acepta como una alteración secundaria a una anomalía de la motilidad de la pared ventricular, aunque algunos autores han sugerido que es un marcador de viabilidad residual en el área infartada (14).

#### **Angina de pecho inducida durante el esfuerzo:**

Es altamente significativa de isquemia. Puesto que pueden producirse varios tipos de malestar torácico durante el esfuerzo, es fundamental que el médico que supervise la prueba valore de manera adecuada los síntomas, ya que la decisión final sobre el significado clínico será suya. Solo 1/3 de los pacientes con cambios significativos del segmento ST desarrollarán angina.

#### **Duración del ejercicio:**

Tiene valor pronóstico independiente para mortalidad cardiovascular y por cualquier causa, en distintas poblaciones, incluso ajustado por edad y sexo (15). En el CASS, se halló una supervivencia del 100% a 4 años en pacientes con enfermedad coronaria significativa de 3 vasos y buena función sistólica del VI que alcanzaron 12 min o más en una ergometría realizada con el protocolo de Bruce (16).

#### **TA durante y después del ejercicio:**

La falta de incremento de la TA, la hipotensión arterial (definida como TAS  $\geq$  10 mmHg en el esfuerzo menor que la de reposo) y la caída de 20 mmHg con respecto a la medición previa,

refleja la falta de aumento del gasto cardíaco (mala función del VI, obstrucción al TSVI, etc.) y/o una reducción anormal en la resistencia vascular sistémica. Fue asociada con un evento coronario dentro de los 2 años; en un metaanálisis de ergometría post infarto, los predictores independientes de mortalidad fueron la menor capacidad de ejercicio y la hipotensión (17). La respuesta hipertensiva, definida como TAS al esfuerzo mayor a 200 mmHg en mujeres y 210 en población masculina, puede ser indicador de HTA reactiva, y cuando no desciende dentro de los 3 min del post esfuerzo es predictor de HTA sostenida y además 5 veces más riesgo de accidente cerebrovascular. Los resultados son controvertidos como predictor de eventos coronarios, dado que la respuesta hipertensiva se asocia a un deterioro del flujo subendocárdico y esto puede llevar a cambios del segmento ST que resulten en un test falso (+).

Post ejercicio, la TA debería caer como mínimo 15% del pico de ejercicio dentro de los 3 min. Una respuesta anormal en este punto se puede asociar a enfermedad coronaria severa.

**Respuesta cronotrópica anormal:**

- Incompetencia: La respuesta cronotrópica esperada puede ser calculada por la fórmula:  $(FC_{max} - FC_{reposito}) / (220 - edad - FC_{reposito})$  (18). Incompetencia cronotrópica se define como respuesta de FC menor del 85% del predicho o menor del 62% en pacientes que tomen beta bloqueantes, y este parámetro ha sido predictor de mortalidad cardiovascular y por todas las causas.
- Taquicardia desproporcionada al esfuerzo: un incremento exagerado o demasiado rápido de la FC al inicio del esfuerzo, mayor a 20 latidos por etapa, puede ocurrir por causas no cardíacas, como desacondicionamiento físico, anemia, hipertiroidismo, hipovolemia, miocardiopatía o fibrilación auricular. Habitualmente estos pacientes también presentan un descenso más lento en la recuperación y el tiempo total de ejercicio y la capacidad es limitada.

**Recuperación de la FC:**

Quando el esfuerzo se detiene, la FC retorna a la basal en varios minutos a horas, siendo más marcada en los primeros minutos; un deterioro en esta recuperación (se considera normal una caída mínima de 12 latidos en el 1º minuto) predice mortalidad por todas las causas y eventos cardiovasculares, tanto en población saludable como pacientes coronarios (19, 20).

**Variabilidad de la FC:**

Se cuantifica por análisis espectral, aunque no se realiza en forma rutinaria. Un deterioro en la variabilidad (por incremento del tono simpático) ha resultado ser un predictor independiente de mortalidad cardiovascular y por todas las causas a 5 años (21).

**Arritmias supraventriculares:**

Son frecuentemente inducidas por el ejercicio, apareciendo hasta en el 10% de los individuos normales y hasta el 25% de los pacientes con cardiopatía isquémica. Sin embargo, en estudios de cohorte con seguimiento hasta 5 años no fueron predictores de eventos cardiovasculares mayores.

**Arritmias ventriculares:**

La asociación entre isquemia, arritmias ventriculares inducidas por el ejercicio y/o recuperación, y función ventricular, es poco clara y contradictoria como signo aislado. Adquiere mayor relevancia en el contexto de cambios de la repolarización, desarrollo de síntomas o formas complejas (TVNS, bigeminia).

**Bloqueos de rama inducidos por el ejercicio:**

El bloqueo completo de rama izquierda transitorio ocurre en el 0.4% de los pacientes y habitualmente se asocia a enfermedad coronaria cuando se acompaña de angina o se produce a una FC  $\leq 120$  x min (más frecuente, estenosis proximal de arteria descendente anterior). Cuando ocurre a una FC  $> 120$  x min se debe, habitualmente, a un fenómeno relacionado a la FC y se asocia a arterias coronarias normales.

**LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LA EVALUACIÓN DEL PRONÓSTICO DE EC****Estratificación del riesgo coronario**

La estratificación de los pacientes se realiza de forma constante y se inicia partiendo de los datos de la historia clínica, la exploración física y las exploraciones elementales y se actualiza ante cada nuevo acontecimiento. El valor pronóstico que pueda aportar una prueba de esfuerzo siempre debe ser valorado en el contexto clínico del paciente, teniendo en cuenta todas las exploraciones que se le hayan realizado. Los datos disponibles sobre el valor pronóstico de la prueba de esfuerzo se han centrado en la probabilidad de supervivencia y, con menos frecuencia, en la probabilidad de supervivencia sin nuevo infarto de miocardio.

Lauer y colaboradores (22), en una cohorte prospectiva que incluyó más de 39000 pacientes con ECG basal normal y sospecha de enfermedad coronaria, validó un modelo predictivo de supervivencia a 3 y 5 años, con los datos de la historia clínica y un test de esfuerzo; las variables incluidas en el normograma fueron sexo, edad, historia de tabaquismo, hipertensión arterial, diabetes o angina típica; y los hallazgos del test de esfuerzo fueron capacidad funcional, cambios del segmento ST, síntomas, recuperación de la FC y arritmias ventriculares en la recuperación.

**Pronóstico de la cardiopatía isquémica**

En el paciente coronario, el riesgo en un momento determinado está en función de diferentes variables, como la función ventricular, la severidad de las lesiones coronarias, los antecedentes recientes clínicos en relación con complicaciones de la placa de ateroma, la estabilidad eléctrica y la condición general de salud. Existen amplias evidencias que indican que la mayoría de los acontecimientos clínicos importantes, como el infarto de miocardio, la angina inestable o la muerte súbita, se inician como consecuencia de roturas microscópicas en placas ateroscleróticas vulnerables (23).

La mayoría de las placas vulnerables son “angiográficamente no significativas” (es decir, tienen un diámetro inferior al 75%) antes de su rotura. Por tanto, la posibilidad de que un test de ejercicio pueda detectar una placa vulnerable está limitada por su reducido tamaño y su poca repercusión en la limitación al flujo coronario.

Esta es una de las explicaciones que justifican el limitado valor predictivo para infarto de miocardio de una prueba negativa.

**Estratificación del riesgo con una prueba de esfuerzo**

Los riesgos de la práctica del test de ejercicio son, globalmente, muy bajos. Por tanto, el argumento para no realizar test de ejercicio podría ser que la información aportada no justifica el mayor gasto realizado, o que podría aportar una información confusa que llevase a un uso

inapropiado o excesivo de otros test adicionales. En este sentido, la PEG puede ser aplicada en las siguientes condiciones clínicas:

- Utilidad pronóstica en la cardiopatía isquémica estable: Cuando lo que queremos es valorar el pronóstico en pacientes con cardiopatía isquémica estable, es preciso comentar que una de las mayores y más consistentes variables del test de esfuerzo es la capacidad máxima de ejercicio, que está en parte condicionada por el grado de disfunción ventricular izquierda en reposo o en ejercicio. Sin embargo, la relación entre capacidad de esfuerzo y función ventricular es compleja, ya que existen otras variables que condicionan la capacidad de esfuerzo, como la edad, el estado físico general, la comorbilidad asociada y el estado anímico o de motivación del paciente (23). Existen diversos parámetros usados para determinar la capacidad de ejercicio, como la duración de éste, los MET alcanzados, la máxima frecuencia cardíaca alcanzada o el doble producto. La medida de la capacidad de ejercicio en MET tiene la ventaja de aportar una información que es independiente del tipo de test de ejercicio empleado o del protocolo usado.

Un segundo grupo de marcadores pronósticos aportados por la prueba de esfuerzo es la isquemia inducida durante el ejercicio. Estos marcadores incluyen la depresión del segmento ST, la elevación del segmento ST (en derivaciones sin onda Q) o la angina inducida por el esfuerzo. Otro marcador pronóstico menos potente lo constituyen el número de derivaciones con depresión del segmento ST, la configuración de la depresión del segmento ST (descendente, horizontal o ascendente) y la duración de la depresión del segmento ST en la fase de recuperación.

Según los datos del Duke Cardiovascular Disease Databank (24), la definición de una prueba de esfuerzo “positiva precoz” como aquella que resulta de una depresión igual o superior a 1 mm en los primeros dos estadios del protocolo de Bruce identifica a pacientes de alto riesgo, mientras que los pacientes que pueden alcanzar el estadio IV (independientemente del grado de depresión del segmento ST) son de bajo riesgo.

Se ha propuesto una valoración conjunta de las diferentes variables que aporta la prueba de esfuerzo para aumentar su poder pronóstico. En este sentido, el *Duke Treadmill Score (DTS)* de la Duke University aporta una puntuación que permite predecir la mortalidad anual (24). Esta escala incluye las siguientes variables: duración del test (realizado con protocolo de Bruce), magnitud en la depresión del segmento ST y un índice de angina, según la fórmula:

$$\begin{aligned} & \text{Tiempo de ejercicio (en min)} - [5 \times \text{máx desviación ST en ejercicio (en mm)}] \\ & - [4 \times \text{angina (0= sin angina; 1= angina no limitante; 2= angina limitante)}] \end{aligned}$$

Recientemente, se ha sugerido una modificación del DTS con el agregado de edad y doble producto (TAS x FC) que mejora la capacidad de detección de enfermedad cardiovascular anual del DTS, de 0.76 a 0.84, con la fórmula [edad-DTS-3 x (reserva del DP/1000)] (25). Un score de Duke menor a -11 tiene una mortalidad anual igual o mayor al 5% (ALTO RIESGO), mientras que un Score mayor a 5 presenta una mortalidad anual 0.5% (BAJO RIESGO). En cualquier caso, aunque la ergometría se correlaciona con la presencia y la severidad de la enfermedad coronaria, identifica mejor la probabilidad de mortalidad que la de infarto de miocardio no fatal.

- Utilidad pronóstica en pacientes con angina inestable: La angina inestable puede progresar a la muerte o al infarto de miocardio o, por otro lado, evolucionar a una fase crónica estable de la enfermedad coronaria. Sobre la base de datos de la historia clínica, el examen físico y el ECG inicial, los pacientes con angina inestable pueden ser distribuidos en grupos de bajo, intermedio o alto riesgo. La mayoría de los pacientes pueden ser evaluados con un test de esfuerzo dentro de las 12 a 24 horas libre de síntomas (26). La prueba de esfuerzo realizada con medicación pretende descubrir datos de mal pronóstico ya comentados para la cardiopatía isquémica estable. La presencia de algunos de ellos supone habitualmente la indicación de coronariografía.

### **Prueba de esfuerzo post infarto de miocardio**

La ergometría se ha considerado útil para la evaluación pronóstica y para establecer el tratamiento en pacientes post infarto (27). Sin embargo, el acortamiento de la estancia hospitalaria, el uso amplio de agentes trombolíticos, el mayor empleo de técnicas de revascularización y el incremento en el uso de betabloqueantes y de fármacos inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina han cambiado la presentación clínica del paciente post infarto de miocardio (28). Pero no todos los pacientes con infarto reciben aún todas estas diferentes estrategias, por lo que finalmente nos encontramos ante un grupo de pacientes muy heterogéneos.

También se debe tener en cuenta que un importante número de pacientes post infarto no pueden realizar un test de esfuerzo por diversos motivos. La base de datos del estudio GISSI-2 (29) revela que hasta un 40% de pacientes trombolizados no pudieron realizar una prueba de esfuerzo a los 28 días del infarto de miocardio por diversas causas. Este estudio, y otros realizados con pacientes que no recibieron trombolíticos (30, 31), ponen de manifiesto que los pacientes que no pueden realizar la PEG son en realidad los que tiene peor pronóstico.

La PEG post infarto de miocardio tiene como objetivo proporcionar información sobre la estratificación del riesgo y el establecimiento de un pronóstico, establecer la capacidad funcional para poder prescribir una pauta de actividad física al alta hospitalaria y valorar la adecuación del tratamiento médico, así como indicar la necesidad de emplear otros medios diagnósticos u otras opciones terapéuticas.

#### **Momento y protocolo de test de esfuerzo post infarto de miocardio.**

La recomendación habitual es realizar una prueba de esfuerzo submáxima limitada por síntomas a partir del 5-7º día, en pacientes que no fueron sometidos a cinecoronariografía, y sin parámetros de alto riesgo como sospecha de isquemia extensa o recurrente (27). Algunos autores sugieren realizarla para evaluar el significado funcional de lesiones angiográficas, aunque esto es debatido.

La PEG post infarto es, en general, segura. La incidencia de acontecimientos cardíacos fatales, incluyendo el infarto de miocardio fatal y rotura cardíaca, es del 0,03%, de infarto de miocardio no fatal o paro cardíaco recuperado del 0,09%, y de arritmias ventriculares complejas incluyendo taquicardia ventricular del 1,4%.

#### **Variables con capacidad de estratificar pronóstico**

Respecto a la isquemia inducida al ejercicio, algunos estudios de la era pretrombolítica,

pero no todos, habían demostrado que la depresión del segmento ST en la PEG era un predictor de mortalidad cardíaca. Sin embargo, el verdadero valor pronóstico no se conoce hoy día, ya que es una práctica habitual que los pacientes con respuesta isquémica al test de esfuerzo sean revascularizados, perdiéndose el valor predictivo para muerte súbita o reinfarcto (32). Los estudios angiográficos han demostrado que, generalmente, la respuesta isquémica al test de esfuerzo se asocia más a enfermedad de múltiples vasos comparada con test negativos (32).

El estudio GISSI-2 (29) demostró que sólo la depresión del segmento ST sintomática (con angina) era predictiva de mortalidad, aunque ésta era muy baja en general (1,7%). La utilidad de la prueba de esfuerzo positiva post infarto de miocardio para decidir la práctica de cateterismo cardíaco y revascularización con angioplastia o cirugía ha sido demostrada en el estudio danés DANAMI (33), en el que se puso de manifiesto una reducción significativa del reinfarcto de miocardio o de los reingresos por angina inestable entre los pacientes revascularizados, en comparación con los tratados médicamente (aunque la supervivencia fue similar en ambos grupos a los 2,4 años de seguimiento).

Los pacientes con ECG basal anormal por bloqueo de rama izquierda, hipertrofia ventricular izquierda, tratamiento con digoxina o depresión del segmento ST superior a 1mm deberían ser considerados para un test de esfuerzo o farmacológico con técnica de imagen.

En cuanto a la capacidad de esfuerzo, el valor de METs alcanzado en la prueba de esfuerzo es un importante predictor de efectos adversos post infarto de miocardio (30, 31).

La capacidad funcional inferior a 5 METs se acompaña de mal pronóstico.

En lo referente a la presión arterial, clásicamente se ha aceptado que la incapacidad para aumentar la presión arterial de 10 a 30 mmHg durante la PEG es un factor predictor independiente de mal pronóstico post infarto (30, 31), si bien esta variable está condicionada al tratamiento en curso, la duración de la prueba y los síntomas acompañantes.

Así pues, los predictores de mal pronóstico, hecha la salvedad de la incapacidad de realización del test, son similares a los ya citados. En general, la prueba de esfuerzo después del infarto se realiza sin suspender el tratamiento farmacológico en curso.

#### **Asesoramiento sobre la actividad**

La PEG post infarto es útil para poder aconsejar sobre la actividad física ordinaria y la seguridad al realizarla que va a experimentar el paciente al alta del hospital (34). La capacidad funcional obtenida en la ergometría puede proporcionar una estimación de la tolerancia a actividades específicas y guiar la prescripción del ejercicio durante la rehabilitación.

## **CONCLUSIONES**

---

La población actual de pacientes post infarto de miocardio es sensiblemente diferente a la de las series históricas publicadas en la bibliografía.

La baja incidencia de acontecimientos cardíacos reduce de manera significativa el valor predictivo positivo de cualquier test aplicado a esta población. En cambio, se mantiene el valor predictivo negativo (excelente pronóstico en los pacientes con respuesta conservada al esfuerzo). La ergometría está indicada fundamentalmente para la población con infarto de miocardio que no ha sido tratada con trombolíticos o revascularizada. Los pacientes (trombolizados o no) que no pueden realizar una prueba de esfuerzo, por el motivo que sea, tienen

mal pronóstico.

### **PRUEBA DE ESFUERZO POST REVASCULARIZACIÓN**

La prueba de esfuerzo realizada en la fase precoz post revascularización tiene como objetivo determinar el resultado inmediato de la revascularización o como guía para rehabilitar al paciente. Cuando se realiza en una fase tardía (pasados 6 meses de la intervención), está en el contexto de la evaluación de la cardiopatía isquémica crónica subyacente. En general, no existe una indicación absoluta de la práctica de una ergometría a todo paciente asintomático sometido a revascularización. Si el paciente desarrolla clara clínica de angina, en general se procede a la práctica directa de una coronariografía, y si existen dudas sobre la interpretación de los síntomas, las técnicas de imagen ofrecen una mayor ayuda para la toma de decisiones terapéuticas.

- **Prueba de esfuerzo post cirugía de revascularización miocárdica:** En pacientes sintomáticos, la ergometría puede servir para distinguir entre causas cardíacas y no cardíacas de dolor torácico, que generalmente tiene características atípicas post cirugía. Puesto que la exactitud del test de esfuerzo y las decisiones que se deben tomar en este grupo de pacientes no sólo dependen de la presencia o no de isquemia, sino de su localización y extensión, son más útiles las pruebas de esfuerzo con imagen.

En general, la ergometría tiene importantes limitaciones en pacientes sometidos a cirugía de revascularización.

Son frecuentes las anomalías basales del ECG y su interpretación depende más de los síntomas, de la respuesta hemodinámica o de la capacidad de esfuerzo. La incompetencia cronotrópica fue predictor independiente del evento combinado de muerte, infarto de miocardio, accidente cerebro-vascular y necesidad de revascularización y también del evento de oclusión angiográfica, no así de la progresión angiográfica de la placa aterosclerótica (35).

Estas consideraciones, junto con la necesidad de documentar el lugar y la extensión de la isquemia, hacen que sea más útil practicar un test con técnica de imagen, aunque no hay suficientes datos para recomendar esta postura.

- **Prueba de esfuerzo post ATC:** La reestenosis sigue siendo la principal limitación de la angioplastia hoy día. Desgraciadamente, la valoración de los síntomas del paciente son poco fiables para el diagnóstico de reestenosis: algunos pacientes tienen dolor no cardíaco post angioplastia (síntomas falsos positivos) y otros tienen isquemia silente (falso negativo) (36).

Si el objetivo del test de esfuerzo es la identificación de reestenosis y no la probabilidad de que ésta ocurra, los pacientes deberían ser estudiados más tardíamente (entre los 3 y 6 meses) post angioplastia. El valor predictivo para reestenosis varía entre el 37 y el 100% según la serie analizada (37, 38). Pueden ocurrir falsos positivos debidos a una revascularización incompleta o a placas fisuradas no reconocidas angiográficamente, y falsos negativos por la incapacidad de una prueba de esfuerzo para identificar enfermedad de un vaso.

Otra alternativa es usar la prueba de esfuerzo en pacientes seleccionados considerados como de alto riesgo, ya que el beneficio en el pronóstico del control de esta posible isquemia todavía no ha sido demostrado.

Pacientes de alto riesgo podrían ser aquellos con mala función ventricular, enfermedad



de tres vasos, enfermedad proximal de la descendente anterior, muerte súbita recuperada previa, diabetes mellitus, ocupaciones con riesgo a terceros y resultado de angioplastia subóptimo. A pesar de esto, hay que recordar que el test de ejercicio presenta menor sensibilidad para detectar reestenosis (40%), en comparación con la ecocardiografía de estrés o la cámara gamma.

En resumen, la escasa especificidad del test de esfuerzo (comparado con las técnicas de imagen), así como su incapacidad para localizar la isquemia y definir con precisión su magnitud, limita su utilidad en el manejo de pacientes después de una revascularización. A pesar de los numerosos trabajos publicados en esta área, no existen datos suficientes para justificar un régimen particular en este contexto. Debemos considerar que en nuestra realidad cotidiana es muy frecuente la solicitud de ergometría a pacientes revascularizados.

## **RECOMENDACIONES**

---

### **Clase I**

Pacientes con dolor precordial, para diagnosticar enfermedad coronaria con probabilidad pretest intermedia (nivel de evidencia A). Usar Protocolo de Bruce en banda y de Astrand en bicicleta. En ancianos o con baja capacidad funcional, usar Protocolo de Bruce Modificado o Sheffield.

### **Clase II**

Pacientes con dolor precordial, para diagnosticar enfermedad coronaria con probabilidad baja o alta (nivel de evidencia B). Usar Protocolo de Bruce en Banda y de Astrand en bicicleta. En ancianos o con baja capacidad funcional, usar Protocolo de Bruce Modificado o Sheffield y de Astrand o de Storer-Davis en bicicleta.

### **Clase III**

Pacientes con electrocardiograma basal alterado, ej. Marcapaso , BCRI, etc.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

1. Arós F, et al. Guías de práctica clínica en pruebas de esfuerzo Rev Esp Cardiol Vol. 53, Núm. 8, Agosto 2000; 1063-1094.
2. Gibbons RJ, et al. ACC/AHA 2002 Guideline Update for Exercise Testing. Circulation 2002; 106: 1883-92)
3. Pryor DB, Harrell FE Jr, Lee KL, Califf RM. Estimating the likelihood of significant coronary artery disease. Am J Med 1983; 75: 771-780.
4. Marín Huerta E, Rodríguez Padial L, et al. Utilidad de la prueba de esfuerzo para identificar sujetos de alto riesgo. Correlación con la coronariografía. Rev Esp Cardiol 1985; 38: 84-92.
5. Yamada H, Do D, Morise A, Froelicher VF. Multivariable equations to predict CAD. Prog Cardiovasc Dis 1997; 39: 457-481.
6. Gianrossi R, Detrano R, Nulvihill D, Lehmann K, Dubach P, Colombo A et al. Exercise-induced ST depression in the diagnosis of coronary artery disease: a meta-analysis. Circulation 1989; 80: 87-98.
7. Dewey M, Dübel HP, Schink T, et al. Head-to-head comparison of multislice computed tomography

- and exercise electrocardiography for diagnosis of coronary artery disease. *European Heart Journal* (2007) 28: 2485-2490.
8. Lin FY, Saba S, Weinsaft JW, et al. Relation of plaque characteristics defined by CCT angiography to ST-segment depression and impaired functional capacity during exercise treadmill testing in patient suspected of having coronary heart disease. *Am J Cardiol* 2009; 103: 50-58.
  9. Whinnery JE, Froelicher VF, Stewart AJ, Longo MR Jr, Triebwasser JH, Lancaster MC et al. The electrocardiographic response to maximal treadmill exercise in asymptomatic men with left bundle branch block. *Am Heart J* 1977; 94: 316-324.
  10. Whinnery JE, Froelicher VF Jr, Longo MR, Jr, Triebwasser JH. The electrocardiographic response to maximal treadmill exercise in asymptomatic men with right branch bundle block. *Chest* 1977; 71: 335-340.
  11. Detrano R, Gianrossi R, Froelicher V. The diagnostic accuracy of the exercise electrocardiogram: a meta-analysis of 22 years of research. *Prog Cardiovasc Dis* 1989; 32: 173-206.
  12. Herbert WG, Dubach P, Lehmann KG, Froelicher VF. Effect of beta blockade on the interpretation of the exercise ECG: ST level versus delta ST/HR index. *Am Heart J* 1991; 122: 993-1000.
  13. Miranda CP, Liu J, Kadar A, Janosi A, Froning J, Lehmann KG et al. Usefulness of exercise-induced ST segment depression in the inferior leads during exercise testing as a marker for coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1992; 69: 303-307.
  14. Margonato A, Chierchia SI, et al. Specificity and sensitivity of exercise-induced ST segment elevation for detection of residual viability: comparison with fluorodeoxyglucose and positron emission tomography. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 1032-1038.
  15. Miller TD. The exercise treadmill test: Estimating cardiovascular prognosis. *Cleveland Clinic Journal of Medicine* (2008);75(6): 424-430.
  16. Weiner DA, Ryan TJ, McCabe CH, et al. Prognostic importance of a clinical profile and exercise test in medically treated patients with coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1984; 3: 772-779.
  17. Froelicher VF, Perdue S, Pewen W, Risch M. Application of meta-analysis using an electronic spread sheet for exercise testing in patients after myocardial infarction. *Am J Med* 1987; 83: 1045-1054.
  18. Kligfield P, Lauer MS. Exercise electrocardiogram testing: beyond the ST segment. *Circulation* 2006; 114: 2070-2082.
  19. Myers J, Tan SY, Abella J, Aleti V, Froelicher VF. Comparison of the chronotropic response to exercise and heart rate recovery in predicting cardiovascular mortality. *Eur J Cardiovasc Prev Rehab* 2007;14: 215-221.
  20. Cole CR, Blackstone EH, et al. Heart rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med* 1999; 341: 1351-1357.
  21. Dewey FE, Freeman JV, Engel G, et al. Novel predictor of prognosis from exercise stress testing: heart rate variability response to the exercise treadmill test. *Am Heart J* 2007; 153: 281-288.
  22. Lauer MS, Pothier CE, et al. An externally validated model for predicting long-term survival after exercise treadmill testing in patients with suspected coronary artery disease and a normal electrocardiogram. *Ann Intern Med*. 2007; 147: 821-828.
  23. Applegate RJ, Herrington DM, Little WC. Coronary angiography: more than meets the eye. *Circulation* 1994; 87: 1399-1401.

24. Mark DB, Hlatky MA, Harrell FE Jr, Lee KL, Califf RM, Pryor DB. Exercise treadmill score for predicting prognosis in coronary artery disease. *Ann Intern Med* 1987; 106: 793-800.
25. Sadrzadeh Rafie AH, Dewey FE, et al. Age and double products (systolic blood pressure x Heart rate) reserve-adjusted modification of the Duke Treadmill Score Normogram in men. *Am J Cardiol* 2008;102:1407-1412.
26. Anderson JL, et al. ACC/AHA 2007 Guidelines for the Management of Patients With Unstable Angina/Non-ST-Elevation Myocardial Infarction. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: e1-157.
27. Antman et al. Management of Patients With STEMI: Executive Summary *J Am Coll Cardiol* 2004; 44: 671-719
28. Jain A, Myers GH, Sapin PM, O'Rourke RA. Comparison of symptom-limited and low level exercise tolerance tests early after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 1816-1820.
29. Vilella A, Maggioni AP, Vilella M, et al. Prognostic significance of maximal exercise testing after myocardial infarction treated with thrombolytic agents: the GISSI-2 database. Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza Nell'Infarto. *Lancet* 1995; 346: 523-529.
30. Ronnevik PK, Von der Lippe G. Prognostic importance of predischage exercise capacity for long-term mortality and non-fatal myocardial infarction in patients admitted for suspected acute myocardial infarction and treated with metoprolol. *Eur Heart J* 1992; 13: 1468-1472.
31. Topol EJ, Burek K, O'Neill WW, Kewman DG, Kander NH, Shea MJ et al. A randomized controlled trial of hospital discharge three days after myocardial infarction in the era of reperfusion. *N Engl J Med* 1988; 318: 1083-1988.
32. Shaw LJ, Peterson ED, Kesler K, Hasselblad V, Califf RM. A meta-analysis of predischage risk stratification after acute myocardial infarction with stress electrocardiographic, myocardial perfusion, and ventricular function imaging. *Am J Cardiol* 1996; 78: 1327-1337.
33. Madsen JK, Grande P, et al. Danish multicenter randomized study of invasive versus conservative treatment in patients with inducible ischemia after thrombolysis in acute myocardial infarction (DANAMI). *Circulation* 1997; 96: 748-755.
34. Marín Huerta E, Valle Tudela V, Abeytúa Jiménez M, y col. Estratificación pronóstica después del infarto de miocardio: prevención secundaria y rehabilitación. *Rev Esp Cardiol* 1994; 47 (Supl 1): 49-61.
35. Girotra S, Keelan M, et al. Relation of heart rate response to exercise with prognosis and atherosclerotic progression after coronary artery bypass grafting. *An J Cardiol* 2009; (Article in press).
36. Sanz E, Domingo E, Moreno V, Ángel J, Anivarro I, Alio J et al. Evolución clínica y angiográfica después de la angioplastia coronaria. Análisis de los factores predictivos de re-estenosis. *Rev Esp Cardiol* 1992; 45: 568-577.
37. Roth A, Millwer HI, Keren G, Soffer B, Kerbel S, Sheps D et al. Detection of restenosis following PTCA in single vessel coronary disease: the value of clinical assessment and exercise tolerance testing. *Cardiology* 1994; 84: 106-113.
38. El-Tamini H, Davies GJ, Hackett D, Fragasso G, Crea F, Maseri A. Very early prediction of restenosis after successful angioplasty: anatomic and functional assessment. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 259-264.

## 1.B. PROTOCOLOS EN INSUFICIENCIA CARDÍACA

En el año 2000, el Consenso de Insuficiencia Cardíaca publicado por la SAC, establecía los procedimientos diagnósticos en la IC pudiendo esquematizarlos en siete pasos.

Ellos son:

1. Establecimiento del diagnóstico de IC
2. Determinación etiológica
3. Causas desencadenantes o agravantes
4. Estudio de la alteración de la función ventricular
5. Evaluación de la alteración funcional
6. Evaluación de la respuesta terapéutica
7. Criterios evolutivos y pronósticos

Varios años después, la prueba ergométrica graduada (PEG) continúa siendo una herramienta útil para la mayoría de estos objetivos.

La insuficiencia cardíaca (IC) es hoy en día, un grave problema de salud pública tanto a nivel mundial como nacional.

El incremento en la edad de la población, la mejora en la supervivencia de quienes han sufrido un evento coronario agudo y la gran variedad y eficiencia de los distintos recursos terapéuticos, han generado un enorme incremento en el número de pacientes que sobreviven a este complicado síndrome, aumentando consecuentemente las demandas en materia de pruebas diagnósticas, evaluativas y pronósticas.

En la evaluación inicial de un paciente con IC se considera razonable la realización de una PEG máxima con o sin evaluación del intercambio gaseoso y/o saturación de oxígeno para determinar si la limitación de la capacidad funcional es debida a falla cardíaca u otra razón. Un test cardiopulmonar máximo (CPX), es recomendable también para evaluar y estratificar el riesgo, sobre todo en aquellos que pudieran estar necesitando ser sometidos a un trasplante cardíaco, si bien las pautas establecidas relacionadas con el consumo de oxígeno máximo o el pulso de oxígeno en estos pacientes fueron realizados antes de los recientes avances en el conocimiento de los efectos deletéreos de la estimulación neurohormonal y su tratamiento por medio de nuevos agentes beta bloqueantes, se sigue recomendando este tipo de evaluación para establecer el riesgo y considerar, junto con otros parámetros, la conducta a seguir con estos pacientes.

La PEG convencional de 12 canales, principalmente está indicada cuando es necesario descartar el origen isquémico de la IC y para evaluar la capacidad funcional, respuesta al tratamiento y evolución.

La pobre capacidad funcional de los pacientes portadores de IC, es una de las características principales de severidad de la misma, sin embargo se ha visto que existe una gran discordancia entre los síntomas de los pacientes y la medida de su capacidad funcional real, y si ésta es medida con un test de esfuerzo convencional tiende a subestimarla.

### **EL TEST DE ESFUERZO CON MEDICIÓN DIRECTA DEL CONSUMO DE OXÍGENO**

El Test de Esfuerzo con medición directa del consumo de oxígeno, llamado también Test Cardiopulmonar, puede sortear esta limitación y aportar un importante número de datos, preci-

sos y reproducibles que son importantes para el diagnóstico diferencial, la evaluación de la capacidad funcional real, la estratificación pronóstica y los efectos del tratamiento aplicado en pacientes con IC.

Si bien la creencia general es que el CPX es un procedimiento complejo y engorroso, hoy en día los avances tecnológicos han hecho a este estudio accesible, preciso y simple.

Una técnica apropiada nos permite obtener un número importante de datos que pueden ser recolectados en un corto período, respiración por respiración, y de ese modo evaluar las respuestas fisiológicas del organismo ante el esfuerzo físico.

Los determinantes de la tolerancia al ejercicio físico en la IC, son múltiples y variados, la modificación patológica de ellos, en forma aislada y/o en conjunto, pueden condicionar los resultados de la CPX.

Se los clasifica en:

- a. Hemodinámicos centrales
- b. Neurohormonales
- c. Periféricos
- d. De la Función Pulmonar

■ **Hemodinámicos centrales:**

1. Respuesta al ejercicio de la FC
2. Respuesta al ejercicio del volumen sistólico
3. Fracción de eyección del ventrículo derecho y/o izquierdo

■ **Neurohormonales:**

1. Respuesta simpática durante el ejercicio
2. Sensibilización beta-adrenérgica
3. Balance entre la vasoconstricción y el sistema antinatriurético vs. vasodilatación y sistema natriurético

■ **Periféricos:**

1. Perfusión del músculo esquelético y capacidad vasodilatadora
  - a. Resistencia vascular muscular
  - b. Función endotelial
  - c. Citoquinas, factores de crecimiento local y remodelado vascular
2. Masa muscular esquelética
3. Función del músculo esquelético

■ **Función pulmonar:**

1. Tipo de respiración
2. Reactividad bronquial
3. Difusión gaseosa
4. Radio ventilación/perfusión
5. Respuesta ventilatoria

Para comprender correctamente los resultados del CPX en la IC, es necesario definir ciertos términos:

**Consumo de oxígeno ( $VO_2$ ):** Es la cantidad de oxígeno utilizado durante la respiración, ya sea en reposo o esfuerzo, el  $VO_2$  es la resultante del gasto cardíaco y la diferencia arteriovenosa de oxígeno. ( $VO_2 = GC \times Dif. A-V \text{ de } O_2$ ) Se puede medir en volumen minuto o en flujo como ml/min o bien normalizado por peso corporal en ml  $\times$  kg.  $\times$  minuto.

**Consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  Máximo):** Conocido también como capacidad aeróbica máxima, se produce cuando se llega a una meseta en el incremento del  $VO_2$  a pesar de un aumento en el nivel de esfuerzo.

Se relaciona con el gasto cardíaco máximo y se encuentra influenciado por la edad, sexo, condición física, peso y genética.

**Consumo pico de oxígeno ( $VO_2$  pico):** Es la  $VO_2$  más alta posible en un paciente con IC, ya que habitualmente estos no alcanzan la  $VO_2$  máx. por la aparición de síntomas de fatiga o disnea, no debe considerarse como  $VO_2$  pico cuando la CPX es detenida por angor, isquemia, hipotensión al esfuerzo, o arritmia.

**Umbral ventilatorio (UV):** El umbral ventilatorio conocido en el pasado como umbral anaeróbico (AT) es el punto en donde el metabolismo anaeróbico supera el metabolismo aeróbico y ocurre un incremento del lactato en plasma. El UV es independiente de la motivación del paciente, en los casos de severa IC su determinación se hace dificultosa y un valor normal de UV con un bajo  $VO_2$  pico ocurre cuando el nivel de esfuerzo ha sido submáximo.

**El UV:** ocurre al 50 ó 60% del  $VO_2$  máx. en los individuos sedentarios, recién al 90% en los entrenados y habitualmente por debajo del 50% del  $VO_2$  pico en los portadores de IC.

**$VCO_2$ :** El dióxido de carbono, es medido en el gas expirado, se expresa en ml/min. y aumenta en forma paralela al  $VO_2$  hasta el UV, luego lo hace en forma escalonada.

**Pulso de  $O_2$ :** Representa al  $VO_2$  dividido por la frecuencia cardíaca y refleja la capacidad del corazón de proveer  $O_2$  a los tejidos en cada latido. Nos expresa de alguna manera la función sistólica del VI a lo largo de un esfuerzo progresivo.

En ocasiones puede observarse que en el post esfuerzo inmediato se produce un aumento transitorio de sus valores; esto expresaría una mejoría transitoria de la función sistólica debido a una disminución brusca de la post carga al cesar el esfuerzo muscular, su aparición sugiere una mala función ventricular.

**Tasa de Intercambio Respiratorio (RER):** Se considera a la relación  $VCO_2/VO_2$  y es utilizado para evaluar el nivel del esfuerzo alcanzado.

**Ventilación minuto (VE):** Es la medida de la respuesta ventilatoria al ejercicio y se mide en litros por minuto.

**Equivalente ventilatorio para el  $VCO_2$  ( $VE/VCO_2$ ):** Mide la relación ventilación/perfusión y permite estimar el espacio muerto pulmonar.

El instante en que comienza a elevarse corresponde al comienzo de la compensación respiratoria de la acidosis metabólica.

Algunos estudios atribuyen a este valor una mayor importancia pronóstica incluso que el  $VO_2$  máximo, pero aún no existen suficientes estudios que permitan sostener esta afirmación.

La capacidad funcional de los pacientes portadores de IC, se estratifica utilizando la Clasificación de Weber's en cuatro clases, según la  $VO_2$  Pico y el UV.

CLASE	VO <sub>2</sub> PICO	UV	CAPACIDAD FUNCIONAL
A	>20 ml/min/kg	>14	Leve/ausente
B	16-20	11-14	Leve/moderada
C	10-15	8-11	Moderada/severa
D	<10	<8	Severa

### Protocolos recomendados para el CPX

El CPX puede realizarse tanto en cicloergómetro como en treadmill, este último tiene la ventaja que se asemeja más con las actividades de la vida diaria, por otra parte permite alcanzar una carga de trabajo 10 a 15% mayor que el test en cicloergómetro, el motivo de detención en pacientes con IC en este método es generalmente la disnea; tiene como desventaja los problemas propios del movimiento, tanto en el registro electrocardiográfico como en los parámetros gaseosos. El test en cicloergómetro permite una mejor calidad de estos registros.

El protocolo recomendado para pacientes portadores de IC es aquel que aumenta en forma continua la carga de trabajo hasta alcanzar la carga máxima, esto es factible tanto en cicloergómetros como en treadmill con asistencia por computadora, esto permite determinar las más importantes variables metabólicas y cardiorrespiratorias como la VE, VO<sub>2</sub> y VCO<sub>2</sub>.

Si no se dispone de la aparatología para generar una carga de incremento continuo en rampa, se puede en cicloergómetro generar pequeños aumentos de 5 a 25 w/minuto, hasta que el paciente no pueda mantener la carga.

Para estos pacientes que habitualmente presentan una baja capacidad funcional, es conveniente utilizar un protocolo que aumente la carga con pequeños incrementos; para el CPX en treadmill el protocolo de Naughton clásico o el modificado con una carga de incremento lento (1 ó 2 mets y una pendiente de 3,5% por etapa) del trabajo, mientras que en cicloergómetro se recomienda un protocolo que incremente la carga en 10 watts por minuto o bien un incremento progresivo en rampa. La duración de la prueba suele ser de 8 a 12 minutos.

### Valor pronóstico de la CPX

Una de las utilidades más aceptadas de la CPX es su capacidad de establecer un pronóstico, estableciendo puntos de corte para decidir la conducta futura para indicar al paciente.

No existen dudas que un VO<sub>2</sub> Pico >14 ml/kg/min se asocia con una buena tasa de supervivencia a un año (94% en algunos estudios) similar a la tasa de supervivencia de pacientes sometidos a trasplante cardíaco con un VO<sub>2</sub> pico >14 ml/kg/min.

Aquellos pacientes con un VO<sub>2</sub> pico ≤14 ml/kg/min que por alguna razón no pudieron ser trasplantados, tienen una mortalidad al año mayor que su contraparte trasplantados con un VO<sub>2</sub> pico <14 ml/kg/min., pero esta mortalidad no es lineal, siendo mucho mayor a partir de un VO<sub>2</sub> pico ≤10 ml/kg/min.

Se establece así, un nuevo grupo de pacientes, quienes están entre un VO<sub>2</sub> pico de 10 a 14 ml/kg/min que presentan un leve aumento de su mortalidad en relación a los que presentan un VO<sub>2</sub> pico >14 ml/kg/min.

Esta zona gris de la evaluación pronóstica de la CPX se complica aun más actualmente, por el uso de nuevos agentes terapéuticos, como los beta bloqueantes, que han demostrado disminuir la mortalidad sin modificar la  $\text{VO}_2$  pico.

También se puede encontrar utilidad pronóstica, utilizando el porcentaje previsto del  $\text{VO}_2$  pico, así, quienes alcancen en una CPX máxima un  $\text{VO}_2$  pico  $\leq$  al 50% del previsto tienen una supervivencia significativamente menor (74 vs 98%) al año que quienes alcanzan un  $\text{VO}_2$  pico  $\geq$  al 50%. Esto también se refleja a los dos años con una tasa de supervivencia aun menor (43% vs 90%). El valor pronóstico de la CPX se puede incrementar midiendo otras variables y su respuesta fisiológica al ejercicio físico.

En pacientes portadores de IC con un  $\text{VO}_2$  pico  $\leq 14$  ml/kg/min que son incapaces de alcanzar una presión arterial sistólica al máximo esfuerzo de 120 mmHg tienen una mortalidad mayor que aquellos que logran llegar y sobrepasar dicho valor (55 vs 83% a tres años).

Desde hace años se intenta evaluar la capacidad de bomba del corazón, en base a la eficiencia contráctil, evidenciada por la presión generada en las grandes arterias y la perfusión adecuada a nivel tisular.

Es así que se comenzó a medir la eficiencia cardíaca, al inicio en forma invasiva, a través de ecocardiografía e infusión de inotrópicos, de lo que surgió un nuevo índice denominado “poder cardíaco” ( $\text{PC}_{\text{máx}}$ ), resultante del producto del índice cardíaco por la tensión arterial sistólica. Este nuevo índice resultó ser un potente predictor de eventos tanto para el caso de la insuficiencia cardíaca crónica como para la aguda.

El mismo concepto se aplicó en la determinación de la eficiencia de bomba durante el ejercicio, en la que el  $\text{VO}_2$  (obtenido a través de la CPX), como uno de los parámetros por evaluar, se utiliza como dato único o en relación con la frecuencia cardíaca (pulso de oxígeno) multiplicado por la tensión arterial sistólica, que da por resultado el poder cardíaco máximo

La estimación del poder cardíaco máximo a través de la CPX, con empleo de la presión arterial media en lugar de la tensión arterial sistólica, nos permite obtener un nuevo índice, no invasivo y con mayor asociación con la eficiencia circulatoria que los descriptos previamente. Además, de la diferencia del poder cardíaco obtenido previo al esfuerzo y el determinado en el pico de ejercicio surge la siguiente variable: la “reserva cardíaca” (RC), parámetro que nos permite valorar la eficacia contráctil del corazón en relación con el esfuerzo realizado. En la IC se han evaluado diferentes marcadores relacionados con la activación neurohormonal, con las alteraciones de la microestructura cardíaca, con la capacidad de esfuerzo y la función ventricular, pero poco se ha investigado sobre la respuesta contráctil del corazón, aplicada en la capacidad de ejercicio del paciente, un parámetro directamente relacionado con la calidad de vida. El poder cardíaco (PC) es la fuerza por la cual el corazón genera energía hidráulica dentro del sistema arterial para mantener la circulación sanguínea y conceptualmente es el producto del volumen de sangre eyectado y la presión aórtica.

El mayor PC producido por el corazón representa la máxima capacidad contráctil y la diferencia de ese  $\text{PC}_{\text{máx}}$  con los valores obtenidos previos al ejercicio representarían la función contráctil de su reserva, la cual sólo se modificaría por alteraciones intrínsecas de los miocitos (IAM, posrevascularización, etc.) o bien por la edad, con caída del  $\text{PC}_{\text{máx}}$ , situación que podría ser compensada parcialmente con el ejercicio (efecto sobre el  $\text{VO}_2$  por mejora del componente muscular periférico con cambios en el tipo de fibras musculares predominando las fibras lentas con una mayor capacidad oxidativa).



Como se comentó anteriormente, los primeros estudios que demostraron el valor predictivo del  $PC_{m\acute{a}x}$  se realizaron en forma invasiva, con monitorización hemodinámica y estrés farmacológico. Se ha demostrado que en pacientes en estado crítico, internados en UTI, a quienes se les pudo incrementar el  $PC_{m\acute{a}x}$  por medio de la infusión de dobutamina y líquidos presentaron una evolución más favorable.

Posteriormente se utilizó el concepto de  $PC_{m\acute{a}x}$  en las pruebas de ejercicio y se demostró (con monitorización invasiva), que quienes tenían una  $PC_{m\acute{a}x}$  menor de 2 watts, tenían una mayor mortalidad.

También fue calculado una aproximación al  $PC_{m\acute{a}x}$  a través del producto de la tensión arterial sistólica y el  $VO_{2\ m\acute{a}x}$ , que se denominó “poder circulatorio” al primero y “poder cardíaco en ejercicio” al segundo, y se observó que en el  $PC_{m\acute{a}x}$  persistía como única variable pronóstica (aun frente a parámetros clásicos como el  $VO_2$ ).

Estos mismos conceptos fueron probados por varios autores, como un índice de eficiencia cardiovascular durante el ejercicio.

La utilización de la tensión arterial media podría constituir un índice con mayor validez para reflejar el concepto de la tensión generada en el árbol arterial por el flujo de sangre eyectado por el corazón a lo largo del tiempo, evitando el efecto del endurecimiento de las arterias por la edad y su consecuente incremento de la tensión arterial sistólica.

El utilizar un parámetro como el pulso de  $O_2$ , que en condiciones normales (sin anemia o hipoxemia severa) tiene una relación directa con el volumen sistólico, nos permitiría una aproximación más fisiológica al concepto inicial del  $PC_{m\acute{a}x}$  (IC por TAM).

Quizás el concepto más novedoso, como ya mencionamos, sea el valor incremental demostrado en la asociación del  $VO_{2\ m\acute{a}x}$  con el “poder cardíaco”. Si bien existe cierta dependencia matemática en la determinación del poder cardíaco con respecto al  $VO_2$ , resulta muy interesante el hecho de que la alteración de estos dos parámetros amplifique la capacidad pronóstica que cada uno tiene por sí solo, lo cual permite jerarquizar una subpoblación de mayor riesgo a través de un mismo estudio.

Otro de los índices evaluados, la “reserva cardíaca”, tuvo significación similar al  $VO_{2\ m\acute{a}x}$  y el  $PC_{m\acute{a}x}$  como predictor independiente. Este hallazgo es interesante desde lo fisiopatológico dado que, de un modo indirecto, nos permitiría valorar la eficiencia cardiovascular durante el ejercicio; en ausencia de un  $PC_b$  anormalmente elevado (por ejemplo: en la hipertensión arterial basal severa), entonces la caída de la RC implicaría probablemente una capacidad contráctil ineficiente del miocardio.

Todos estos nuevos índices obtenidos de la CPX clásica incrementarían su valor como herramienta útil en la estratificación de riesgo de los pacientes con IC.

### **Limitaciones del CPX**

El valor pronóstico de la CPX tiene varias limitaciones, la mayoría de los datos existentes que correlacionan el  $VO_2$  pico de la evolución del paciente con IC fueron realizados antes del uso universal de nuevos recursos terapéuticos (como por ejemplo los beta bloqueantes), sobre todo en aquellos pacientes que se encuentren dentro de esa zona gris de un  $VO_2$  pico entre 10 a 14 ml/kg/min tomando estas drogas.

El valor predictivo del  $VO_2$  pico, solo es preciso cuando la limitación al ejercicio ha sido debida a la IC y no cuando la prueba ha sido detenida por otra causa como por ejemplo severo des-

acondicionamiento muscular, enfermedad arterial periférica, angina de pecho o incluso pobre motivación del paciente, situaciones por demás comunes en estos enfermos.

Para una evaluación precisa, se requiere que el paciente alcance el UV indicando que el esfuerzo realizado ha sido suficiente para superar la capacidad aeróbica del sistema.

Debe ser también tenido en cuenta siempre el uso de medicamentos, el sexo, edad y peso corporal.

El entrenamiento de los operadores, la amplia información previa a la realización del estudio brindada al paciente y el uso de una apropiada técnica, son imprescindibles para lograr la máxima precisión y reproducibilidad del método.

### **Contraindicaciones del CPX en pacientes con IC**

#### ■ **Absolutas**

1. IAM reciente
2. Angina inestable
3. Arritmias ventriculares severas no controladas
4. Hipotensión sintomática
5. Trombo intracavitario móvil
6. BCRI en pacientes sin CCG normal

#### ■ **Relativas**

1. Hipertensión pulmonar severa
2. Estenosis aórtica
3. Cardiomiopatía hipertrófica

## ***RECOMENDACIONES***

---

### **Clase I**

- a. Evaluación funcional para el ingreso a un plan de rehabilitación cardiovascular (Nivel de evidencia C)
- b. Evaluación de pacientes para ser puestos en lista para trasplante (Nivel de evidencia C)

### **Clase II**

- a. Evaluación objetiva de la CF para clasificar los pacientes de mayor riesgo (Nivel de evidencia B)
- b. Evaluación del pronóstico (Nivel de evidencia B)
- c. Reevaluación de pacientes en lista de espera de trasplante (Nivel de evidencia B)
- d. Evaluación de la CF en pacientes con IC cuando la limitación de la misma es de origen dudoso (Nivel de evidencia C)

## **CONCLUSIÓN**

---

La CPX tiene un importante rol en la evaluación del paciente con IC, evalúa objetivamente el grado de deterioro funcional, la respuesta fisiológica ante el ejercicio, la acción de los diferentes recursos terapéuticos, y juntamente con otros métodos el pronóstico, colaborando con los médicos en la elección de la mejor conducta terapéutica.

### **PRUEBA ERGOMÉTRICA GRADUADA (PEG) DE 12 DERIVACIONES EN LA INSUFICIENCIA CARDÍACA**

Si bien la capacidad de realizar ejercicio físico, como se informara anteriormente, no tiene buena correlación con los índices de función ventricular en reposo, la poca capacidad para practicar una actividad aeróbica ha sido señalada como un buen indicador pronóstico en la evaluación de la IC.

Para objetivar este fenómeno se recomienda evaluar el intercambio de gases con el esfuerzo, observándose que los pacientes con un  $\text{VO}_2$  pico inferior a 14 ml/kg/minuto o al 50% del predicho tienen una supervivencia al año significativamente menor.

De todas maneras, la PEG de 12 derivaciones puede ser empleada como primer escalón en gran parte de la población con IC y aceptable capacidad funcional.

Debe recordarse que no es diagnóstica de IC y sólo aporta datos complementarios al diagnóstico ya establecido por otros medios.

Su utilización en medios en donde no se dispone una CPX puede, considerando sus limitaciones, contribuir en la evaluación y manejo de la IC.

El valor de esta técnica la debemos encuadrar entonces, conociendo sus limitaciones, en dos objetivos generales:

### **VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD FUNCIONAL**

Si bien, como se aclaró anteriormente, el estudio de elección para este fin es el Test Cardio-pulmonar de Esfuerzo con valoración del Consumo de  $\text{O}_2$  (CPX), empleando una metodología adecuada, la PEG de 12 derivaciones también aporta datos de importancia, tanto para una estadificación inicial en los casos menos graves como en el seguimiento y valoración de la respuesta terapéutica empleada, sobre todo en aquellos pacientes que presentan una condición clínica más estable.

Es condición fundamental que el paciente esté familiarizado con el cicloergómetro o la cinta deslizante, puesto que de lo contrario la capacidad funcional puede verse subvalorada por falta de eficiencia biomecánica al realizar el ejercicio (además de la falla cardiocirculatoria). Los protocolos recomendados son aquellos que tienen elevaciones de la carga de aproximadamente 1 MET por etapa, y preferentemente con una duración de no más de 2 minutos por cada una de ellas.

Esta forma nos permite discriminar mejor la capacidad funcional del paciente.

Si además de valorar la capacidad funcional máxima tomamos en cuenta el “tiempo libre de disnea” (el paciente nos debe indicar el momento en el cual ya comienza a notar cierta dificultad para respirar, aunque aún pueda continuar haciendo esfuerzo incluso con mayor carga), agregamos un parámetro de vital importancia para el seguimiento, este coincide aproximadamente con la zona del umbral ventilatorio.

Esto último tiene mayor relevancia para objetivar la mejora sintomatológica que ocurre habitualmente en pacientes portadores de IC que se encuentran bajo un programa de rehabilitación cardiovascular.

En pacientes bajo tratamiento y buena capacidad funcional, el protocolo de Bruce nos aporta datos suficientes para objetivar la evolución y revalorar datos aplicables al plan de RHCV para poder optimizar la dosificación de las cargas del ejercicio físico aplicado.

En aquellos que presentan una baja capacidad funcional es útil el protocolo de Naughton.

Si se trata de pacientes con capacidad funcional I ó I-II, se sugiere emplear el protocolo de Bruce modificado, ya que si bien comienza con una velocidad mayor (1,7 mph contra 1 mph), la misma se mantiene igual durante las tres primeras etapas mientras aumenta la pendiente. Si usamos cicloergómetro (menos recomendado), la primera etapa debe realizarse sin carga, y aplicar aumentos posteriores no superiores a 25 Watts por etapa.

Con cicloergómetro generalmente el factor limitante es el cansancio de miembros inferiores.

### **DIAGNÓSTICO DE CARDIOPATÍA ISQUÉMICA**

En la población general, la especificidad de la PEG para el diagnóstico de coronariopatía significativa es de aproximadamente 84% cuando se considera un infradesnivel de 1mm con pendiente patológica como criterio de positividad, mientras que la sensibilidad es de aproximadamente 66%.

Pero en los pacientes con insuficiencia cardíaca la especificidad se ve alterada por diversos factores que pueden influir en la morfología del registro electrocardiográfico, tanto en reposo como en esfuerzo; drogas tales como la digoxina, la amiodarona, y los diuréticos, frecuentemente usados en este cuadro clínico, pueden alterar el trazado electrocardiográfico, como también sucede con los bloqueos de rama, las hipertrofias ventriculares, o la miocardiopatía de base por sí misma.

Además, el bajo nivel de condición física característico en estos sujetos, independientemente de la limitación producida por la disnea, puede impedir llegar a desarrollar un esfuerzo suficiente como para desencadenar las manifestaciones electrocardiográficas típicas de isquemia, afectando la sensibilidad del método.

Por todo lo anterior, se sugiere cuando se intenta descubrir un origen isquémico de la IC, realizar el estudio de esfuerzo con el agregado de imágenes, perfusión miocárdica y/o eco stress.

### **RECOMENDACIONES**

Indicaciones de la PEG en la IC según clase y nivel de evidencia:

#### **Clase II Nivel de Evidencia B**

- a. Diagnóstico de cardiopatía isquémica

#### **Clase II Nivel de Evidencia C**

- a. Valoración de la capacidad funcional

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. Wilson JR., et al. Relationship between exertional symptoms and functional capacity in patients with heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 1999; 33: 1943-7.
2. Weber KT, et al. Cardiopulmonary exercise testing for evaluation of chronic heart failure. *Am J Cardiol* 1985; 55: 22A-31A.
3. Hunt SA, Abraham WT, Chin MH, Feldman AM, Francis GS, Ganiats TG, Jessup M, Konstam MA, Mancini DM, Michel K, Oates JA, Rahko PS, Silver MA, Stevenson LW, Yancy CW, Antman EM, Smith SC Jr, Adams CD, Anderson JL, Faxon DP, Fuster V, Halperin JL, Hiratzka LF, Jacobs AK, Nishimura R, Ornato JP, Page RL, Riegel B. ACC/AHA 2005 guideline update for the diagnosis and management of chronic heart failure in the adult: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Update the 2001 Guidelines for the Evaluation and Management of Heart Failure): developed in collaboration with the American College of Chest Physicians and the International Society for Heart and Lung Transplantation: endorsed by the Heart Rhythm Society. *Circulation.* 2005; 112: e154-e235.
4. Cohen-Solal A, Zannad F, Kayanakis JG, Gueret P, Aupetit JF, Kolsky H. Multicentre study of the determination of peak oxygen uptake and ventilatory threshold during bicycle exercise in chronic heart failure: comparison of graphical methods, interobserver variability and influence of the exercise protocol: the VO<sub>2</sub> French Study Group. *Eur Heart J.* 1991; 12: 1055-63.
5. Pina IL, Karalis DG. Comparison of four exercise protocols using anaerobic threshold measurement of functional capacity in congestive heart failure. *Am J Cardiol.* 1990; 65: 1269-71.
6. Arena R, Myers J, Aslam SS, Varughese EB, Peberdy MA. Peak VO<sub>2</sub> and VE/VCO<sub>2</sub> slope in patients with heart failure: a prognostic comparison. *Am Heart J.* 2004; 147: 354-60.
7. Myers J, Gullestad L, Vagelos R, Do D, Bellin D, Ross H, et al. Clinical, hemodynamic, and cardiopulmonary exercise test determinants of outcome in patients referred for evaluation of heart failure. *Ann Intern Med* 1998; 129: 28-93.
8. Cotter G, Williams SG, Vered Z, Tan LBun. Role of cardiac power in heart failure Current Opinion in Cardiology: May 2003 - Volume 18 - Issue 3 - pp 215-22
9. Aaronson KD, Mancini DM, et al. Is percentage of predicted maximal exercise oxygen consumption a better predictor of survival than peak exercise oxygen consumption for patients with severe heart failure? *The Journal of heart and lung transplantation* 1995, vol. 14, n°5, pp. 981-9 (40 ref.)
10. Gabrielli OA. Impacto del tratamiento beta bloqueante en la selección de pacientes para trasplante cardíaco. *Insuficiencia Cardíaca* Vol. 1, N° 4, 2006
11. Ross Arena, Jonathan Myers, Mark A. Williams, Martha Gulati, Paul Kliffeld, Gary, J. Balady, Eileen Collins and Gerald Fletcher. Assessment of Functional Capacity in Clinical and Research Settings: A Scientific Statement From the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing (*Circulation.* 2007; 116: 329-43.)
12. Nicolás Manito, Josep Roca y Edgardo Kaplinsky. Trasplante cardíaco: nuevos retos para el siglo XXI. *Rev Esp Cardiol* 2004;57(8):715-9
13. Mancini MD, Eisen H, Kussmaul W, Mull R, Edmunds LH Jr., Wilson JR. Value of peak exercise oxygen consumption for optimal timing of cardiac transplantation in ambulatory patients with heart failure. *Circulation* 1991;83: 778-86.

14. James O. O'Neill, MB, MRCPI; James B. Young, MD; Claire E. Pothier, MA, MPH; Michael S. Lauer, MD. Peak Oxygen Consumption as a Predictor of Death in Patients With Heart Failure Receiving  $\beta$ -Blockers (Circulation. 2005; 111: 2313-18.
15. Ugo Corrà, Alessandro Mezzani, Andrea Giordano, Enzo Bosimini and Pantaleo Giannuzzi. Exercise haemodynamic variables rather than ventilatory efficiency indexes contribute to risk assessment in chronic heart failure patients treated with carvedilol European Heart Journal, doi:10.1093/eurheartj/ehp138
16. James O. O'Neill, MB, MRCPI; James B. Young, MD; Claire E. Pothier, MA, MPH; Michael S. Lauer, MD. Peak Oxygen Consumption as a Predictor of Death in Patients With Heart Failure Receiving  $\beta$ -Blockers (Circulation. 2005;111:2313-18.)
17. Arena R, Myers J, Abella J, Peberdy MA, Bensimhon D, Chase P, Guazzi. Development of a ventilatory classification system in patients with heart failure. Circulation. 2007;115:2410-17.
18. Marco Guazzi, MD, PHD, FACC, Rosa Raimondo, MD, Marco Vicenzi, MD, Ross Arena, PHD, Chiara Proserpio, MD, Simona Sarzi Braga, MD, Roberto Pedretti, MD. Exercise Oscillatory Ventilation May Predict Sudden Cardiac Death in Heart Failure Patients. (J Am Coll Cardiol 2007;50: 299-308)

## 1. C. PROTOCOLOS EN ENFERMEDAD VALVULAR

### CONCEPTOS FISIOPATOLÓGICOS

La actividad física se acompaña de cambios funcionales adaptativos. El ejercicio dinámico ocasiona un aumento marcado del consumo de oxígeno, del gasto cardíaco, frecuencia cardíaca, volumen de eyección, presión arterial sistólica, con descenso de la presión diastólica. En cambio, el ejercicio estático ocasiona un aumento ligero del consumo de oxígeno, gasto cardíaco y frecuencia cardíaca, sin cambios del volumen de eyección, pero causa un incremento en la presión arterial sistólica, diastólica y media. Resumiendo, el ejercicio dinámico provoca una sobrecarga de volumen, mientras el estático una sobrecarga de presión. Por cada litro de aumento del gasto cardíaco, la tensión arterial sistólica aumenta de 3 a 7 mmHg, la presión en la arteria pulmonar de 1 a 3 mmHg y la presión de fin de diástole del ventrículo izquierdo hasta 8 mmHg.

En los pacientes valvulares, de acuerdo a su comportamiento, estenosis o insuficiencia, de acuerdo a su severidad, leve, moderada o severa, estos ajustes fisiológicos centrales van a estar limitados, acompañándose por cambios en los gradientes transvalvulares, que modificarán las presiones centrales, no pudiendo compensar las demandas periféricas, generando los síntomas correspondientes.

Debido a estos cambios, los pacientes valvulares tardan más en llegar al estado estable.

### Claves para realizar una ergometría en pacientes valvulares

1. Los protocolos empleados deben realizarse en forma *lenta y progresiva*
2. Vigilar el desarrollo de síntomas
3. Monitoreo continuo de la frecuencia cardíaca, evaluando la respuesta cronotrópica y del segmento ST
4. Controlar la respuesta de la presión arterial cada minuto.
5. Continuar los controles estrictos en la recuperación hasta el 6to minuto o hasta que se nivele el segmento ST.

### Las indicaciones del test ergométrico tienen como finalidad

1. Poner en evidencia alteraciones valvulares subclínicas, pero de comportamiento hemodinámico significativo ante situaciones de ejercicio físico
2. Reproducir y objetivar síntomas típicos o atípicos, en individuos con discrepancia entre el área valvular y la capacidad funcional referida por los mismos
3. Aplicar el resultado de la prueba en la toma de decisiones en el paciente valvular.

### Protocolos más empleados

En pacientes con buena capacidad funcional, asintomáticos y con valvulopatías caracterizadas por ecocardiografía como leves, se puede emplear cualquier protocolo.

En aquellos con buena capacidad funcional + valvulopatía severa por eco, síntomas atípicos, capacidad funcional de difícil evaluación y valvulopatías moderadas a severas, deben ser sometidos a pruebas lentas y progresivas como:

Ellestad modificado, Bruce modificado, Naughton modificado, en cicloergómetro con protocolos de 5 min de duración entre carga y carga, o protocolos tipo rampeados con puesta en calor de 3 min y luego incrementos minutados de 60 kgm.

### **Cuándo detener la prueba**

1. Aparición de síntomas
2. Respuesta anormal de la tensión arterial, ya sea falta de ascenso o caída
3. Cambios en el segmento ST mayores a 1mm
4. Respuesta cronotrópica exagerada o la presencia de arritmias, supraventriculares o ventriculares como duplas frecuentes, tripletas o taquicardia o fibrilación ventricular
5. Al detener la prueba, continuar a muy baja carga pedaleando o caminando por lo menos durante 2 minutos. Salvo urgencia extrema, el detener la prueba en forma súbita puede tener efectos deletéreos.

## **RECOMENDACIONES**

---

### **INSUFICIENCIA MITRAL**

#### **Clase I**

1. Evaluar la capacidad funcional y tolerancia al ejercicio de pacientes con insuficiencia mitral severa, asintomáticos y con función sistólica del ventrículo izquierdo conservada. **(C)**
2. Pacientes con insuficiencia mitral severa y síntomas de difícil caracterización. **(C)**

#### **Clase II**

1. Pacientes asintomáticos, con insuficiencia mitral moderada y función sistólica conservada. **(C)**

#### **Clase III**

1. Pacientes sintomáticos con insuficiencia mitral severa. **(C)**

### **ESTENOSIS MITRAL**

#### **Clase I**

1. Evaluación dificultosa de la capacidad funcional por el interrogatorio. **(C)**
2. Falta de la correlación entre síntomas y la gravedad de la enfermedad. **(C)**

#### **Clase III**

1. Capacidad funcional bien definida. **(C)**

### **INSUFICIENCIA AÓRTICA**

#### **Clase II**

1. Evaluación de la capacidad al ejercicio en pacientes con insuficiencia aórtica crónica moderada-severa, oligosintomáticos o sintomáticos. **(B)**
2. Evaluación de la capacidad funcional en pacientes con insuficiencia aórtica moderada-severa en quienes la verdadera clase funcional es difícil de definir. **(B)**

#### **Clase III**

1. Insuficiencia severa aórtica sintomática bien definida. **(C)**
2. Diagnóstico y estratificación de la enfermedad coronaria asociada. **(C)**



## **ESTENOSIS AÓRTICA**

### **Clase I**

1. Estenosis aórtica leve a moderada y síntomas de dudosa etiología. **(B)**
2. Estenosis aórtica severa asintomática en pacientes sedentarios. **(C)**

### **Clase II**

1. Estenosis aórtica severa asintomática en pacientes físicamente activos. **(C)**
2. Estenosis aórtica moderada asintomática. **(B)**

### **Clase III**

1. Estenosis severa sintomática. **(C)**
2. Diagnóstico de enfermedad coronaria asociada. **(B)**

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

1. Bonow et al, ACC/AHA Practice Guidelines of Exercise Testing, JACC Vol 48, No 3, August 1, 1-148, 2006.
2. Consenso de Valvulopatías, Actualización 2006, Revista Argentina de Cardiología 2007 Vol 75, No4, Julio-Agosto, 304-23.
3. Actualización, Normas y conceptos básicos en ergometría, rehabilitación cardiovascular y cardiología del deporte, Año 2000.
4. Patterson et al, Treadmill exercise in assesment of the functional capacity of patients with cardiac disease, The American Journal of Cardiology, vol 30, November 20, 1972, 757-62.
5. Peidro, Brion, Angelino et al, Exercise testing in asymptomatic aortic stenosis, Cardiology, 2007, 108, 258-64.
6. Atwood, et al, Exercise testing in patients with aortic stenosis, Chest 1988 May, 3, 93, 1083-87.
7. Baumgartner, Managment of asymptomatic aortic stenosis; how helpful is exercise testing, EHJ, 2005, 26, 1252-4.
8. Nylander, et al, Severe aortic stenosis in the elderly, Br Heart J, 1986, 55; 480-7.
9. Das P, et al, Exercise testing to stratify risk in aortic stenosis, EHJ, 2005, 26: 1309-13.
10. Otto C, Valvular heart disease, focus on women, Cardiology in review, 15, n6, Nov/Dec 2007, 291-7.
11. Amato M et a., Treatment decision in asymptomatic aortic valve stenosis, role of exercise testing, Heart 2001, 86; 381-6.

## 1. D. PROTOCOLOS EN LA UNIDAD DE DOLOR TORÁCICO Y GUARDIA

El dolor torácico es uno de los principales motivos de consulta en los servicios de urgencias, siendo admitidos en internación hasta un tercio de los pacientes que consultan, frente a la sospecha de síndrome coronario agudo (SCA). Esta tendencia a la internación es poco eficiente, ya que el SCA se confirma en aproximadamente un 25% de los casos. Por otra parte, un 2-10% de los pacientes con verdadero SCA son remitidos erróneamente a su domicilio desde el propio servicio de urgencias. La evaluación de los pacientes en guardia a través de la creación de unidades de dolor torácico (UDT) ha intentado corregir estas deficiencias, si bien los protocolos empleados para este fin difieren dependiendo de la disponibilidad de recursos y experiencia de cada centro. Una correcta anamnesis y examen físico, el ECG inicial y, en algunos casos, el empleo de biomarcadores de injuria miocárdica, permiten al momento de presentación estratificar el riesgo del paciente. En aquellos pacientes en los que se establece un riesgo alto o moderado de evento coronario, la conducta está definida y se orienta hacia el tratamiento específico. La identificación de pacientes con bajo riesgo, esto es con una probabilidad menor al 5% de infarto y menor al 1% de desarrollar eventos cardíacos mayores requiere la implementación de pruebas que permitan definir la conducta a seguir.

La Unidad de dolor torácico tiene 3 etapas, la etapa inicial donde se utiliza el examen físico, interrogatorio, ECG y el empleo de los marcadores cardíacos (troponina, CPK), luego le sigue la segunda etapa que es la fase de observación donde se monitoriza al paciente y se repiten estudios si son necesarios, y por último sigue la etapa final o evaluación prealta; en esta etapa se realizan las pruebas funcionales y donde la ergometría adquiere un rol protagónico para definir al paciente su alta o su internación (Figura 1).

### CONSIDERACIONES PARA EMPLEAR LA ERGOMETRÍA EN LA EVALUACIÓN DE PACIENTES CON DOLOR TORÁCICO

Deben excluirse aquellos pacientes con criterios de alto riesgo:

- Inestabilidad hemodinámica
- Arritmias graves
- Enfermedad cardíaca o pulmonar severa
- Evidencias de SCA

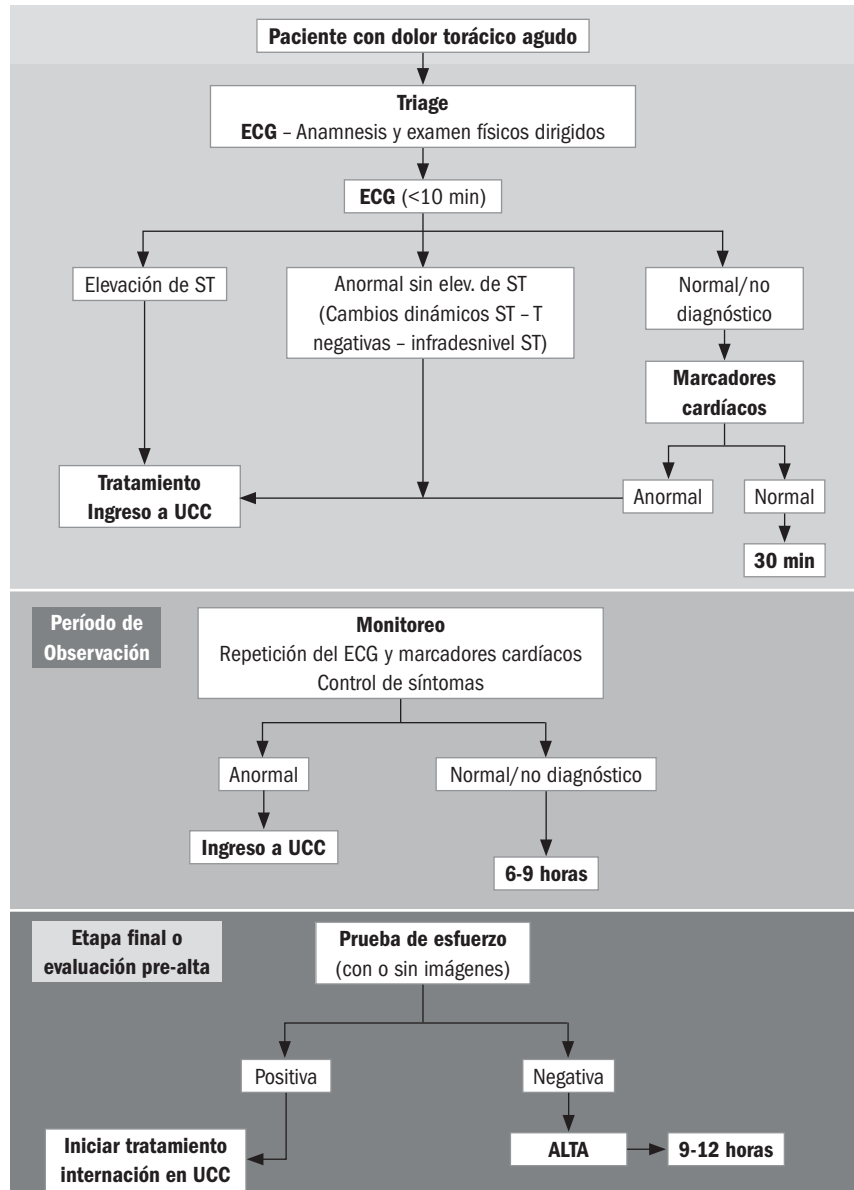
En el ECG en reposo considerar:

- a. Si es normal
- b. Anormal pero sin cambios con respecto a previos
- c. Si presenta alteraciones en el ST-T que puedan dificultar la interpretación de los resultados
- d. Si existe BCRI que limite la interpretación
- e. Si el paciente es portador de marcapasos con BCRI o con alteraciones en la onda T secundarias al marcapaseo
- f. Si el ECG muestra cambios isquémicos o infarto debe excluirse el test.

En el paciente considerar:

- Si presenta limitaciones motoras para realizar esfuerzos
- Si cursa enfermedades graves intercurrentes
- Si recibe medicación previa que pueda limitar la respuesta hemodinámica dificultando la interpretación del Test:
- Si tiene HTA severa o taquicardia en reposo

**Figura 1.** Esquema de manejo habitual del paciente con dolor torácico agudo en guardia (Unidad de Dolor Torácico). UCC: Unidad de Cuidados Coronarios.



**Finalidad del test ergométrico en la unidad de dolor precordial y guardia**

Lograr un test diagnóstico

- i. Negativo a una frecuencia cardíaca  $\geq 85\%$  de la máxima teórica prevista para la edad
  - ii. Positivo para isquemia miocárdica a cualquier frecuencia cardíaca.
- a. Cambios en el ST
  - b. Arritmias severas
  - c. Bloqueos en la conducción del impulso eléctrico
  - d. Respuesta hemodinámica plana frente al esfuerzo físico
  - e. Descenso en la tensión arterial sistólica intra esfuerzo

**Protocolos a emplear**

Si bien no existe unanimidad en los tipos de protocolos que se emplean en los diferentes centros que cuentan con unidades de evaluación de dolor precordial, la elección del mismo debe basarse en la implementación de aquellos protocolos más exigentes en términos de esfuerzo físico. En este sentido, la tendencia actual es emplear el protocolo de Bruce clásico en banda deslizante tratando de lograr que el paciente alcance el 85% de la frecuencia cardíaca máxima prevista para la edad o bien hasta el desarrollo de síntomas o signos de isquemia. Los criterios para detener el esfuerzo no difieren de los clásicos empleados en un test de pesquisa, esto es: la aparición de síntomas limitantes, la respuesta anormal de la tensión arterial (respuesta plana, descenso o HTA severa), cambios en el segmento ST mayores a 3 mm o la presencia de arritmias graves. Asimismo, hay que considerar la posibilidad de aparición de signos sugestivos o síntomas en la recuperación.

**Utilidad de la PEG en una UNIDAD DE DIAGNÓSTICO INTENSIVO.**

El resultado del test orienta la conducta a seguir:

- Un test de alto riesgo ergométrico, esto es con síntomas o signos de isquemia a baja carga o arritmias graves o inestabilidad hemodinámica exige conductas activas en términos de internación en UCO y terapéutica correspondiente.
- Un test diagnóstico positivo define la etiología isquémica del síntoma que motivó la consulta, y la conducta a seguir será individual en cada paciente y se pondrán en consideración los otros parámetros como juicio clínico, test de troponina y contexto del paciente.
- Un test negativo hace poco probable la etiología isquémica del síntoma que motivó la consulta y predice baja probabilidad de eventos cardíacos mayores a corto plazo.
- El resultado del test puede ser no concluyente por registrarse cambios inespecíficos con el esfuerzo o síntomas no claramente atribuibles a etiología isquémica, o puede ser insuficiente para descartar isquemia.

En el caso de test insuficientes con resultados inespecíficos o no concluyentes, la ergometría pierde valor para definir conductas en el paciente que consulta a guardia por dolor precordial, siendo entonces necesario considerar un test diagnóstico alternativo. En conclusión, la ergometría sería clase 2: pacientes que consultan por dolor precordial que evolucionan asintomáticos sin inestabilidad hemodinámica y sin anormalidades en los marcadores cardíacos ni cambios electrocardiográficos después de 8 a 12 horas de observación (nivel de evidencia B).

## **RECOMENDACIONES**

---

### **Clase I**

Pacientes que consultan a la guardia por dolor precordial que evolucionan asintomáticos sin inestabilidad hemodinámica y sin anomalías en los marcadores cardíacos ni cambios electrocardiográficos después de 6 horas de observación y con ECG de características normales. (nivel de evidencia B). Usar Protocolo de Bruce o de Astrand.

### **Clase II**

Pacientes que consultan a la guardia por dolor precordial que evolucionan asintomáticos sin inestabilidad hemodinámica y sin anomalías en los marcadores cardíacos con cambios electrocardiográficos inespecíficos y después de 6 horas de observación. (nivel de evidencia C). Usar Protocolo de Bruce o de Astrand.

### **Clase III**

Pacientes con ECG de alterado de base como BCRI, HVI, WPW, etc.

Pacientes con criterios de alto riesgo:

- Inestabilidad hemodinámica
- Arritmias graves
- Enfermedad cardíaca o pulmonar severa
- Evidencias de SCA

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

1. Evaluation of the patient with acute chest pain. Review. N Eng J Med 2000; 342(16): 1187-95.
2. Immediate exercise testing to evaluate low-risk patients presenting to the emergency department with chest pain, J Am Coll Cardiol 2002; 40: 251-6.
3. Incremental prognostic value of the exercise electrocardiogram in the initial assesment of patients with suspected angina: cohort study. BMJ 2008; 337: a 2240.
4. Review. New methods for improved evaluation of patients with suspected acute coronary syndrome in the emergency department. Emerg Med J 2007; 24: 811-814.
5. Valor de la prueba de esfuerzo precoz en un protocolo de unidad de dolor torácico. Rev Esp Cardiol 2002; 55(10): 1089-92.
6. Análisis de la actividad de una unidad estructural de dolor torácico en un servicio de urgencias hospitalario. Rev Esp Cardiol 2007; 60(3): 276-84.
7. Exercise testing in asymptomatic adults: a statement for professionals from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology, subcommittee on exercise, cardiac rehabilitation and prevention. Circulation 2005; 112: 771-6.
8. Structure, process and outcomes of chest pain units established in the ESCAPE trial. Emerg Med J 2007; 24(7):462-6.
9. Exercise testing in chest pain units: rationale, implementation, and results. Cardiol Clin 2005; 23(4): 503-16,vii.

10. Usefulness of early exercise testing and clinical risk score for prognosis evaluation in chest pain units without pre-existing evidence of myocardial ischemia. *Am J Cardiol* 2006; 97(5):633-5.
11. Manejo de la unidad de dolor torácico *Revista Argentina de Cardiología* 2005.
12. Evaluation of chest pain suspicious for acute coronary syndrome: use of an accelerated diagnostic protocol in a chest pain evaluation unit. *Am J Cardiol* 2000; 85(5A): 40B-48B.
13. Usefulness of clinical profiling and exercise testing in the prognostic assessment of patients admitted with chest pain but without high-risk criteria. *Rev Esp Cardiol* 2006;59(1):12-9

## 1. E. PROTOCOLOS EN EL CHEQUEO PREVENTIVO

### INTRODUCCIÓN

La cardiología, inserta dentro de la medicina preventiva, adquiere suma importancia en el diagnóstico precoz de estados premórbidos.

El concepto general de salud y el rendimiento cardiocirculatorio se encuentran en relación natural directa, por lo tanto una merma en ese rendimiento puede ser interpretada como síntoma temprano de enfermedad degenerativa.

La PEG (método) nos brindará pistas fáciles para interpretar dicho rendimiento (FC, TA,  $VO_2$  Mx., esfuerzo máximo, pulso de  $O_2$ , cociente cardíaco, tiempo de ejercicio, cambios del ECG, etc.). Aproximadamente el 25% de los pacientes que presentan angina inestable, IAM no fatal y/o muerte súbita pertenecen a la población previamente asintomática.

La pesquisa diagnóstica, en este grupo de pacientes con enfermedad subclínica, es de vital importancia pues serán quienes obtengan mayor beneficio en la aplicación intensiva de prácticas de prevención primaria.

La utilización de la ergometría como procedimiento diagnóstico inicial se ha generalizado en la actualidad debido a que como método ha demostrado sencillez, reproducibilidad, economía y seguridad.

Sin embargo, su uso indiscriminado no redundará en una correcta aplicación diagnóstica y constituye una inadecuada utilización de los recursos médicos.

### APLICACIÓN DE LA ERGOMETRÍA EN LA POBLACIÓN ASINTOMÁTICA

La PEG ha demostrado acabadamente su utilidad en cardiopatía isquémica.

La sobreutilización en poblaciones de baja prevalencia devendrá en baja sensibilidad y especificidad, mientras que la escasa indicación en ausencia de cardiopatía isquémica producirá poca utilización, pobre evidencia y consecuente infrautilización.

Por lo tanto, la aplicación de la ergometría en la población asintomática deberá realizarse de acuerdo a una estimación del riesgo cardiovascular global.

Son conocidos los numerosos "scores" que estiman el riesgo cardiovascular de aplicación habitual (NCEP, Framingham, Risk score, Grace, etc.), en base a todos ellos se puede establecer un método de cálculo permitiendo dividir a la población en bajo, moderado y alto riesgo de eventos cardiovasculares.

La población de bajo riesgo de acuerdo a base de datos realizados en otros registros (EEUU, Europa) tiene un riesgo absoluto de eventos del 5 al 6% a 10 años, constituyendo un 36% de la población general (jóvenes, sin factores de riesgo ni antecedentes familiares precoces de cardiopatía).

En el extremo opuesto, los pacientes de alto riesgo (añosos, diabéticos o con múltiples factores de riesgo) con una tasa de eventos de 2 al 3% anual, componen aproximadamente el 25% de la población, donde el aporte de la ergometría dependerá de la evolución clínica de la enfermedad.

Entre ambos, los pacientes con riesgo moderado o intermedio constituyen la mayor parte de la población, 40% aproximadamente. Este será el grupo que más se beneficiará con la estratificación de riesgo a través de los métodos complementarios, sugiriéndose la realización de una ergometría entre uno y dos años.

Los pacientes de bajo riesgo (sin antecedentes cardiovasculares, no tabaquistas, colesterol total menor de 200 mg/dl., HDL mayor de 40 mg/dl., LDL menor de 130 mg/dl., TAS menor de 130 mmHg. y TAD menor de 80 mmHg., sin intolerancia a la glucosa, BMI menor de 25 kg/m<sup>2</sup>, sin historia familiar de arteriopatía prematura) debido a su baja tasa de eventos cardiovasculares, son candidatos a seguimiento clínico con mantenimiento de sus factores de riesgo pudiendo ser re-evaluados a los 3 años. La ergometría durante la realización de chequeo preventivo de salud aporta información de la respuesta cardiovascular al ejercicio y evaluación de capacidad funcional y en muchos casos para la prescripción de la actividad física deportiva. En esta población se pueden utilizar los protocolos convencionales ya descriptos o más bien se utilizan protocolos modificados más cortos; el más utilizado es el Protocolo de Bruce con etapas de 2 (dos) minutos en lugar de tres minutos como está descripto.

**Tabla 1.** Selección de pacientes asintomáticos para ergometría en base al riesgo clínico.

<b>SELECCIÓN DE PACIENTES ASINTOMÁTICOS PARA ERGOMETRÍA EN BASE AL RIESGO CLÍNICO</b>		
Aproximación inicial en pacientes asintomáticos utilizando estimación de riesgo global a través del score de múltiples factores de riesgo		
Bajo riesgo 35% pac	Moderado riesgo 40% pac	Alto riesgo 25% pac
Pacientes con bajo riesgo CV score de Framingham, sin factores de riesgo	Pacientes con al menos un Factor de riesgo mayor, o historia familiar Riesgo global 0,6-2% año	Alto riesgo C, enfermedad arterial conocida (arteriopatía periférica, aneurisma abdominal, enf carotídea TIA) Ancianos diabéticos tipo II, múltiples Factores riesgo Riesgo global <20% a 10 años
Basados en el bajo riesgo control diferido en 3 años	Riesgo intermedio mejor beneficio con ergometría de uno a dos años para estimar riesgo global	Candidatos a control intensivo de factores de riesgo. La ergometría con protocolos no intensivos puede ser realizada según evolución de la enfermedad.



Los pacientes de alto riesgo que incluyen aquellos con antecedentes de enfermedad arterioesclerótica (arteriopatía periférica, aneurisma de aorta abdominal, accidente isquémico transitorio (TIA), enfermedad carotídea), pacientes de edad media o añosos con DBT II o múltiples factores de riesgo son candidatos a un control estricto. Los test no invasivos no serán necesarios para determinar el tratamiento optimizado, pero cumplirán un rol importante en la determinación de la necesidad para realizar otros procedimientos invasivos a través de pruebas progresivas o menos agresivas (Bruce modificado, etc.).

Los pacientes de moderado riesgo, asintomáticos con al menos un factor de riesgo mayor (excepción de DBT o antecedentes familiares) son los que más se beneficiarán con la implementación de pruebas no invasivas con la finalidad de detectar portadores de isquemia silente. Un rol específico aplicaría la ergometría en la pesquisa de arritmias como predictor de muerte súbita (arritmias ventriculares complejas en paciente con cardiopatía isquémica, miocardiopatía hipertrófica o espasmo coronario).

En cuanto a las arritmias ventriculares en ausencia de isquemia (pacientes sin cardiopatía) la PEG es un método útil en el diagnóstico clínico de algunas formas de taquicardia desencadenadas por estados hiperadrenérgicos (taquicardia ventricular idiopática, taquicardias ventriculares de origen en tracto de salida del VD o taquicardias ventriculares fasciculares) y taquicardias ventriculares polimorfas del síndrome de QT largo. Tras el diagnóstico clínico, la posterior caracterización de las arritmias deberá realizarse mediante electrofisiología.

Por último, las taquicardias ventriculares inducidas por el ejercicio debidas a efecto proarrítmico de algunos fármacos antiarrítmicos (IA, IC).

En conclusión, las indicaciones de ergometría en pacientes asintomáticos de acuerdo a los niveles actuales de evidencia se resumen en:

- Pacientes de alto riesgo que incluyen aquellos con antecedentes de enfermedad arterioesclerótica (arteriopatía periférica, aneurisma de aorta abdominal, TIA, enfermedad carotídea), pacientes de edad media o añosos con DBT II o múltiples factores de riesgo, en plan de ejercicios. (Clase I evidencia A).
- Valoración de pacientes diabéticos de toda edad, en plan de realización de actividad física (clase I evidencia A).
- Varones de más de 45 años y mujeres de más de 50 años en plan de realización de actividad física vigorosa, riesgo laboral que implique la seguridad pública u otro riesgo vascular: IRC, DBT (clase I evidencia B).
- Pacientes con múltiples factores de riesgo en quienes la terapéutica de reducción de riesgo desea ser monitoreada (clase IIa evidencia B).
- Uso de screening rutinario en la totalidad de la población (clase III).

## **METODOLOGÍA**

### a. Protocolos

Existen múltiples protocolos, pero todos ellos deben respetar las siguientes reglas generales:

1. Ser progresivos, con una fase de reposo y calentamiento adecuado y otra de recuperación.
2. Etapas de 2 minutos de duración.
3. Duración total de la prueba entre 8-12 minutos.
4. Es aconsejable utilizar protocolos específicos a los fines perseguidos.

Los protocolos se pueden desarrollar en cinta o en cicloergómetros.

En cicloergómetros:

- Se suele comenzar con pedaleo libre, “etapa de precalentamiento”.
- Incremento de 300 kgm/min en pacientes bien entrenados o 150 kgm/min en pacientes con baja clase funcional y de bajo riesgo.
- En cicloergómetros electromecánicos se pueden realizar etapas de 200 kgm.

En cinta, los protocolos más utilizados son:

- Bruce, para pacientes entrenados
- Bruce modificado, para aquellos no entrenados.
- El protocolo de Bruce original comienza con una velocidad de 1,7 milla/hora y una inclinación de 10%, lo que representa 4,5 MET. Las etapas posteriores tienen incrementos de 3 MET entre ellas cada 2 minutos. La ventaja de este protocolo, en esta población, es la intensidad de consumo de oxígeno desde la primera etapa, con la presunción de que dichos individuos tendrán una capacidad aeróbica elevada.

El objetivo final es adaptar el protocolo al paciente y no a la inversa.

b. Realización de prueba de esfuerzo

Dada la baja sensibilidad y especificidad de criterios electrocardiográficos para identificar riesgo en pacientes asintomáticos, así como la baja ocurrencia de angor, disnea u otro síntoma equivalente; las variables y los signos clínicos adquieren mayor relevancia. En todo paciente se debe:

- Determinar en reposo y esfuerzo: TA, FC, ECG.
- Control de variables clínicas: Soplos, perfusión y trastornos del sensorio.

c. Hallazgos no electrocardiográficos

El valor diagnóstico y pronóstico de los desniveles del segmento ST en personas asintomáticas ha sido difícil de determinar. Varios grupos de trabajo han identificado otras variables, más allá de las directamente relacionadas con isquemia miocárdica en esta población.

- **Capacidad funcional:** Varios estudios poblacionales han mostrado esta variable como predictor de muerte y riesgo cardiovascular. Sin excepción, todos los estudios han concluido que el deterioro de la capacidad funcional se asocia a riesgo aumentado sobre la población general y otros factores de riesgo.
- **Incompetencia cronotrópica:** Existen varias maneras de determinar el aumento inapropiado de la frecuencia cardíaca durante las pruebas de esfuerzo: frecuencia cardíaca pico, frecuencia cardíaca máxima teórica, reserva en ejercicio máximo. Cualquiera de ellas ha demostrado ser factor pronóstico.
- **Recuperación de Frecuencia cardíaca:** En sujetos sanos y asintomáticos existe una rápida caída de la frecuencia cardíaca durante la recuperación. Estudios clínicos han confirmado que la recuperación lenta de la frecuencia cardíaca, como reflejo de disfunción del tono vagal, podría ser predictor de mortalidad. Aquellos estudios realizados en la población sana, incluyen pocos sujetos en tratamiento con beta bloqueantes.
- **Ectopía ventricular:** Un informe reciente de pacientes asintomáticos demostró que las extrasístoles ventriculares frecuentes tanto en el esfuerzo como en la recuperación, se asocian a un aumento de riesgo de muerte. Se debe tener en consideración que este hallazgo fue poco frecuente.

## **RECOMENDACIONES**

---

### **Clase I**

Pacientes de alto riesgo que incluyen aquellos con antecedentes de enfermedad arterioesclerótica (arteriopatía periférica, aneurisma de aorta abdominal, TIA, enfermedad carotídea), pacientes de edad media o añosos con DBT II o múltiples factores de riesgo, en plan de ejercicios. (Clase I evidencia A).

Valoración de pacientes diabéticos de cualquier edad, en plan de realización de actividad física (evidencia A).

Varones de más de 45 años y mujeres de más de 55 años en plan de realización de actividad física vigorosa, riesgo laboral que implique la seguridad pública u otro riesgo vascular: IRC, DBT (evidencia B).

### **Clase IIa**

Pacientes con múltiples factores de riesgo en quienes la terapéutica de reducción de riesgo desea ser monitoreada (evidencia B).

### **Clase III**

Uso de screening rutinario en la totalidad de la población.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

1. Philip G MD, Circulation. Improving Coronary heart disease risk assessment in asymptomatic people. 2001; 104: 1863-67.
2. Gibbons, Rj, Balady GJ, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing- Am Coll of Cardiology Task force. Circulation 2002. 106: 1883.
3. American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Assessment of Cardiovascular Procedures: Guidelines for exercise testing. J Am Coll Cardiol 1986; 8: 725-38.
4. Alijarde M, Vidal JM, Palazuelos V. Indicaciones y técnicas actuales de la prueba de esfuerzo. En: Normas de Actuación Clínica en Cardiología. Madrid: Sociedad Española de Cardiología, 1996; 384-93.
5. Fletcher GF, Balady G, Froelicher VF, Hartley LH, Haskell WL, Pollock ML. Exercise standards: a for healthcare professionals from the American Heart Association Writing Group. Special Report. Circulation 1995; 91: 580-615.
6. Ellestad M. Pruebas de esfuerzo. Bases y aplicación clínica En: Ellestad M, editor. Las pruebas de esfuerzo. Barcelona: EdicionesConsulta. 1988.
7. American College of Sports Medicine. Guidelines for exercise testing and prescription (5.a ed.). Baltimore: Williams & Wilkins, 1995.
8. Howley ET, Bassett JR DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. Med Sci Sports Exerc 1995; 27: 1292-301.
9. Smith SC, Greenland P, Grundy SM. AHA Conference Proceedings: Prevention conference V: beyond secondary prevention: identifying the high-risk patient for primary prevention: executive summary: American Heart Association. Circulation. 2000;101:111-6.

10. Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. Executive summary of the third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA* 2001; 285: 2486-97.
11. Shepherd J, Cobbe SM, Ford I, et al. Prevention of coronary heart disease with pravastatin in men with hypercholesterolemia: West of Scotland Coronary Prevention Study Group. *N Engl J Med*. 1995; 333: 1301-7.
12. Downs JR, Clearfield M, Weis S, et al. Primary prevention of acute coronary events with lovastatin in men and women with average cholesterol levels: results of AFCAPS/TexCAPS: Air Force/Texas Coronary Atherosclerosis Prevention Study. *JAMA* 1998; 279: 1615-22.
13. Hennekens CH. Update on aspirin in the treatment and prevention of cardiovascular disease. *Am Heart J* 1999; 137: S9-S13.
14. Yusuf S, Sleight P, Pogue J, et al. Effects of an angiotensin-converting enzyme inhibitor, ramipril, on cardiovascular events in high-risk patients: the Heart Outcomes Prevention Evaluation Study Investigators. *N Engl J Med* 2000; 342:145-53.
15. Ridker PM. Evaluating novel cardiovascular risk factors: can we better predict heart attacks? *Ann Intern Med*. 1999; 130: 933-7.
16. Wierzbicki AS, Reynolds TM, Gill K, et al. A comparison of algorithms for initiation of lipid lowering therapy in primary prevention of coronary heart disease. *J Cardiovasc Risk* 2000; 7: 63-71.
17. Wilson PW, D'Agostino RB, Levy D, et al. Prediction of coronary heart disease using risk factor categories. *Circulation* 1998; 97: 1837-47.
18. Wood D, De Backer G, Faergeman O, et al. Prevention of coronary heart disease in clinical practice: recommendations of the Second Joint Task Force of European and other Societies on Coronary Prevention. *Atherosclerosis* 1998; 140: 199-270 (also available at <http://www.escardio.org/scinfo/slides/presentation.htm>).
19. Berntsen RF, Gunnes P, Rasmussen K. Pattern of coronary artery disease in patients with ventricular tachycardia and fibrillation exposed by exercise induced ischemia. *Am Heart J* 1995; 129: 733-8.
20. Mont L, Seixas T, Brugada P, Brugada J, Simonis F, Rodríguez LM et al. Clinical and electrophysiologic characteristics of exercise-related idiopathic ventricular tachycardia. *Am J Cardiol* 1991; 68: 897-900.
21. Aktas MK, Ozduran V, Pothier CE, Lang R, Lauer MS. Global risk scores and exercise testing for predicting all-cause mortality in a preventive medicine program. *JAMA*. 2004; 292: 1462-8.
22. Lauer MS. Exercise electrocardiogram testing and prognosis: novel markers and predictive instruments. *Cardiol Clin* 2001; 19: 401-14.
23. Foster C, Crowe AJ, Daines E, Dumit M, Green MA, Lettau S, Thompson NN, Weymier J. Predicting functional capacity during treadmill testing independent of exercise protocol. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: 752-6.
24. Cole CR, Foody JM, Blackstone EH, Lauer MS. Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. *Ann Intern Med* 2000; 132: 552-5.
25. Nishime EO, Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Lauer MS. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. *JAMA* 2000; 284: 1392-8.
26. Jouven XP, Empana JP, Ducimetiere P. Ventricular ectopy after exercise as a predictor of death. *N Engl J Med* 2003; 348: 2357-9.
27. Jouven XP, Zureik M, Desnos M, Courbon D, Ducimetiere P. Long term outcome in asymptomatic men with exercise-induced premature ventricular depolarizations. *N Engl J Med* 2000; 343: 826-33.

## 1. F. PROTOCOLOS EN REHABILITACIÓN

Dado que el ejercicio físico es capaz de poner de manifiesto aquellas alteraciones cardiovasculares no evidentes durante el reposo, el mismo representa el primer escalón diagnóstico para valorar de forma objetiva, y en relación siempre con el contexto clínico de cada paciente, las patologías cardiovasculares, desde el punto de vista electrocardiográfico, hemodinámico, clínico y de capacidad funcional (1, 2).

En pacientes cumpliendo un plan de Rehabilitación Cardiovascular, el ejercicio físico graduado es una excelente herramienta que nos sirve para evaluar los cambios en la capacidad funcional, con el consiguiente ajuste del modo, intensidad y tipo de entrenamiento y/o diagnosticar progresión de la enfermedad, a fin de implementar la conducta terapéutica adecuada (3, 4). Las ergometrías en estos casos pueden ser:

- Diagnósticas
- Pronósticas/Estratificación del riesgo.
- Evaluativas:
  1. Terapéutica.
  2. Capacidad Funcional.

Es muy importante conocer, antes de realizar un test ergométrico, qué tipo de paciente estamos analizando, por lo que repasaremos la población en estudio:

- Post Infarto Agudo de Miocardio.
- Post Cirugía de Revascularización Miocárdica.
- Post-Angioplastia.
- Angor de Esfuerzo Estable.
- Transplante cardíaco.
- Valvulopatías operadas.
- Insuficiencia cardíaca compensada.
- Pacientes con vasculopatía periférica.
- Cardiopatías congénitas operadas.
- Marcapasos y Desfibriladores implantados.
- Sujetos sanos con varios Factores de Riesgo Cardiovascular.
- Sujetos sanos en edad media de la vida que inician actividades deportivas.
- Astenia neurocirculatoria.

Como se observa, la población es muy variada y cada tipo de patología tiene su forma específica de evaluación, que están referidas en otros capítulos.

### INDICACIÓN CLASE I DE ERGOMETRÍA EN REHABILITACIÓN CARDIOVASCULAR

#### A. Pacientes que ingresan a un Programa de Rehabilitación Cardiovascular

A quienes se les prescribe un programa de ejercicios físicos.

##### **Características de la evaluación:**

1. Prueba Ergométrica Graduada limitada por síntomas:
 

Antes de iniciar el programa, con el objeto de:

  - Determinar la Capacidad Funcional Útil.
  - Establecer la intensidad de ejercicio del tratamiento en forma segura y eficaz.

- Determinar el nivel requerido de vigilancia y supervisión durante las sesiones.
- Proporcionar información al paciente.

Al ingresar a un plan de rehabilitación cardiovascular, debemos estratificar a nuestro paciente de acuerdo a su riesgo, se los puede clasificar en 4 Grupos (Peidro et al), lo que nos permitirá saber si debe estar monitorizado, durante cuanto tiempo, y qué cuidados especiales debemos tener durante las sesiones (5).

2. En los pacientes que no tienen una prueba ergométrica previa a su ingreso, se debe trabajar con frecuencias cardíacas que no superen los 20 a 30 latidos por arriba de la frecuencia cardíaca basal y deben ser monitorizados. Igualmente se debería insistir que todo paciente tenga una evaluación funcional antes de comenzar el tratamiento.
3. Tipos de Protocolos a utilizar:

La prueba ergométrica debe ser graduada, con períodos de 3 minutos en cada etapa o con protocolos rampeados en pacientes de baja capacidad funcional.

Los Protocolos más utilizados son:

- En treadmill: Bruce, Bruce modificado, Naughton, Balke Ware.
- En cicloergómetro: Utilizar etapas de 3 min, con cargas progresivas escaleriformes de a 150 kgm por etapa.

Siempre el test empleado se elegirá de acuerdo a las características clínicas de cada paciente.

Por ejemplo, en un paciente con angor crónico estable, con buena capacidad funcional, se podría emplear el protocolo de Bruce.

En cambio, en pacientes con insuficiencia cardíaca, se puede utilizar un protocolo rampeado, por ejemplo en cicloergómetro, con cargas que aumentan de a 10 Watts cada 10 segundos, a una intensidad de pedaleo de 60 RPM o 20 km/h, hasta que el paciente no pueda mantener la intensidad de pedaleo.

4. El test ergométrico antes de comenzar un programa de rehabilitación cardiovascular es fundamental y nos debe informar lo siguiente:
  - a. Frecuencia cardíaca máxima, límite y útil.
    - Frecuencia Cardíaca Máxima: Es la máxima frecuencia cardíaca alcanzada.
    - Frecuencia Cardíaca Límite: Es la frecuencia cardíaca al inicio de la aparición de síntomas y/o signos.
    - Frecuencia Cardíaca Útil: Es la máxima frecuencia cardíaca libre de signos y/o síntomas. Siempre se debe trabajar durante las sesiones a esta frecuencia cardíaca o por debajo de la misma.
  - b. Capacidad funcional máxima, límite y útil.
    - Capacidad Funcional Máxima: Es la máxima capacidad física alcanzada.
    - Capacidad Funcional Límite: Es la capacidad funcional al inicio de la aparición de signos y/o síntomas. Es la que marca la Clase Funcional del paciente.
    - Capacidad Funcional Útil: es la capacidad funcional libre de signos y/o síntomas.
  - c. La escala de Borg modificada (1-10), que en nuestro grupo de pacientes es una herramienta muy utilizada, pues nos indica cuál es la percepción subjetiva del ejercicio, más allá del parámetro de la frecuencia cardíaca, en pacientes con tratamientos farmacológicos que la modifican.
  - d. El resto de los parámetros que informa una ergometría, como ser tensión arterial, etc.

5. Diseño de las primeras sesiones al ingreso, de acuerdo a los resultados de la ergometría: La carga a la cual llegó en la ergometría es el 100% de su capacidad funcional (por ejemplo 600 kgm en cicloergómetro) y durante la rehabilitación cardiovascular, se lo trabajará al 50% de su capacidad funcional (300 kgm), en un modelo intervalado, por ej, 30 segundos a 300 kgm y 60 segundos a 75 kgm. Se irá progresando la intensidad del ejercicio de acuerdo a la capacidad funcional límite alcanzada.

#### **B. Indicación de ergometría en pacientes que ya se encuentran en un plan de Rehabilitación Cardiovascular, para la progresión de la intensidad de trabajo**

En períodos de cada 15 semanas se debe re-estratificar a nuestros pacientes, con el objeto de re-diseñar la estrategia de entrenamiento.

De acuerdo a la capacidad funcional límite y al tiempo de tratamiento, varían los períodos en semanas recomendados para realizar la re-estratificación.

Siempre se debe consensuar con el médico de cabecera los períodos de evaluación y el tipo de estudio de fuerza a realizar, dado que pueden ser solo ergometría o como se describe en próximos capítulos, pueden ser ergometría con imágenes ecocardiográficas, radioisotópicas o con consumo directo de oxígeno.

Durante la fase II se pueden realizar test de ejercicios detenidos por síntomas, test farmacológicos o sensibilizados.

Durante las fases III y/o IV se puede dividir por clase funcional o por tipo de calistenia prescripta.

En los pacientes en calistenia III, se recomienda un control bimensual.

En los pacientes en calistenia II, la re-estratificación durante el primer año debe ser como máximo semestral.

En los pacientes en calistenia I o a partir del primer año y cardiológicamente estables, el primer año semestral y luego anual.

### **RECOMENDACIONES**

---

#### **CLASE I: ERGOMETRÍA EN REHABILITACIÓN CARDIOVASCULAR**

##### **A. Pacientes que ingresan a un Programa de Rehabilitación Cardiovascular**

A quienes se les prescribe un programa de ejercicios físicos.

1. Prueba Ergométrica Graduada limitada por síntomas:
 

Antes de iniciar el programa, con el objeto de:

  - Determinar la Capacidad Funcional Útil.
  - Establecer la intensidad de ejercicio del tratamiento en forma segura y eficaz.
  - Determinar el nivel requerido de vigilancia y supervisión durante las sesiones.
  - Proporcionar información al paciente.
2. En los pacientes que no tienen una prueba ergométrica previa a su ingreso:
 

Se debe trabajar con frecuencias cardíacas que no superen los 20 a 30 latidos por arriba de la frecuencia cardíaca basal y deben ser monitorizados. Igualmente se debería insistir en que todo paciente tenga una evaluación funcional antes de comenzar el tratamiento.

## 3. Tipos de Protocolos a utilizar:

La prueba ergométrica debe ser graduada, con períodos de 3 minutos en cada etapa o con protocolos rampeados en pacientes de baja capacidad funcional.

Los Protocolos más utilizados son:

- En treadmill: Bruce, Bruce modificado, Naughton, Balke Ware.

En cicloergómetro:

- Utilizar etapas de 3 min, con cargas progresivas escaleriformes de a 150 kgm por etapa.
- Siempre el test empleado se elegirá de acuerdo a las características clínicas de cada paciente.

### **B. Indicación de ergometría en pacientes ya dentro de un plan de rehabilitación cardiovascular, para la progresión de la intensidad de trabajo**

En períodos de cada 15 semanas se debe re-estratificar a nuestros pacientes, con el objeto de re-diseñar la estrategia de entrenamiento.

Durante la fase II se pueden realizar test de ejercicios detenidos por síntomas, test farmacológicos o sensibilizados.

Durante las fases III y/o IV se los puede dividir por clase funcional o por tipo de calistenia prescripta.

En los pacientes en calistenia III, se recomienda un control bimensual.

En los pacientes en calistenia II, la re-estratificación durante el primer año debe ser como máximo semestral.

En los pacientes en calistenia I o a partir del primer año y cardiológicamente estables, el primer año semestral y luego anual.

## ***BIBLIOGRAFÍA***

---

1. B. Boskis, J Lerman, A. Perosio, M. Scattini y colab., Manual de Ergometría y Rehabilitación en Cardiología. Manuel Costa Silva, Adolfo Mogilevsky 2º Edición. Ecta pag 43: 1976
2. Peidro RM, Angelino AA y col. La rehabilitación cardiovascular en la cardiopatía isquémica. Capítulo 28 pag. 571 - 590 En Libro: Medicina, ejercicio y deportes. Centro editor de la Fundación Favaloro. Año 1996.
3. Consejo de Ergometría Rehabilitación Cardiovascular en Normativas en ergometría y rehabilitación cardiovascular. Año 1996. Sociedad Argentina de Cardiología.
4. Consejo de Ergometría Rehabilitación Cardiovascular en Libro actualización, normas y conceptos básicos ergometría, rehabilitación cardiovascular y cardiología del deporte. Año 2000. Sociedad Argentina de Cardiología.
5. Peidro RM, Angelino AA y Saglietti JH en Libro Prevención y rehabilitación cardiovascular, Edición Actualizada. Editorial SanofiAventis. 2º edición. Año 2006.



## 1. G. PROTOCOLOS EN DIFERENTES DEPORTES

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha crecido significativamente la cantidad de ergometrías requeridas como requisito para comenzar a realizar actividad física. Teniendo en cuenta las recomendaciones que en 1995 el CDC y el ACSM hicieron sobre el valor de cumplir al menos con 30 minutos al día de actividad física se han puesto en práctica numerosas opciones donde los individuos realizan actividades, incluso en oportunidades sin ningún tipo de evaluación previa. Recientemente, las recomendaciones fueron ratificadas y ampliadas en agosto del 2008 trabajando conjuntamente el ACSM y AHA (1). En esta oportunidad se ha enfatizado que la actividad debe realizarse con intensidades moderadas e incorporar dos sesiones semanales de estímulo de la fuerza.

En la mayoría de las evaluaciones cardiológicas es habitual que la prueba ergométrica graduada (PEG) busque la determinación del estado de salud o descubra algunas de las patologías del aparato cardiovascular. En el caso de los protocolos para deporte, el objetivo es diferente. Teniendo previamente diagnóstico de salud o enfermedad cardiovascular, incluso con ergometría previa en la que se haya establecido diagnóstico de salud, interesa determinar la **aptitud del individuo para la práctica de diferentes deportes**.

Teniendo en cuenta las características del gesto deportivo y las exigencias metabólicas de cada uno de los deportes, el protocolo deberá estar orientado a obtener el nivel de factibilidad para la práctica de los mismos y el nivel y la categoría funcional del individuo.

Previamente entonces, será menester conocer en forma precisa los requerimientos energéticos de cada deporte. Especialmente en los casos de deportes de conjunto donde hay predominancia porcentual del componente aeróbico o del explosivo.

Valga como ejemplo que en aquellos individuos que practiquen carreras de resistencia o maratón, el determinar el máximo consumo de oxígeno tiene una alta correlación con su nivel de resistencia y potencia. Mientras que en deportes de conjunto, el valor de esa determinación disminuye.

El tipo de protocolo que emplearemos debe tener íntima relación con los deportes elegidos por el individuo a evaluar, para poder reproducir en aquél la actividad realizada.

Las tablas vigentes en valores de consumo de oxígeno o en METs generalmente describen la intensidad del deporte considerado por cada minuto de desarrollo. Esto implica que si el resultado de una PEG fuera de diez METs, nos estaría indicando que ese individuo está en condiciones de practicar deportes cuya intensidad sea de ese valor METs pero por solo diez minutos.

Dado que deportes como el fútbol tiene una duración de dos períodos de 45 minutos y el tenis una duración variable según el tanteador, es necesario que para autorizar a un individuo para la práctica de alguno de ellos, su máximo consumo de oxígeno o máximo valor en METs debe ser considerablemente más elevado que aquél (2).

### Abreviaturas y Acrónimos

- **ACSM:** American College of Sports Medicine
- **ADP:** Adenosindifosfato
- **AHA:** American Heart Association
- **ATP:** Adenosintrifosfato

- **CDC:** Center for Disease Control and Prevention.  
National Institute of Health USA.
- **PEG:** Prueba Ergométrica Graduada
- **S:** Sano
- **S1:** Sedentario activo
- **S2:** sano sedentario
- **Pi:** Fosfatos inorgánicos
- **PC:** Fosfocreatina
- **PS1:** Prevención secundaria con aceptable capacidad funcional mayor a 7 METS
- **PS2:** Prevención secundaria con baja capacidad funcional mayor a 7 METS
- **C:** Contraindicada la ergometría
- **RCD:** Resistencia de Corta Duración
- **RMD:** Resistencia Media Duración
- **RLD I:** Resistencia Larga Duración I
- **RLD II:** Resistencia Larga Duración II
- **RLD III:** Resistencia Larga Duración III
- **RLD IV:** Resistencia Larga Duración IV
- **VO<sub>2</sub>máx:** Consumo Máximo de Oxígeno

## RECOMENDACIONES

---

Teniendo en cuenta la clasificación de las recomendaciones establecidas para las normalizaciones y consensos de la SAC.

### Clase I

Este tipo de situación se encuentra en los casos de individuos sanos activos o sedentarios, situación antes verificada por el examen de salud. En el algoritmo estará representado **S, S1, S2**.

### Clase II

2a. En los casos de pacientes que presentan factores de riesgo o en casos de prevención secundaria con clases funcionales de 7 METS. **PS1**.

2b. En los casos de prevención secundaria con baja capacidad funcional con capacidad inferior a 7 METS. **PS2**.

### Clase III

Corresponde a quienes en el examen de salud tengan una capacidad inferior a 4 METS, ya que este capítulo se refiere a los protocolos que pertenecen a la práctica de deportes y no hay ninguno que se encuentre encuadrado en esta característica.

**C:** contraindica la realización de la ergometría.

## NIVEL DE EVIDENCIA

- A.** Se ha empleado este tipo de evidencia en los conceptos referidos a tipos de ergómetros, clasificaciones energéticas de los deportes y protocolo en treadmill y cicloergómetro. Tablas y clasificación energéticas de los diferentes deportes y metodología de implementación de los protocolos.

- B. No se ha empleado para protocolos de diferentes deportes.
- C. Ha sido empleado al seleccionar las recomendaciones, dado que existen numerosos protocolos y opiniones en los diferentes deportes, todos ellos válidos y fundamentados suficientemente en la bibliografía internacional.

### REQUISITOS PREVIOS

***El individuo que llega a este tipo de ergometría, debería haber cumplido previamente el examen de salud que determina si se trata de alguien absolutamente sano, que presenta factores de riesgo cardiovasculares o antecedentes de patologías que puedan ser factores limitantes.***

En el caso de los individuos sanos, se empleará un protocolo sin limitaciones con el objetivo de completar una prueba máxima, esto quiere decir que se realizará la prueba hasta alcanzar el agotamiento muscular y obtener la frecuencia cardíaca máxima; para ello, como se verá más adelante, se aplicará un esquema de no más de cinco a seis etapas.

En el caso de los individuos que presenten limitaciones o patologías previas, se partirá de cargas menores y los incrementos serán más graduales. Se pondrá como objetivo alcanzar los valores de una prueba máxima, para luego correlacionar los resultados con la práctica del deporte para el que se intenta evaluar (3).

Puede darse el caso de un individuo sano no entrenado, que presenta limitaciones para la intensidad del entrenamiento que se deba prescribir, o un individuo con patología previa bien rehabilitado, que posee un adecuado nivel de entrenamiento y se encuentra en condiciones de alcanzar la exigencia requerida por el deporte elegido. Todas estas salvedades deben ser reconocidas antes realizar la ergometría, con un interrogatorio previo de valor orientador al sujeto de estudio.

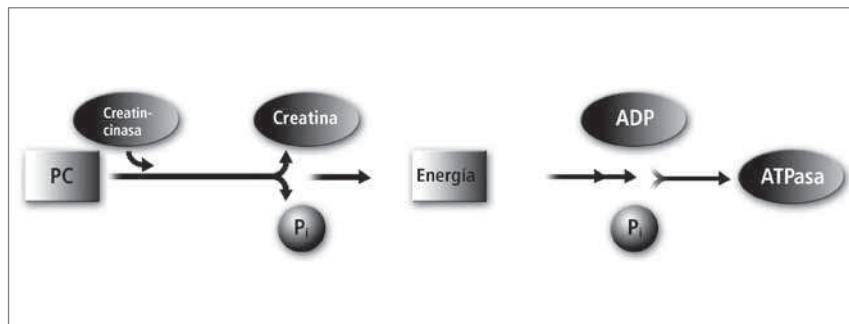
### SISTEMAS ENERGÉTICOS

La bioenergética celular consiste en la producción de ATP por tres mecanismos:

#### Sistema ATP-PC

El más sencillo de los tres sistemas energéticos, como se puede apreciar en la Figura 1. Nuestro organismo tiene además de ATP, a la Fosfocreatina o PC, como molécula de almacenamiento de energía.

**Figura 1.** Sistema ATP- PC



En la Figura 1 se puede observar cómo la unión de un fosfato de alta energía proveniente de PC, se utiliza para formar un ATP, desde un ADP y un Pi (fosfatos inorgánicos). Este proceso no requiere oxígeno, por lo cual es anaeróbico.

### **Sistema glucolítico**

Incluye el proceso de glucólisis, que es la descomposición de la glucosa mediante enzimas glucolíticas, cuyo producto final es el ácido pirúvico. Este proceso no requiere oxígeno, pero la presencia del oxígeno determina el destino del ácido pirúvico. Cuando se lleva a cabo sin oxígeno el ácido pirúvico se convierte en ácido láctico. Estos dos sistemas predominan durante los primeros minutos de ejercicio de intensidad elevada.

### **Sistema oxidativo**

Es el sistema final de producción de energía celular, y el más complejo de los tres sistemas. Debido a que utiliza oxígeno, este es un proceso aeróbico.

A diferencia de la producción anaeróbica de ATP, el sistema oxidativo produce gran cantidad de energía. Abarca tres procesos a su vez: glucólisis, ciclo de krebs y cadena de transportes de electrones.

## **CARACTERÍSTICAS METABÓLICAS DE DIFERENTES DEPORTES**

### **Deportes Cíclicos**

Los deportes cíclicos son aquellos que repiten los ciclos de movimiento en forma sistemática, por lo cual son más predecibles en lo que respecta al  $VO_2$  máximo que requieren para su práctica.

### **Deportes Acíclicos**

Pertenecen a estos la mayoría de los deportes de conjunto.

Los  $VO_2$  máx. requeridos por quienes practican este tipo de deportes son más variables, dependiendo del tipo de juego y puesto que ocupan en el equipo.

El cardiólogo debería realizar inicialmente un completo interrogatorio del sujeto en evaluación para poder ubicarlo en su estado de aptitud actual.

Si tomamos por ejemplo el fútbol, encontraremos que las tablas refieren en su forma recreativa un gasto energético de 9 METs. Eso significa que si alcanzara 31.5 ml/kg/min en la ergometría, le permitirá realizar 3 min de ese deporte. Para habilitarlo a la práctica del mismo se deberá alcanzar al menos un consumo de oxígeno 30% mayor.

Será de relevancia que el cardiólogo interroge a sus pacientes sobre su puesto y estilo de juego ya que cada uno de ellos difiere en forma significativa.

En todos los deportes que consideremos tendrá vital importancia si se realizan en forma recreativa o competitiva. En esta última forma los esfuerzos son significativamente mayores y el individuo perderá frecuentemente la percepción de la intensidad del esfuerzo que realiza. Ello aumenta el nivel de exigencia y consecutivamente el riesgo.

También debemos considerar que hay deportes con relevos o tiempos de recuperación, lo que permite el lavado del ácido láctico y recomposición del ATP, y hay otros en cambio que se

desarrollan en forma continua. Finalmente, situaciones sociales que deben ser consideradas y que están relacionadas con el ámbito y grupo con el que el sujeto va a realizar su actividad. Requieren especial mención los hoy muy populares deportes competitivos intercountries, donde comparten equipos o se enfrentan, individuos de edades, capacidades físicas y niveles de entrenamiento muy disímiles.

Existen deportes que permiten compartir edades diferentes como el doble recreativo/competitivo de tenis o de paddle; son practicados frecuentemente por personas no entrenadas, y por lo tanto con elevado riesgo cardiovascular por las intensidades que generan sus movimientos y esfuerzos musculares.

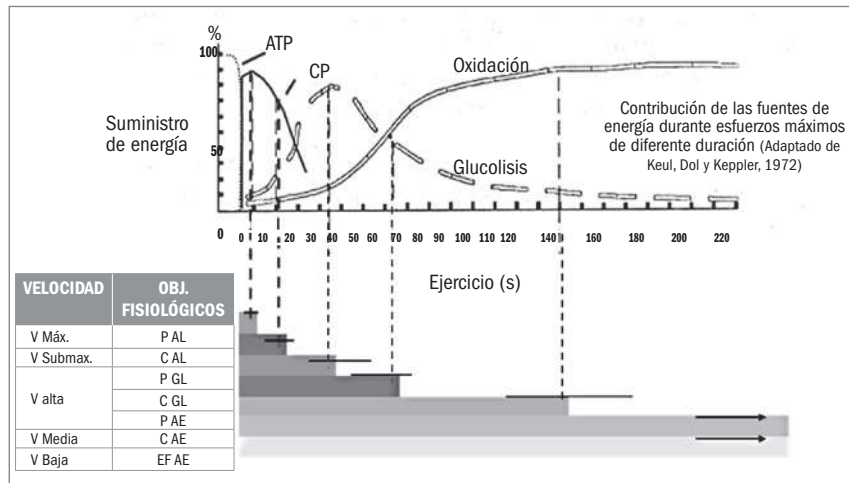
### CLASIFICACIÓN DE LOS DEPORTES DE ACUERDO A SU ENERGÉTICA PREDOMINANTE

Sabiendo que los deportes podrían agruparse de acuerdo a las características de sus demandas energéticas predominantes, podemos clasificarlos en tres grupos (Figura 2):

- Predominantemente aeróbico
- Predominantemente anaeróbico
- Combinación de diferentes porcentajes de ambos sistemas

Por lo tanto, es necesario conocer la tabla correspondiente a la hora de emplear el protocolo deportológico. La tabla se empleará para definir el  $VO_2$  máx. de cada deporte, y más aún, en los casos de deportes en los que se combinan ambos sistemas (Tabla 1).

**Figura 2.** Representa las duraciones básicas de trabajo para entrenamientos aeróbicos y anaeróbicos. Keul, Kindermann et al.1978 (4).



*PAL: potencia aláctica – CAL: capacidad aláctica – PGL: potencia glucolítica – CGL: capacidad glucolítica – PAE: potencia aeróbica – CAE: capacidad aeróbica – EFAE: eficiencia aeróbica.*

La Tabla 1 muestra los  $VO_2$  promedio en deportistas competitivos en cada deporte.

**Tabla 1.**  $VO_2$  máx. promedio por deporte y sexo

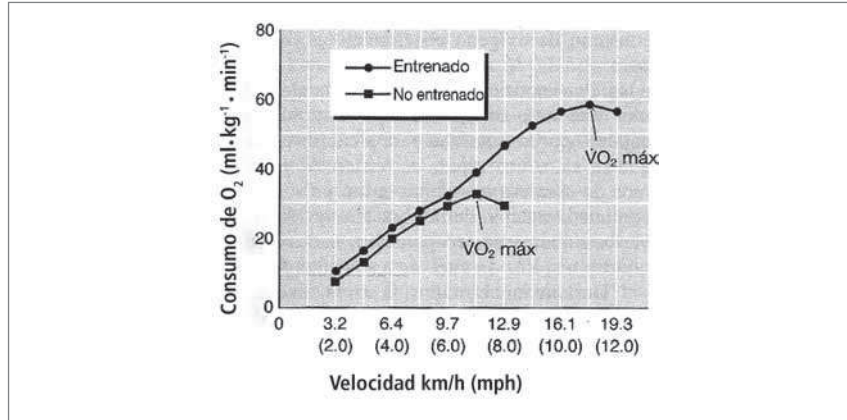
DEPORTES	EDAD	MASC.	FEM.
Baseball	18-32	48-56	52-57
Basketball	18-30	40-60	43-60
Ciclismo	18-26	62-74	47-57
Canotaje	22-28	55-67	48-52
Football (USA)	20-36	42-60	—
Gimnasia	18-22	52-58	35-50
Hockey sobre hielo	10-30	50-63	—
Remo	20-35	60-72	58-65
Sky alpino	18-30	57-68	50-55
Futbol	22-28	54-64	50-60
Patín carrera	18-24	56-73	44-55
Natación	10-25	50-70	40-60
Fondo	18-39	60-85	50-75
Medio fondo	40-75	40-60	35-60
Lanzamiento	22-30	40-46	—
Voleibol	18-22	—	40-56
Halterofilia	20-30	38-52	—
Lucha	20-30	52-65	—

### CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO

La capacidad aeróbica de un sujeto, es el consumo máximo de oxígeno o  $VO_2$  máx., el cual es considerado como el mejor indicador de la resistencia cardiorrespiratoria, con un coeficiente de correlación de 1.

En la Figura 3 se puede apreciar la diferencia del  $VO_2$  máx. entre una persona entrenada y otra no entrenada, en relación con la intensidad del trabajo físico (velocidad).

**Figura 3.** Relación entre intensidad del ejercicio (velocidad) y consumo de oxígeno, que el  $VO_2$  máx. ilustra en hombres entrenados y no entrenados.



Se ha querido utilizar el  $VO_2$  máx. en la detección de talentos basándose en la aptitud de pruebas de resistencia, como la carrera de maratón. Sin embargo, no puede predecirse midiendo solo el  $VO_2$  máx. en el laboratorio.

Debido a que las necesidades energéticas de cada individuo varían de acuerdo al tamaño corporal, en especial su masa muscular generadora de energía proveniente del ATP, el  $VO_2$  máx. se expresa en relación con el peso corporal, y las unidades son: mililitros de oxígeno consumidos por kg de peso corporal por minuto.

También debemos tener en cuenta el sexo y la edad para conocer el máximo  $VO_2$  que requerimos para la práctica de cada deporte (Tabla 1).

En la siguiente tabla se representan los considerados valores promedio de  $VO_2$  máx. de poblaciones generales (Tabla 2).

**Tabla 2.**  $VO_2$  máx. promedios por sexo y edad

EDAD	MASC.	FEM.
10-19	47-56	38-46
20-29	43-52	33-42
30-39	39-48	30-38
40-49	36-44	26-35
50-59	34-41	24-33
60-69	31-38	22-30
70-79	28-35	20-27

## ERGÓMETROS

Más que en cualquier otra situación, el ergómetro empleado en la evaluación ergométrica cumple un rol fundamental en el estudio de una persona que realiza actividad física. En la práctica de los diferentes deportes, el gesto deportivo y su biomecánica pueden disminuir o aumentar significativamente la eficiencia de este método complementario. Evaluar a un tenista en cicloergómetro puede determinar su límite cardiológico, pero puede ser significativamente menor si se utiliza el ergómetro adecuado. Cada esfuerzo deportivo se realiza mediante movimientos tan diferentes, que de no tratar de imitar los gestos empleados en su deporte, podría estar generando un esfuerzo significativamente superior al que requiere durante su práctica.

Si bien la biotecnología tiende a crear ergómetros cada vez más similares y adecuados a cada deporte, habitualmente el cardiólogo de familia suele contar con treadmill (cinta deslizante) y cicloergómetro (bicicleta fija), los cuales detallaremos más adelante.

Solo quienes trabajen en deportes, como médicos especialistas en medicina del deporte, suelen incorporar el remo ergómetro (fácilmente disponible) o aún más sofisticados como la pileta ergométrica (Figuras 4 y 5).

### Especificidad de la prueba

Toda condición de evaluación debe cumplir con dos premisas que representan las características básicas que debe reunir la prueba de medición a implementar. Dichas condiciones son la confiabilidad y validez (6). La primera se refiere a la estabilidad de los valores observados en las mismas condiciones de evaluación. El segundo atributo está vinculado a la capacidad de valorar aquello que realmente se pretende cuantificar. De la mano de esta segunda propiedad crece el concepto de evaluación específica.

Muchas de las adaptaciones producidas por el entrenamiento se dan para satisfacer una necesidad de eficiencia. Es decir que el entrenamiento, entre otros objetivos, persigue la realización de un trabajo con el menor gasto de energía posible.

**Figura 4.** El remoergómetro permite evaluar con mayor precisión a los remeros





**Figura. 5.** Gentileza de Wilmore y Costill. La piscina ergométrica permite a los investigadores instrumentar y estudiar a los nadadores, que nadan contra el flujo constante del agua.



Esta eficiencia puede manifestarse en términos metabólicos por medio de una menor necesidad de consumo de oxígeno, para producir energía, y cumplir con el trabajo físico dado (7).

Por otra parte, también existe una eficiencia mecánica que tiene que ver con una dimensión neuromuscular. Es decir que a ese nivel genera la tensión que implicará también un menor gasto de energía.

Debido a lo anteriormente mencionado, vemos que los organismos de los deportistas se convierten en más eficientes gracias a los estímulos propuestos por el entrenamiento y que éstos son altamente específicos de la actividad que se pretende realizar.

Si bien desde lo bioenergético toda prueba que ronda los doce minutos de duración tiene la misma cinética de utilización de los distintos mecanismos de aporte de energía, existe un componente biomecánico que las diferencia en función de las características propias de la actividad desarrollada durante esos minutos.

Desde el punto de vista cinesiológico, el análisis del movimiento propio de las distintas situaciones de evaluación arroja evidencia contundente para diferenciar esas condiciones, tanto desde la anatomía funcional como desde la fisiología articular. Esto quiere decir que los músculos involucrados en los gestos de carrera, ciclismo, remo o natación pueden no ser los mismos. En forma análoga, el patrón de reclutamiento muscular también puede diferir, así como también el régimen de contracción y las características de la misma (8).

Resumiendo, cada disciplina presenta una eficiencia neuromuscular, paralela a la dimensión energética y dicha característica biomecánica se basa en la diferenciación del comportamiento muscular propio de cada modalidad deportiva.

## PROTOSCOLOS

Los protocolos deportológicos se deben realizar en aquellas personas que no tengan cardiopatías o factores de riesgo coronarios principalmente, o en aquellos menores de 30 años que realicen actividad física en forma regular, ya sea recreativa o competitiva.

De no cumplir con estas características, se recomienda por consenso la realización de dos pruebas ergométricas diferidas. En la primera se utilizará un protocolo clásico, por lo cual se denominará ergometría de salud, y en la segunda se cumplirá con los requisitos específicos que enumeraremos a continuación: la ergometría de aptitud.

Realizada la salvedad que el protocolo deportológico no se le debería realizar a cualquier persona, debemos tener en cuenta que el objetivo de la prueba es la evaluación y determinación de la potencia aeróbica.

Para comprender este concepto, debemos definir potencia, como el producto de la fuerza por la velocidad del movimiento.

$$\text{Potencia} = (\text{Fuerza} \cdot \text{Distancia}) / \text{Tiempo}$$

### **La potencia es la aplicación funcional de la fuerza y de la velocidad.**

Podemos extrapolar este concepto al de la ergometría en una persona entrenada, diciendo que las características principales de esta, deben ser:

- Cargas mayores a las habituales (ej. 300 kgm por carga),
- Tiempos por carga más cortos (ej. 2 minutos por carga ),
- Menor cantidad de etapas: entre cinco o seis,
- En el caso de usar treadmill, con pendiente fija (2-3 %).

Con el objetivo didáctico, en la figura 6 observamos las diferencias entre un protocolo de uso habitual (Figura 6A) y el deportológico (Figura 6B)

Se puede evidenciar en el protocolo clásico de salud la figura horizontalizada, y en el protocolo deportológico verticalizada y de menos número de etapas.

Esto explica como en menor tiempo se obtienen intensidades de trabajos mayores, permitiéndole al cardiólogo que realiza la ergometría evaluar la potencia aeróbica.

Debido a la falta de protocolos específicos y estandarizados para el deportista, los protocolos más usados en la práctica habitual son el protocolo de Bruce y el de Conconi. Sin embargo, el Bruce tiene saltos de carga demasiado amplios, y el de Conconi evalúa umbral de acumulación de ácido láctico. Un protocolo muy utilizado en medicina del deporte es el de **Heck modificado**, el cual consta de un período de calentamiento de tres minutos, con aumento de 1,2 km/h de velocidad cada dos minutos con pendiente fija de 3%, partiendo de una velocidad de 8,4 km/h (9).

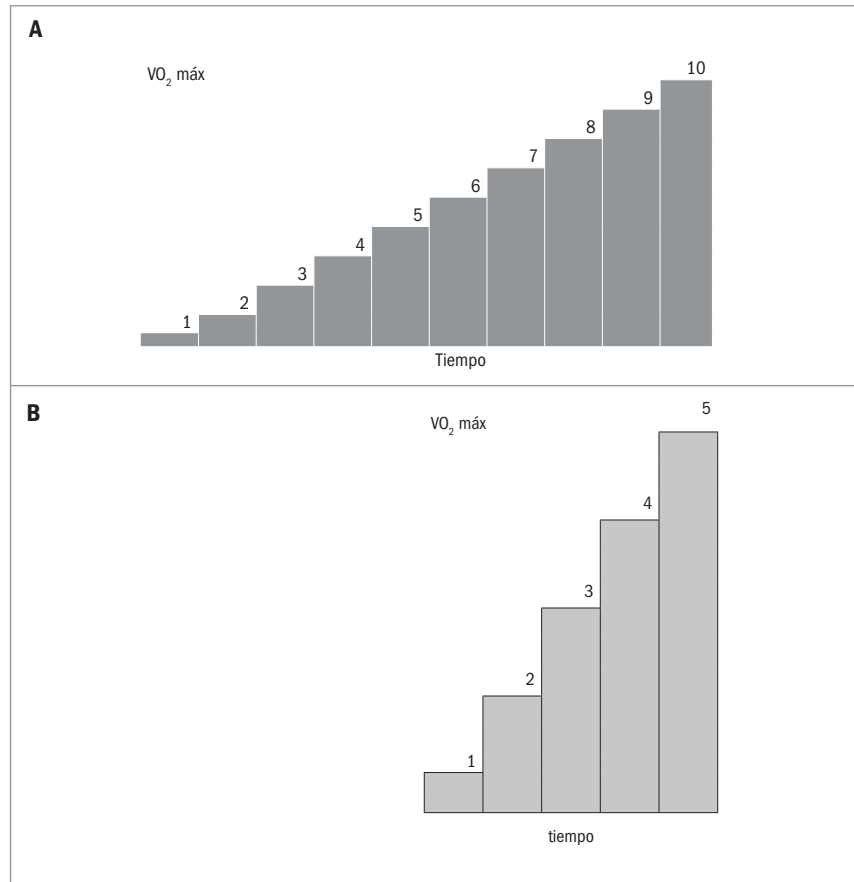
### **TREADMILL**

Debe tratarse de un equipo que a diferencia de los disponibles habitualmente para el cardiólogo general, donde la velocidad máxima llega a los 16 kilómetros por hora (km/h), extienda la misma hasta 24 km/h.

Tendremos en cuenta:

- Pendiente: los protocolos para deportes utilizan pendientes de solo el 2% para poder transferir los resultados a las prescripciones de entrenamiento en forma de trote o carrera en campo. El emplear aumentos de la pendiente en el protocolo facilita el diagnóstico de salud o enfermedad cardiovascular, pero impide aplicar las velocidades utilizadas en la prueba como referencia.
- Las etapas tienen habitualmente una duración de dos minutos, ya que se considera que el estado estable para la práctica del deporte se consigue en este tiempo. El empleo de tres minutos se considera una alternativa válida, especialmente para individuos sedentarios o con factores de riesgo.

**Figura 6.** Gráficos esquemáticos de un protocolo clásico (A) y un protocolo deportológico (B), donde se evidencian las diferencias entre ambos.



- **Número de etapas:** dado que se intenta alcanzar la máxima potencia durante la prueba, el número de etapas recomendable, como se dijo anteriormente, no debería exceder las cinco o seis. Ello por supuesto condiciona las velocidades y el incremento en cada etapa, que estará relacionado con las características del deporte. Ambos tienen estrecha relación y cambiarán de acuerdo al deporte que el individuo desee practicar.

### CICLOERGÓMETRO

Más allá de la especificidad para los ciclistas, triatlonistas y deportes aventura, por ejemplo, tiene solo la ventaja de su practicidad. En el deporte cuenta con más limitaciones que el treadmill para las pruebas de evaluación aeróbica.

Es el de elección en el Wingate test o test de los 30 s que constituye una prueba para evaluar la potencia anaeróbica y el índice de fatiga.

Debe considerarse que si bien trabaja preponderantemente el tren inferior, existe bibliografía que demuestra el aporte del consumo de energía de brazos al consumo de la prueba (10).

Mediante fórmulas, pueden convertirse los resultados de  $VO_2$  máx obtenidos, semejantes a los que se hubieran obtenido en treadmill. Pero no existe tecnología que permita relacionarlo con velocidades de carrera, por lo que impide este importante aporte de la cinta (11).

A diferencia de los protocolos cardiológicos de diagnóstico de salud, también requiere comenzar con cargas mayores en kilogrametros, Watts o Joules, empleando de ser posible la mitad de la carga que se estima alcanzar (12).

Tienen especial importancia todas las recomendaciones referidas a la altura del asiento y la máxima extensión que debe alcanzar la pierna durante el pedaleo. De lo contrario se corre el riesgo que claudique muscularmente antes de haber alcanzado el objetivo de evaluación cardiovascular.

### CONSIDERACIONES FINALES

**La propuesta de este capítulo es realizar una prueba ergométrica máxima con protocolo deportológico, en personas entrenadas y en las que se presupone que no padecen cardiopatía estructural o factores de riesgo cardiovasculares. De lo contrario se recomienda realizar primero una ergometría de salud con protocolo clásico, y de ser normal, realizar una segunda ergometría máxima y con protocolo deportológico (13).**

Lo importante a la hora de realizar la ergometría es definir el objetivo, si lo que se busca es una ergometría como screening cardiovascular para evaluar aptitud física sabemos por la bibliografía, que la evidencia la indica en mayores de 35 años para detección de enfermedad coronaria principalmente (14, 15).

El protocolo y el tipo de ergómetro recomendado se deben adaptar al tipo de deporte que practica el sujeto en estudio, y deben buscar la evaluación de la potencia aeróbica, y no sólo la capacidad aeróbica.

A los fines de este consenso nos interesa aclarar que **los protocolos deportológicos se diseñan casi a medida, buscando que cumplan las consignas de no utilizar más de seis etapas, con cargas mayores y de corta duración, para poder alcanzar la frecuencia cardíaca máxima.**

**La bibliografía internacional no reconoce una metodología estandarizada para la realización de un protocolo deportológico, por lo cual los más utilizados son el de Conconi y el Bruce, además del protocolo de Heck modificado. Muy utilizado este último en medicina del deporte a fin de correlacionar el test de campo que realice un preparador físico o un médico deportólogo, con la ergometría con  $VO_2$  máx.**

El algoritmo de la página siguiente establece una metodología de trabajo para el cardiólogo.

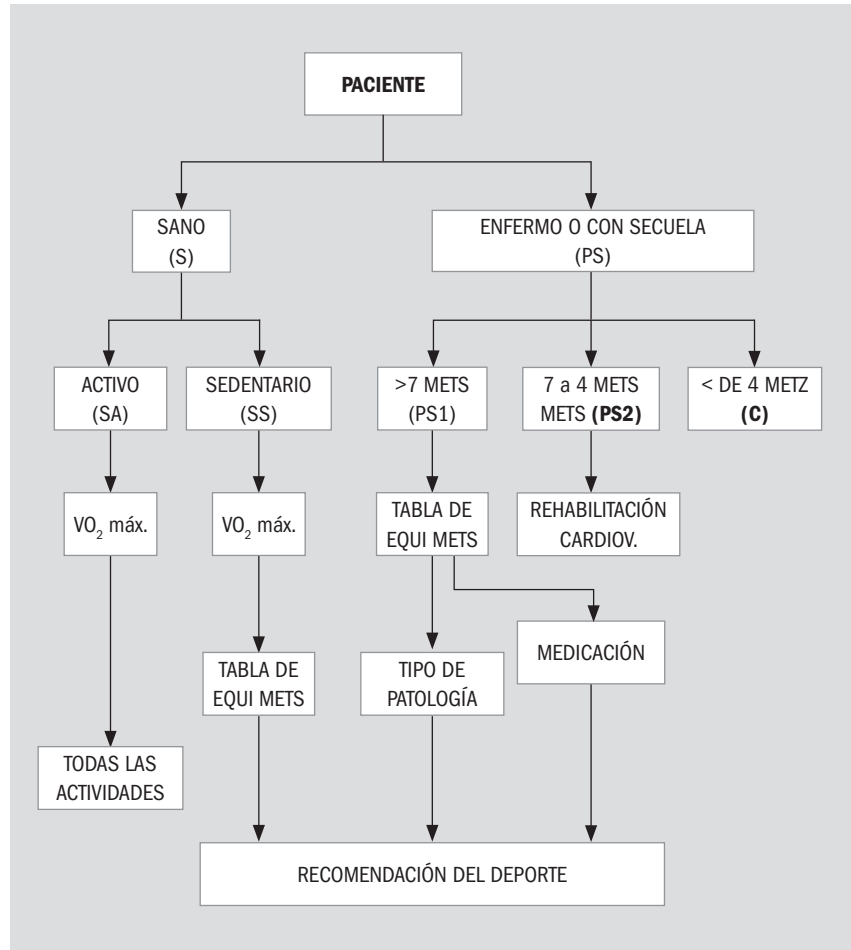
### RECOMENDACIONES

---

#### Clase I

Este tipo de situación se encuentra en los casos de individuos sanos activos o sedentarios, situación antes verificada por el examen de salud.

**Algoritmo**



- Deportes cíclicos, predominantemente aeróbico: son aquellos que repiten los ciclos de movimiento en forma sistemática. Permiten ser más predecible en los test de Consumo Máximo de  $VO_2$  máx.
- Deportes Acíclicos, combinación de diferentes porcentajes de ambos sistemas, aeróbicos-anaeróbicos: Pertenece a estos la mayoría de los deportes de conjunto y de lucha.
- Test más usados:
  - **El Test de Conconi y el Bruce, además del protocolo de Heck modificado.**
  - **Los test de Consumo Máximo de  $VO_2$  máx,** son más variables dependiendo del tipo de juego y puesto.

**Clase II**

- Ila. En los casos de pacientes que presentan factores de riesgo o en casos de prevención secundaria con clases funcionales más de 7 METS. Usar Protocolo de Bruce en banda o de Astrand en bicicleta.
- IIb. En los casos de prevención secundaria con baja capacidad funcional, con capacidad inferior a 7 METS. Usar Protocolo de Bruce Modificado o Astrand Modificado.

**Clase III**

Corresponde a quienes en el examen de salud tengan una capacidad inferior a 4 METS, ya que este capítulo se refiere a los protocolos que pertenecen a la práctica de deportes, y no hay ninguno que se encuentre encuadrado en esta característica.

***BIBLIOGRAFÍA***

1. Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Eight Edition. American College of Sports Medicine. Senior Editor Walther R. Thompson, Ph D, FACSM. Lippincot Williams & Wilkins. May 2009.
2. Bangsbo Jens, La Fisiología del Fútbol: con Referencia Especial al Ejercicio Intermitente Intenso, Copenhagen, 1993.
3. Astrand P.O – Rodahl K., Fisiología del Trabajo Físico: Bases Fisiológicas del Ejercicio, Tercera Edición, Buenos Aires, Editorial Panamericana, 1997. Guidelines for cardiac exercise testing. ESC Working Group on Exercise Physiology, Physiopathology and Electrocardiography Eur Heart J 1993; 14: 969-988.
4. Jürgen Weineck, Inc NetLibrary. Entrenamiento total. Editorial Paidotribo, 2005.
5. Wilmore JH and Costill DL. (2005) Physiology of Sport and Exercise: 3rd Edition. Champaign, IL: Human Kinetics.
6. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ, Casaburi R. Principles of exercise testing and interpretation . 2ª ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1994. p. 95-111.
7. Fletcher GF, Balady G, Froelicher VF, Hartley LH, Haskell WL, Pollock ML. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. Circulation. 2001 Oct 2; 104(14): 1694-740.
8. Schlant RC, Friesinger GC 2nd, Leonard JJ. Clinical competence in exercise testing: a statement for physicians from the ACP/ACC/AHA Task Force on Clinical Privileges in Cardiology. J Am Coll Cardiol 1990; 16: 1061-5.
9. Santos-Silva PR; Fonseca AJ; Castro AW, Greve JM; Hernandez AJ. Reproducibility of maximum aerobic power (VO<sub>2</sub>máx) among soccer players using a modified heck protocol. Clinics. 2007;62(4):391-6.
10. Velocity-Specific Fatigue: Quantifying Fatigue during Variable Velocity Cycling. Med Sci Sports Exerc. 2009 Mar.
11. Cycling Program, Australian Institute of Sport, Bruce, AUSTRALIA; and Department of Exercise and Sport Science, The University of Utah, Salt Lake City, UT. Gibbons RJ (Edit.). ACC/AHA 2002 Guideline Update of Exercise Testing. 2002 American College of Cardiology Foundation and American Heart Association. Med Sci Sports Exerc. 2009 March.

12. Scand J Med Sci Sports. 2008 Apr 23. Recovery training in cyclists: ergometric, hormonal and psychometric findings. Faude O, Meyer T, Urhausen A, Kindermann W. Institute of Sports and Preventive Medicine, University of Saarland, Saarbrücken, Germany.
13. Blair SN, Kohl HW III, Barlow CE y col. CA. Changes in physical fitness all causes mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. J Am Med Acad 1995; 273: 1093-98.
14. Consenso de Corazón y Deporte. Comité de Cardiología del Deporte del Consejo de Ergometría y Rehabilitación Cardiovascular "Dr. José Menna" Sociedad Argentina de Cardiología. Rev. Arg. Cardiol. Vol 75. Suplemento 4. Noviembre/Diciembre 2007
15. Maron B, Thompson P, Puffer J y col. Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes. Circulation 1996; 94: 850-856.





# COMISIÓN DE TRABAJO ERGOMETRÍA EN LOS DIFERENTES MÉTODOS

## 2

### 2. A. ECO- ESTRES

El ejercicio en sus diversas modalidades es el método de elección para el ecoestrés. La ventaja del apremio físico está fundamentada por considerarse la más fisiológica de las pruebas, y en la información adicional que aporta sobre el estado cardiovascular, por su rapidez en el procedimiento, el menor costo, la ausencia de invasividad, su seguridad, y los efectos psicológicos favorables (1, 2). En situaciones puntuales presenta comparativamente ciertas desventajas respecto del Estrés Farmacológico (3), por lo cual debe seleccionarse cuidadosamente la mejor variante de eco estrés para cada caso (3).

Las diferentes variables de respuesta al ejercicio y especialmente la evaluación de la capacidad funcional son predictores importantes del pronóstico del paciente (4).

Es aconsejable el protocolo de ejercicio síntoma-limitante en el cual la carga se aumenta progresivamente por etapas

Se puede utilizar tanto la cinta (treadmill) como la bicicleta para la realización del estrés de esfuerzo con las ventajas y desventajas de cada una de las variantes.

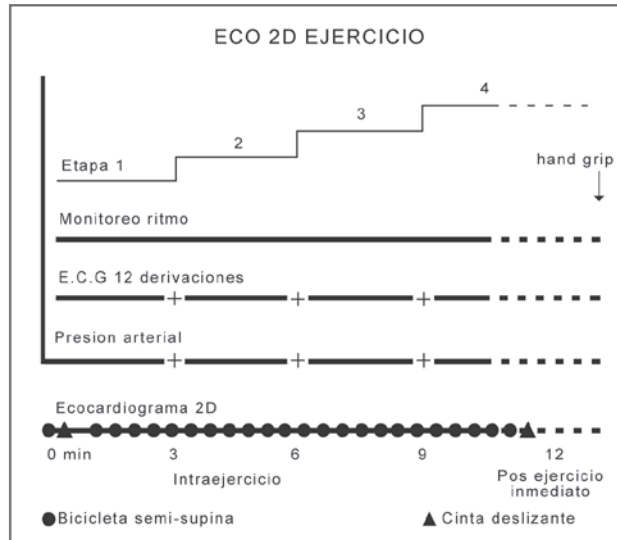
Entre una de sus diferencias, el método que permite la captura de imágenes en el pico del ejercicio (bicicleta erecta y especialmente bicicleta en camilla semi-supina) ofrece cierta mayor sensibilidad pero menor especificidad diagnóstica que la modalidad con adquisición de imágenes en el post esfuerzo inmediato (cinta deslizante); sin embargo, los resultados finales son similares y dependen en gran medida de la experiencia del operador. Es interesante comentar que la modalidad preferida en EEUU es la cinta y en Europa la bicicleta supina (5) (Figura 1).

Si el único objetivo es evaluar la contractilidad parietal (detección de isquemia) se utiliza generalmente el ejercicio con treadmill. Sin embargo, éste no es un método útil para detección de viabilidad (6).

Si se requieren datos adicionales tales como parámetros de función diastólica, comportamiento de la presión pulmonar, medición de gradientes valvulares o cuantificación de la insuficiencia mitral, es altamente preferible la bicicleta supina, que tiene la ventaja de sumar la información del Doppler al análisis de contractilidad en base a la evaluación intraesfuerzo (7, 8) La adición de la imagen ecocardiográfica al estrés físico permite mejorar la exactitud diagnóstica en circunstancias bien establecidas como: probabilidad intermedia de enfermedad coronaria, en pacientes con alteraciones en el ECG que perjudiquen su interpretación, como aquellos con alteraciones significativas de la repolarización o con BCRI, en pacientes en los que se sospecha que el análisis del ECG puede ser falsamente positivo (mujeres jóvenes,

prolapso de válvula mitral, medicación previa, HVI, etc.), en aquellos pacientes con una ergometría dudosa y cuando se necesite una estratificación pronóstica más específica, luego de un síndrome coronario agudo (9).

**Figura 1.**



Antes de indicar una prueba de esfuerzo, debe comprobarse que el paciente está capacitado para efectuar un ejercicio suficiente. Como detalle técnico, debe contarse en lo posible con un ecógrafo que permita obtener imágenes con segunda armónica, para obtener imágenes óptimas. También está descrito que el uso de agentes de contraste para realzar el borde endocárdico mejora la capacidad de análisis en estudios dificultosos. Sin embargo, actualmente no hay disponibilidad ni autorización para su uso en nuestro país.

El paciente es colocado en decúbito lateral izquierdo y se adquieren las primeras imágenes en reposo. Es de buena técnica realizar un ecocardiograma Doppler completo previamente, el cual puede aportar información adicional muy importante.

Se monitoriza el ECG (ideal, de 12 derivaciones), la presión arterial y la frecuencia cardíaca. El objetivo del ejercicio es alcanzar la frecuencia cardíaca máxima para la edad. La duración total es variable y cada etapa puede ser preestablecida en 2 ó 3 minutos (10).

Si se realiza el ejercicio con la bicicleta adaptada a la misma camilla (posición semi supina o erecta) se incrementa cada carga en 25 Wats (150 kgm.). Con la cinta rodante los protocolos más utilizados son los de Bruce y de Naughton (clásico o modificado). Con esta última modalidad, las imágenes son obtenidas en reposo e inmediatamente luego de completarse el ejercicio (adquisición post esfuerzo inmediato) (11).

Si el protocolo se realiza en bicicleta, es preferible la modalidad supina, ya que las imágenes son obtenidas intraesfuerzo. Generalmente, el agotamiento de los miembros inferiores ocurre

antes y la frecuencia cardíaca alcanzada es menor que con la cinta, pero el doble producto obtenido resulta equivalente por un mayor incremento en la presión arterial. En la prueba con cicloergómetro, la isquemia suele aparecer a una carga menor que en un ejercicio en cinta deslizante. Esto se debe a que la presencia de un mayor volumen de fin de diástole del ventrículo izquierdo, junto a un mayor aumento de la presión media conllevan a una mayor demanda de oxígeno con un incremento superior del estrés parietal (12).

Las imágenes de las diferentes vistas se graban como bucles de video en reposo, en el pico del apremio y en la recuperación (3 etapas). La carga se incrementa en 25 W cada 2 ó 3 minutos, pero puede comenzarse con una carga mayor en jóvenes y deportistas (13).

Durante el ejercicio se evalúan los síntomas, los cambios del ECG, la frecuencia cardíaca y la tensión arterial.

La prueba finaliza ante la presencia de síntomas serios (angina progresiva, disnea intensa), isquemia severa en el ECG (infradesnivel ST >4 mm) o evidencia ecocardiográfica de disinerxia en 2 o más segmentos, si se realiza monitoreo intraesfuerzo, ante la aparición de arritmias graves (extrasistolia ventricular compleja, taquicardia ventricular), respuesta hipertensiva (>220 mmHg. de sistólica, >110 mmHg. de diastólica), caída anormal de la TA (descenso >20 mmHg. que en la fase previa) o si se alcanza la máxima frecuencia cardíaca estimada por edad (9).

Si se realiza el esfuerzo en banda deslizante o bicicleta erecta, se deben adquirir las imágenes en los primeros 60 segundos de finalizado el esfuerzo. Todo debe estar acomodado para volcar al paciente rápidamente en la camilla y colocarlo en decúbito lateral para digitalizar las imágenes de la etapa.

Es muy útil trabajar con el programa de registro continuo que digitaliza todos los latidos post esfuerzo y que una vez finalizada la captura, permite seleccionar y almacenar los bucles más representativos de cada vista. El estudio, además, debe ser grabado en video tape por la posibilidad de un error en la captura digital o la necesidad de volver a examinarlo ante alguna duda puntual (14).

Los cortes o vistas que se obtienen son las clásicas: eje largo y corto para - esternal y apicales de 4 y 2 cámaras; el eje largo puede ser obtenido también desde el ápex, que en ocasiones es más fácil de analizar. La adquisición en esfuerzo se inicia por las vistas de 4 y 2 cámaras que son las que brindan mayor información

El informe final debe incluir la modalidad de protocolo utilizado, el tiempo del ejercicio, la máxima frecuencia alcanzada, la presión arterial y doble producto, el motivo de finalización de la prueba, descripción de todos los síntomas cardíacos, especialmente disnea y a/o angor, las alteraciones en el ECG y los cambios en la contractilidad parietal, y de ser posible los índices de función sistodiastólica (15).

Una respuesta normal de la contracción ventricular en ejercicio, es aquella en que mejora la función global y regional en relación al reposo. En una respuesta de tipo isquémico se observa, por el contrario, empeoramiento.

En normales, disminuye el volumen de fin de sístole y se observa un aumento en la fracción de eyección. En la respuesta isquémica aumenta el volumen de fin de sístole y la fracción de eyección se deprime; la mayor esfericidad con dilatación suele ser sugestiva de enfermedad de 3 vasos o tronco (16, 17).

Los eco-estrés con ejercicio suficiente y absolutamente normal tienen una tasa de eventos anuales de muerte cardíaca e infarto no fatal menor al 1%, muy similar a la población de

la misma edad y sexo, por lo tanto estos pacientes no requieren evaluaciones diagnósticas posteriores a menos que cambien el status clínico (18, 19)

## RECOMENDACIONES

---

Para un ecoestrés de esfuerzo

### Clase I

Diagnóstico, estratificación de riesgo y pronóstico de la cardiopatía isquémica, especialmente con pre-test de probabilidad intermedia de enfermedad coronaria.

Evaluación de dolor de pecho con ECG no interpretable o con PEG previa con resultado equívoco.

Estratificación de enfermedad valvular asintomática cuando hay disociación entre síntomas y severidad de la valvulopatía.

Evaluación de función diastólica en paciente con disnea de causa desconocida.

### Clase II

Post síndrome coronario agudo en pacientes de riesgo bajo o intermedio (con paciente estabilizado).

Evaluación de viabilidad (únicamente con bicicleta supina).

Valoración riesgo pre-operatorio (si tiene capacidad de hacer ejercicio).

Pacientes con antecedentes de revascularización luego del año de la intervención.

En pacientes coronarios estables, controles cada 2 años.

### Clase III

- Ventana ultrasónica subóptima e imposibilidad de utilizar contraste
- Paciente con muy baja capacidad o con imposibilidad de realizar ejercicio
- Pacientes asintomáticos con bajo riesgo de enfermedad coronaria
- Valvulopatía severa sintomática
- Estenosis aórtica con disfunción sistólica severa
- Inestabilidad hemodinámica.
- IAM en las primeras 72 hs
- Angina inestable
- Severa hipertensión
- Anemia.
- Miocarditis aguda

## RESUMEN

---

El ecoestrés es una herramienta bien validada para la detección y evaluación de la enfermedad coronaria. Su valor pronóstico ha sido documentado en extensos y numerosos estudios, que permitieron demostrar el rol en la estratificación pre quirúrgica, recuperación de la función en miocardio viable e identificación de pacientes de alto riesgo para eventos cardíacos y muerte.

La prueba es menos costosa que otras modalidades de imágenes, demostrando exactitud para la detección de enfermedad coronaria e información pronóstica equivalente al SPECT. En este sentido, el ecoestrés presenta como indudable ventaja la no exposición del paciente a radiaciones ionizantes, lo que permite la repetición de estudios en el tiempo en forma segura. El método permite además, por su gran versatilidad, la demostración de enfermedad valvular y pericárdica, información de las cavidades y espesor de las paredes, y detección de patología de la aorta, entre otras muchas ventajas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

1. Feigenbaum H. A digital echocardiography laboratory. *J Am Soc Echocardiogr.* 1994; 7: 105-106.
2. Pellikka PA, Nagueh SF, Elhendy AA, Kuehl CA, Sawada SG; American Society of Echocardiography. American Society of Echocardiography recommendations for performance, interpretation, and application of stress echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2007 Sep; 20(9): 1021-41.
3. Beleslin BD, Ostojic M, Stepanovic J, Djordjevic-Dikic A, Stojkovic S, Nedeljkovic M, Stankovic G, Petrasinovic Z, Gojkovic L, Vasiljevic-Pokrajcic Z, et al Stress echocardiography in the detection of myocardial ischemia. Head-to-head comparison of exercise, dobutamine, and dipyridamole tests. *Circulation.* 1994 Sep; 90(3): 1168-76.
4. McCully R, Roger V, Ommen S, Mahoney D, Burger K, Freeman W, et al. Outcomes of patients with reduced exercise capacity at time of exercise echocardiography. *Mayo Clin Proc* 2004; 79: 750-7.
5. Picano E. Stress echocardiography. Springer editorial 5th Edition..Chapter 11 exercise echocardiography . 2009. 159-174.
6. Hoffer EP, Dewe W, Celentano C, Pierard L Low-level exercise echocardiography detects contractile reserve and predicts reversible dysfunction after acute myocardial infarction: comparison with low-dose dobutamine echocardiography. *J Am Coll* 1999 (4): 989-97.
7. Pierard LA. Echocardiographic monitoring throughout exercise better than the post-treadmill approach? *J Am Coll Cardiol.* 2007 Nov 6; 50 (19): 1864-6.
8. Modesto K, Rainbird A, Klarich K, Mahoney D, Chandrasekaran K, Pellikka P. Comparison of supine bicycle exercise and treadmill exercise Doppler echocardiography in evaluation of patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2003; 91: 1245-8.
9. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, Kasprzak J, Lancellotti P, Poldermans D, Voigt JU, Zamorano JL; European Association of Echocardiography. Stress Echocardiography Expert Consensus Statement--Executive Summary: European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC). *Eur Heart J.* 2009 Feb; 30 (3): 278-89.
10. Bruce R, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J* 1973; 85: 546-62.
11. Roger V, Pellikka P, Oh J, Miller FJ, Seward J, Tajik A. Stress echocardiography, part I: exercise echocardiography; techniques, implementation, clinical applications, and correlations . *Mayo Clin Proc* 1995; 70:5-15.
12. Poliner LR, Dehmer GJ, Lewis SE, Parkey RW, Blomqvist CG, Willerson JT Left ventricular performance in normal subjects: a comparison of the responses to exercise in the upright and supine positions. *Circulation.* 1980 Sep; 62(3): 528-34.
13. Grunig E, Janssen B, Mereles D, Barth U, Borst M, Vogt I, et al. Abnormal pulmonary artery pressure response in asymptomatic carriers of primary pulmonary hypertension . *Circulation* 2000; 102: 1145-50.

14. Senior R, Kenny A, Nihoyannopoulos P. Stress echocardiography for assessing myocardial ischaemia and viable myocardium. *Heart* 1997; 78: 12-8.
15. Evangelista E, Flachskampf F, Lancellotti, Badano L, Aguilar R
16. Monaghan M, Zamorano J, and Nihoyannopoulos P on behalf of the European
17. Association of Echocardiography. European Association of Echocardiography recommendations for standardization of performance, digital storage and reporting of echocardiographic studies. *European Journal of Echocardiography* (2008) 9, 438-448
18. Attenhofer C, Pellikka P, Oh J, Roger V, Sohn D, Seward J. Comparison of ischemic response during exercise and dobutamine echocardiography in patients with left main coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 1171-7.
19. Arsenault M, Crete M, Bergeron S. Left ventricular shape assessment: a new simple diagnostic tool in stress echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2002; 15: 1321-5.
20. McCully R, Roger V, Mahoney D, Karon B, Oh J, Miller FJ, et al. Outcome after normal exercise echocardiography and predictors of subsequent cardiac events: follow-up of 1,325 patients. *J Am Coll Cardiol* 1998; 31: 144-9.
21. Sawada S, Ryan T, Conley M, Corya B. Prognostic value of a normal exercise echocardiogram. *Am Heart J* 1990; 120: 49-55.

## 2. B. CÁMARA GAMMA

El ejercicio es la modalidad preferida de estrés en pacientes que están en condiciones de realizar ejercicio hasta una carga adecuada de trabajo (al menos el 85% de la frecuencia cardíaca ajustada según edad la frecuencia que equivale a cinco unidades metabólicas [**5 METS**]).

### A. INDICACIONES

1. Detección de enfermedad arterial coronaria obstructiva (EAC) en:
  - a. Pacientes con una probabilidad pre-test intermedia de EAC basada en la edad, el género y los síntomas.
  - b. Pacientes con factores riesgo alto para EAC (por ejemplo, diabetes mellitus, o enfermedad vascular periférica o cerebral).
2. Estratificación de riesgo en pacientes post infarto de miocardio antes del alta (prueba submáxima entre 4-6 día post IAM), precoz (síntoma limitado entre 14-21 días) o tardía (síntoma limitado a 3-6 semanas) después del alta.
3. Estratificación del riesgo de los pacientes con EAC estable y crónica en una categoría de bajo riesgo que puede ser manejado médicamente, o en una categoría de alto riesgo que deben considerarse para la revascularización coronaria.
4. Estratificación de bajo riesgo en pacientes con síndrome coronario agudo (sin isquemia activa y/o insuficiencia cardíaca 6-12 horas después de la presentación), y en los pacientes de riesgo intermedio 1-3 días después de la presentación (sin isquemia activa y/o síntomas de insuficiencia cardíaca).
5. Estratificación del riesgo antes de la cirugía no cardíaca en pacientes con EAC o aquellos con factores de riesgo con elevada probabilidad de EAC.
6. Para evaluar la eficacia de intervenciones terapéuticas (drogas anti-isquémicas o terapia de revascularización coronaria) y en el seguimiento posterior basando el riesgo en los hallazgos de la perfusión miocárdica en pacientes con EAC conocida.

### B. CONTRAINDICACIONES ABSOLUTAS

1. Angina inestable de alto riesgo. Sin embargo, los pacientes con sospecha de angina inestable en la presentación, que permanecen estables y sin dolor, pueden someterse al ejercicio.
2. Insuficiencia cardíaca congestiva descompensada o mal controlada.
3. Hipertensión arterial no controlada (presión arterial >200/110 mm de Hg).
4. Arritmias cardíacas no controladas (sintomáticas o con compromiso hemodinámico).
5. Estenosis aórtica grave sintomática.
6. Embolia pulmonar aguda.
7. Miocarditis aguda o pericarditis.
8. Disección aórtica aguda.
9. Hipertensión pulmonar severa.
10. Infarto agudo de miocardio (<4 días).

### C. CONTRAINDICACIONES RELATIVAS

1. Lesión de tronco de coronaria izquierda conocida.

2. Estenosis aórtica moderada.
3. Cardiomiopatía hipertrófica obstructiva u otras formas de obstrucción del tracto de salida.
4. Taquiarritmias o bradiarritmias significativas.
5. Bloqueo auriculoventricular de alto grado.
6. Electrolitos anormales.
7. Impedimento físico o mental que imposibilite realizar un ejercicio adecuado.
8. Si se combina con imágenes, los pacientes con Bloqueo completo de Rama Izquierda permanente, marcapasos ventricular, síndromes de pre-excitación (WPW) preferentemente deberían someterse a prueba de esfuerzo farmacológico con vasodilatadores (dipiridamol o adenosina) o estimulación inotrópica (dobutamina).

#### **D. LIMITACIONES**

Las pruebas de ejercicio tienen un valor limitado en pacientes que no pueden lograr una adecuada frecuencia cardíaca y respuesta de la presión arterial, debido a una limitación física no cardíaca como, pulmonares, vasculares periféricas, alteraciones músculo esqueléticas o debido a una falta de motivación. Estos pacientes deben someterse a estrés farmacológico con imágenes de perfusión miocárdica.

#### **E. MODALIDADES DE EJERCICIO**

1. El ejercicio en cinta deslizante (treadmill) es la modalidad más ampliamente utilizada. Varios protocolos en treadmill están disponibles, difieren en la velocidad y el grado de inclinación de la cinta. Bruce y Bruce modificado son los protocolos de ejercicio más utilizados.
2. El ejercicio en bicicleta en posición vertical es comúnmente usado en nuestro país. Esta es preferible cuando se combinan con imágenes dinámicas de primer paso y se desea realizarlas durante el ejercicio. El ejercicio semi-supino o supino es relativamente subóptimo y sólo debe utilizarse durante la realización de ejercicios combinados con ventriculografía radioisotópica.

#### **F. PROCEDIMIENTO**

1. 1. Preparación del paciente:
  - Ayuno 2 horas previo al test.
  - Pueden en la mañana tomar un desayuno liviano (cereales, frutas).
2. Se coloca una vía intravenosa para la inyección del radiofármaco durante el ejercicio.
3. El electrocardiograma debe vigilarse continuamente durante la prueba de ejercicio, y por lo menos 5 minutos en la fase de recuperación o hasta que el ritmo cardíaco en reposo es <100 lpm y/o las alteraciones inducidas por el ejercicio del segmento ST se hayan resuelto. Un electrocardiograma de 12 derivaciones debe obtenerse en cada fase del ejercicio, en el pico de ejercicio y en la terminación o fase de recuperación.
4. La frecuencia cardíaca y la presión arterial deben registrarse al menos cada 3 minutos durante el ejercicio, en el pico de ejercicio y por lo menos 5 minutos en la fase de recuperación.
5. Todas las pruebas deberán ser síntoma limitado, alcanzando el 85% del máximo previsto según la edad.
  - Alcanzar la frecuencia cardíaca prevista no debe ser motivo de detención de la prueba.



6. El radiofármaco debe ser inyectado tan cerca como sea posible del ejercicio pico. Los pacientes deben seguir ejercitándose por un período adicional de 1.5-2 minutos después de la inyección de radiotrazador.
7. En los pacientes que no pueden realizar el ejercicio de manera adecuada y la prueba es un test diagnóstico, el radiotrazador no debe ser inyectado en el pico de ejercicio que logró el paciente, sino ser evaluado para realizar un apremio farmacológico.
8. La presión arterial: las medicaciones para el tratamiento de la hipertensión arterial con propiedades antianginosas (beta bloqueantes, bloqueadores de los canales de calcio y nitratos) se deben interrumpir durante al menos 48 horas antes de una prueba cuyo objetivo es diagnóstico.

En pacientes con EAC, la suspensión de la medicación debe ser decidida por indicación del médico remitente.

### **G. INDICACIONES PARA LA PRONTA TERMINACIÓN DEL EJERCICIO**

1. Moderada a severa angina de pecho.
2. Marcada disnea o fatiga.
3. Ataxia, mareos o casi-síncope.
4. Signos de mala perfusión (cianosis y palidez).
5. Petición del paciente para terminar la prueba.
6. Excesiva depresión del segmento ST (>2 mm).
7. Elevación del ST (>1 mm) en derivaciones sin ondas Q (con excepción de las derivaciones V1 o AVR).
8. Taquicardia supraventricular o ventricular sostenida.
9. Desarrollo de bloqueo de rama o retardos de la conducción intraventricular (y que no pueden distinguirse de la taquicardia ventricular).
10. Disminución de la presión arterial sistólica >10 mm Hg con respecto a la presión arterial basal, a pesar que pueda aumentar la carga de trabajo, cuando se acompaña de otras evidencias de isquemia.
11. Respuesta hipertensiva (presión arterial sistólica >250 mmHg y/o presión diastólica >115 mm. Hg).
12. Dificultades técnicas en el monitoreo del ECG o la presión arterial.

Protocolos graduados de Hiatt y Gardner validados en la población vascular periférica. La velocidad se mantiene constante, con incrementos de 3,5% cada 3 minutos (Hiatt) o 2% cada 2 minutos (Gardner). El protocolo de carga constante se realiza a una velocidad (2 mph - 3,2 Km/h) y carga constante (12%).

## **RECOMENDACIONES**

---

### **Clase I**

**Detección de enfermedad arterial coronaria en:** pacientes con una probabilidad pretest intermedia de EAC basada en la edad, el género y los síntomas, y en pacientes con factores de riesgo alto para enfermedad coronaria (por ejemplo, diabetes mellitus, o enfermedad vascular periférica o cerebral). (evidencia A).

**Estratificación de riesgo en pacientes post infarto de miocardio:** antes del alta (prueba Submáxima entre 4-6 días post IAM), precoz (síntoma limitado entre 14-21 días) o tardía (síntoma limitado a 3-6 semanas) después del alta. (evidencia A).

**Estratificación del riesgo de los pacientes con EAC estable y crónica:** en una categoría de bajo riesgo que puede ser manejado médicamente, o en una categoría de alto riesgo que debe considerarse para la revascularización coronaria. (evidencia A).

**Estratificación de bajo riesgo en pacientes con síndrome coronario agudo:** (sin isquemia activa y/o insuficiencia cardíaca 6-12 horas después de la presentación) y en los pacientes de riesgo intermedio 1-3 días después de la presentación (sin isquemia activa y/o síntomas de insuficiencia cardíaca) (evidencia A).

**Estratificación del riesgo antes de la cirugía no cardíaca:** en pacientes con EAC o aquellos con factores de riesgo con elevada probabilidad de EAC. (evidencia A).

### **Clase II**

Para evaluar la eficacia de intervenciones terapéuticas (drogas anti-isquémicas o terapia de revascularización coronaria) y en el seguimiento posterior basando el riesgo en los hallazgos de la perfusión miocárdica en pacientes con EAC conocida (nivel de evidencia A).

### **Clase III**

Angina inestable de alto riesgo. Sin embargo, los pacientes con sospecha de angina inestable en la presentación, que permanecen estables y sin dolor, pueden someterse de ejercicio.

Insuficiencia cardíaca congestiva descompensada o mal controlada.

Hipertensión arterial no controlada (presión arterial >200/110 mm de Hg).

Aritmias cardíacas no controladas (sintomática o con compromiso hemodinámico).

Estenosis aórtica grave sintomática.

Embolia pulmonar aguda.

Miocarditis aguda o pericarditis.

Diseccción aórtica aguda.

Hipertensión pulmonar severa.

Infarto agudo de miocardio (<4 días).

## 2. C. CONSUMO DE OXÍGENO

La incorporación de la medición de los gases ventilatorios a la evaluación ergométrica convencional constituye un aporte de interés tanto para la comprensión fisiopatológica como para el diagnóstico y la evaluación pronóstica.

La medición del consumo de oxígeno máximo ( $\text{VO}_2$  máx.) refleja el **aporte** de oxígeno por el sistema respiratorio, el **transporte** del mismo por el sistema cardiovascular y su **utilización** por la célula muscular durante un esfuerzo máximo. Las enfermedades que involucren al sistema cardiovascular, el aparato respiratorio o el musculoesquelético afectarán el rendimiento durante una prueba de esfuerzo y el valor de consumo máximo de oxígeno. A través de la ecuación de Fick podemos analizar los componentes del sistema cardiocirculatorio determinantes del consumo de oxígeno.

### *Ecuación de Fick:*

$$\text{Consumo de O}_2 = \text{Gasto cardíaco} \times \text{diferencia arterio - venosa O}_2$$

$$\text{VO}_2 = (\text{volumen sistólico} \times \text{frecuencia cardíaca}) \times \text{dif a-v O}_2$$

Un volumen sistólico adecuado, junto a un normal incremento de la frecuencia cardíaca durante el esfuerzo serán los componentes **centrales** de una respuesta fisiológica al ejercicio, en tanto que el aprovechamiento **periférico** del oxígeno por los músculos funcionantes será el otro componente de relevancia para la obtención de un  $\text{VO}_2$  máx. Dado que su medición permite analizar el comportamiento de variables centrales y periféricas durante el esfuerzo, su obtención en forma directa constituye una de las formas más precisas de evaluación de la capacidad funcional. Por otra parte teniendo en cuenta que 1 Mets equivale a 3,5 ml/kg/min de oxígeno, se puede estimar durante una evaluación ergométrica, en forma indirecta el  $\text{VO}_2$  máx. Si bien esta forma de medición es útil, no guarda siempre una correlación estrecha con el consumo de oxígeno medido en forma directa. Esta situación se pone en evidencia en pacientes con disfunción ventricular izquierda (DVI) y tolerancia al esfuerzo conservada. Habitualmente el  $\text{VO}_2$  máx. indirecto (METS) sobrestima el valor del  $\text{VO}_2$  máx medido en forma directa, dado que este último contempla, además del condicionamiento periférico, la disminución en el volumen minuto.

La realización de una prueba de esfuerzo con medición directa de consumo de oxígeno tiene características comunes a la ergometría convencional, y otras que la distinguen. Comparte con esta última la preparación previa del paciente a la prueba, (ayuno, vestimenta, manejo de la medicación), sus contraindicaciones, los ergómetros y los protocolos de trabajo.

La recolección de los gases ventilatorios en forma directa, la técnica de realización de la prueba y sus indicaciones la distinguen de la ergometría convencional.

La obtención de resultados confiables dependerá de una correcta calibración de los equipos, de la experiencia del operador y de la colaboración del paciente.

### **TÉCNICA**

Para efectuar la recolección de gases se utiliza una boquilla junto a un sistema valvulado que permite la inspiración de aire ambiente y la espiración de los gases. Al paciente se le coloca un clip nasal para que la respiración sea exclusivamente por la boca y dirigida hacia

el sistema de recolección de gases. Un analizador de **dióxido de carbono y oxígeno** recoge los gases espirados desde el comienzo hasta finalizada la prueba; simultáneamente un neumotacógrafo mide la **ventilación** pulmonar volcando esta información, junto a la de los gases analizados, en un sistema computarizado. La calibración del analizador de gases y del neumotacógrafo debe efectuarse en forma sistemática antes de comenzar la prueba. De la recolección de gases se obtienen curvas con los valores del consumo de oxígeno ( $VO_2$ ), producción de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y ventilación (VE) desde el reposo hasta finalizada la evaluación. La duración de la prueba deberá estar entre 6 y 12 minutos, dado que este es el tiempo estimado para la obtención de un consumo de oxígeno máximo y del umbral anaeróbico. Pruebas de mucha intensidad que produzcan un agotamiento precoz inducirán a una incorrecta interpretación de los resultados. Tiempos prolongados con una baja carga de trabajo nos conducirán también a resultados incorrectos. Para poder lograr los tiempos adecuados, se utilizan protocolos de trabajo acordes al estado funcional del individuo. En cicloergómetro se utilizan protocolos de incremento de cargas progresivas en forma escalonada o en rampa. En los primeros, el aumento de la carga se hace en forma discontinua mientras en los segundos es continua, siendo esta modalidad de protocolo más utilizada para la obtención de consumos de oxígeno máximos

En pacientes con baja clase funcional (insuficiencia cardíaca) utilizamos en cicloergómetro protocolos de incremento progresivo en rampa de 10 Watts/minuto (10 Watts= 60 kilogrametros) En pacientes con buena capacidad funcional utilizamos protocolos de incremento en rampa entre 20 a 30 Watts/minuto.

En el treadmill, en pacientes con insuficiencia cardíaca, se utilizan los protocolos de Naughton, Naughton modificado y Bruce modificado. En pacientes con buena capacidad aeróbica se utiliza el protocolo de Bruce

El consumo de oxígeno máximo, la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la ventilación pulmonar alcanzadas en treadmill pueden ser entre un 5 y un 15% mayor a la del cicloergómetro. Esta diferencia se explica debido a que la masa muscular involucrada durante la prueba en cinta es mayor al trasladar el peso de todo el cuerpo.

Para conocer el punto de detención de la prueba, a la manifestación del paciente podremos sumarle otros criterios. La presencia de una meseta en la curva de consumo de oxígeno, de tal manera que aunque aumente la carga de trabajo no aumente el consumo de oxígeno. Este punto nos indica que se ha alcanzado el consumo de oxígeno máximo.

Puede no alcanzarse dicha meseta, en cuyo caso se denomina al punto máximo de  $VO_2$  consumo de oxígeno pico, y es el que se obtiene en la mayoría de los sujetos sanos, desentrenados o con cardiopatía, siendo considerado como el consumo de oxígeno máximo alcanzado. Otros parámetros a tener en cuenta para considerar máxima a una prueba, son alcanzar una frecuencia cardíaca cercana a la máxima teórica, la caída del pH sanguíneo por debajo de 7.35 y la presencia de un cociente respiratorio ( $VCO_2/VO_2$ ) superior a 1.

Durante toda la prueba se realiza el monitoreo de la presión y la frecuencia cardíaca en forma similar a la ergometría convencional.

Una vez alcanzado el esfuerzo máximo, se detiene el ergómetro en forma gradual; durante la recuperación se continúa con una carga de trabajo liviana hasta que las curvas de  $VO_2$ ,  $CO_2$  y VE retornen a los valores basales. Dicho período oscila entre 3 y 5 minutos, dependiendo del cuadro clínico o del nivel de entrenamiento del individuo.

Es de utilidad conocer el valor del  $VO_2$  máx. teórico esperado, para su posterior comparación con el medido. El cálculo se puede realizar a través diferentes fórmulas según sexo, altura (cm), peso (kg) y edad (años).

CONSUMO DE $O_2$ MÁXIMO ESPERADO	$VO_2$ máx (ml/min) PESO NORMAL
Hombres	peso x [ 56.36 - (0.413 x edad)]
Mujeres	peso x [44.37 - (0.413 x edad)]

Se puede estratificar, en individuos sanos, el estado cardiorrespiratorio a través de la medición del  $VO_2$  máx. expresado en ml/kg.min. (Tabla 1)

**Tabla 1.** Clasificación del estado físico cardio-respiratorio en función del consumo de oxígeno máximo.

MUJERES					
CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO (ml/kg.min)					
EDAD (AÑOS)	BAJO	REGULAR	MEDIO	BUENO	ALTO
20-29	≤24	24-30	31-37	38-48	≥49
30-39	≤20	20-27	28-33	34-44	≥45
40-49	≤17	17-23	24-30	31-41	≥42
50-59	≤15	15-20	21-27	28-37	≥38
60-69	≤13	13-17	18-23	24-34	≥35

HOMBRES					
CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO (ml/kg.min)					
EDAD (AÑOS)	BAJO	REGULAR	MEDIO	BUENO	ALTO
20-29	≤25	25-33	34-42	43-52	≥53
30-39	≤23	23-30	31-38	39-48	≥49
40-49	≤20	20-26	27-35	36-44	≥45
50-59	≤18	18-24	25-33	34-42	≥43
60-69	≤16	16-22	23-30	31-40	≥41

Cuando el  $\text{VO}_2$  máx. no alcance cifras razonables, deberán descartarse causas fácilmente detectables como ejercicio insuficiente (falta de motivación, protocolo inadecuado, etc.), falla en la calibración del equipo, sedentarismo, obesidad o patología musculoesquelética. Enfermedades sistémicas que provoquen acidosis metabólica crónica, anemia y la enfermedad vascular.

### INDICACIONES DE LA PRUEBA CARDIOPULMONAR

Dividiremos su aplicación en individuos sanos, y con patologías cardíaca y pulmonar en orden de importancia para cada grupo.

#### A. sanos

- Disnea sin causa orgánica demostrada.
- Deportistas en los que se desea precisar su capacidad aeróbica y el efecto del entrenamiento.

#### B. Con enfermedad pulmonar

- Medición del grado de limitación funcional.
- Cuantificar la relación entre la ventilación y la perfusión: V/Q.
- Evaluación de la desaturación arterial durante el ejercicio.
- Valoración del riesgo en la cirugía torácica.
- Asma inducido por el ejercicio.

#### C. Con enfermedad cardíaca

- Evaluación pre trasplante cardíaco.
- Valoración de la respuesta al tratamiento en la insuficiencia cardíaca.
- Prescripción y valoración de resultados de planes de rehabilitación.
- Como complemento, en la decisión del tiempo quirúrgico en las valvulopatías.
- Valoración del grado de incapacidad laboral.

Además de la medición del  $\text{VO}_2$  máx., como forma de evaluación del estado funcional, se destacan otras variables ventilatorias que aportan información adicional durante la evaluación cardiopulmonar:

### Umbral anaeróbico ventilatorio (UA)

El umbral anaeróbico se define como la intensidad de trabajo a partir de la cual comienza a incrementarse en forma progresiva el nivel de ácido láctico en sangre, a la vez que la ventilación se intensifica de manera desproporcionada respecto al consumo de oxígeno.

La medición del UA permite analizar la capacidad del sistema cardiocirculatorio y muscular para utilizar y metabolizar el oxígeno como fuente de energía durante el esfuerzo.

La medición del UA puede hacerse en forma directa a través del análisis de lactato en sangre (por punción capilar), o indirecta mediante el análisis de los gases ventilatorios (UA ventilatorio). Si bien la correlación entre ambas formas de medición no es exacta, expresan cambios metabólicos de igual tendencia.

Durante la prueba de esfuerzo cardiopulmonar, existen diferentes formas de obtener el UA ventilatorio, entre ellas suele utilizarse el punto a partir del cual la relación entre la ventilación y el consumo de oxígeno tienen su mayor inflexión o nadir. Otra forma de obtenerlo, consiste en tomar el punto a partir del cual las concentraciones de dióxido de carbono se elevan por encima de las de consumo de oxígeno.

El consumo de oxígeno en el punto del umbral anaeróbico debe superar el 40% del consumo de oxígeno máximo esperado; valores por debajo de este porcentaje expresan disfunción circulatoria central o periférica.

### Cociente respiratorio (R)

Expresa el cociente entre la producción de CO<sub>2</sub> y el VO<sub>2</sub> \* 56.

$$R = \frac{VCO_2}{VO_2}$$

Los niveles de VO<sub>2</sub> y de VCO<sub>2</sub> se incrementan desde su nivel basal en reposo hasta las etapas finales del ejercicio. Habitualmente, las concentraciones de VO<sub>2</sub> son superiores a las de CO<sub>2</sub> en situación basal, excepto en pacientes con enfermedad pulmonar o que hiperventilan en reposo, en cuyo caso se invierte la relación. Durante el ejercicio, los niveles de VCO<sub>2</sub> aumentan en mayor medida que los del VO<sub>2</sub> hasta alcanzarlo. En esta etapa de la prueba, donde la relación es 1:1, podemos asumir que el paciente se encuentra trabajando en un nivel de intensidad próximo al umbral anaeróbico. Esta relación nos permite estimar el nivel de esfuerzo realizado; una vez superado el nivel 1:1 el **R** continúa elevándose, siendo un valor de **1.09** un punto de corte que refleja un aceptable nivel de esfuerzo realizado. Tener en cuenta este dato a la hora de evaluar los resultados, nos permite discriminar entre un bajo valor de VO<sub>2</sub> por un pobre esfuerzo, del que obedece a causa cardíacas, pulmonar o musculoesqueléticas entre otras.

### Equivalente ventilatorio de oxígeno (VE/VO<sub>2</sub>) y de dióxido de carbono (VE/VCO<sub>2</sub>)

Estas variables expresan la relación entre la ventilación (VE) y el VO<sub>2</sub> y la VE y la VCO<sub>2</sub>. Durante las primeras etapas del ejercicio, el aumento de la VE es proporcional al del VO<sub>2</sub> hasta alcanzar el punto del umbral anaeróbico, momento en que la ventilación experimenta un aumento desproporcionado respecto al VO<sub>2</sub>.

El análisis de esta variable (VE/VCO<sub>2</sub>) como reflejo de la respuesta ventilatoria a los distintos niveles de VCO<sub>2</sub>, resulta de suma utilidad tanto en la evaluación del estado de entrenamiento como en situaciones patológicas.

El análisis en conjunto de variables aportadas por el estudio cardiopulmonar permite diferenciar claramente poblaciones.

### Disnea respiratoria o cardíaca

No es inusual encontrarnos con pacientes que consultan por disnea de posible origen miocárdico y que además tienen historia de tabaquismo de larga data o enfermedad pulmonar asociada. También es conocida la posibilidad de un examen espirométrico alterado en ciertas cardiopatías como la insuficiencia cardíaca, algunas incluso con patrón restrictivo, secundario a congestión pulmonar crónica. Por tal motivo, aun luego de un cuidadoso examen clínico y espirométrico, hay casos que plantean dudas respecto al origen de la disnea; en ellos la evaluación mediante una *prueba cardiopulmonar* nos permite una mayor aproximación al diagnóstico, analizando el comportamiento de las variables ventilatorias durante el esfuerzo.

En individuos sin enfermedad respiratoria, la ventilación máxima (VE máx) durante la prueba

no supera habitualmente más del 60 al 70% del valor de la máxima ventilación voluntaria (**MVV**). Los pacientes con enfermedades pulmonares presentan durante el esfuerzo valores de  $V_{E\text{máx}}$  cercanos a la MVV a expensas de utilizar el volumen de **reserva respiratoria (RR)** (fracción no utilizada de la MVV durante el ejercicio). Se calcula a partir de la diferencia entre la MVV y la VE máx lograda por el paciente durante la prueba esfuerzo. La MVV se obtiene mediante la realización de una espirometría previa a la prueba de esfuerzo. Una forma alternativa de obtenerla es multiplicar el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV 1) por un factor de corrección entre 35-40 (media 37,5). \* 52

Reserva respiratoria:

$$\text{MVV (l/min)} - \text{VE máx (l/min)}$$

Un valor en la reserva respiratoria por debajo del 30% o de 15 litros nos habla de un componente fundamentalmente pulmonar en el origen de la disnea.

Durante la prueba cardiopulmonar, variables como el  $\text{VO}_2$  máx, el umbral anaeróbico, la saturación de oxígeno y la causa de detención de la prueba nos pueden ayudar a discriminar el origen de la limitación al esfuerzo (Tabla 2).

**Tabla 2.** Características que diferencian la limitación al esfuerzo de origen cardíaco y pulmonar

DISNEA	CARDÍACA	PULMONAR
Reserva respiratoria	no la utiliza	la utiliza
Umbral anaeróbico	lo alcanza	no siempre lo alcanza
$\text{VO}_2$ máx	lo alcanza	habitualmente no lo alcanza
Desaturación	No	Si
Causa de detención	Fatiga	disnea

### CONSUMO DE OXÍGENO EN LA INSUFICIENCIA CARDÍACA

En cardiología, la principal aplicación de la medición del consumo de oxígeno es el estudio de pacientes con disfunción ventricular izquierda (DVI) o insuficiencia cardíaca (IC), ya que brinda información pronóstica y de utilidad terapéutica.

En la falla de bomba, distintos factores influyen en la intolerancia al ejercicio o en la obtención de un bajo valor de  $\text{VO}_2$  máx. En una primera etapa, la disminución del volumen sistólico tanto por alteración en la función sistólica, diastólica o ambas, contribuirá en la disminución del volumen de oxígeno transportado hacia los tejidos. De no existir descondicionamiento periférico, el valor del consumo de  $\text{O}_2$  en esta etapa (DVI asintomática), es expresión de la caída del volumen minuto.

A medida que progresa la enfermedad, se suman las alteraciones periféricas, como la vasoconstricción o la disminución de enzimas oxidativas en el músculo periférico, cuya resultante es una inadecuada utilización del oxígeno. En este momento evolutivo, el  $\text{VO}_2$  máx resulta expresión de alteraciones en la función central más el descondicionamiento periférico, en-



contrándose el paciente habitualmente sintomático por fatiga o disnea (IC sintomática)  
 En función de las cifras de consumo de oxígeno máximo logrado durante la prueba cardiopulmonar, Weber propuso la clasificación que estratifica grados progresivos de disfunción cardiocirculatoria en respuesta al ejercicio (Tabla 3)

**Tabla 3.** Clasificación de Weber

CLASE	VO <sub>2</sub> MÁX (ml/kg.min)	GRADO DE LIMITACIÓN FUNCIONAL
A	>20	ninguno
B	16-20	ligero
C	10-15	moderado
D	<10	grave
E	<6	aumento de lactato en reposo

Esta clasificación expresa el VO<sub>2</sub> máx en valores absolutos, sin contemplar las variaciones según sexo, edad y talla. Dado que el VO<sub>2</sub> máx. disminuye con la edad, el agregado del valor porcentual respecto del teórico esperado, permite una mejor interpretación de los resultados. En individuos jóvenes, un VO<sub>2</sub> máx expresado sólo en ml/kg·min puede no reflejar el real estado funcional.

Un VO<sub>2</sub> máx por encima o por debajo del 50% del valor teórico esperado separa poblaciones con diferente pronóstico

El valor pronóstico del VO<sub>2</sub> máx, en pacientes con insuficiencia cardíaca, varía según su valor se encuentre por encima o debajo de 14 ml/kg·min. Por encima de esta cifra la supervivencia al año es mayor al 90%. Si se toma como punto de corte un VO<sub>2</sub> máx de 10 ml/kg·min, la supervivencia al año estará cerca del 80%, con una caída brusca debajo de esta cifra.

De acuerdo al consenso de la XXIV Conferencia de Bethesda (EEUU), un VO<sub>2</sub> máx por debajo de 10 ml/kg·min en un paciente con miocardiopatía es uno de los criterios de indicación de trasplante cardíaco. Menos de 14 ml/kg·min es criterio para la inclusión en lista de trasplante.

Podríamos concluir que una cifra de VO<sub>2</sub> máx por debajo de 10 ml/kg min representa claramente un mal pronóstico que contrasta con valores por encima de 18 ml/kg min. Entre ambas cifras existiría una zona gris donde al valor del VO<sub>2</sub> máx debemos sumarle otras variables clínicas y paraclínicas para precisar la información pronóstica.

## RECOMENDACIONES

### Clase I

#### A. sanos. (evidencia A)

- Disnea sin causa orgánica demostrada.
- Deportistas en los que se desea precisar su capacidad aeróbica y el efecto del entrenamiento.

- B.** Con enfermedad **pulmonar**. (evidencia B)
  - Medición del grado de limitación funcional
  - Cuantificar la relación entre la ventilación y la perfusión: V/Q
  - Evaluación de la desturación arterial durante el ejercicio.
  - Valoración del riesgo en la cirugía torácica.
  - Asma inducido por el ejercicio.
- C.** Con enfermedad **cardíaca**. (evidencia C)
  - Evaluación pre trasplante cardíaco

### **Clase IIa**

- Con enfermedad cardíaca. (evidencia B).
- Valoración de la respuesta al tratamiento en la insuficiencia cardíaca
- Prescripción y valoración de resultados de planes de rehabilitación
- Como complemento, en la decisión del tiempo quirúrgico en las valvulopatías
- Valoración del grado de incapacidad laboral

## 2. D. VENTILOMETRÍA/OXIMETRÍA

### VENTILOMETRÍA DE ESFUERZO

La ventilación pulmonar (VP) es el aire que entra y sale de los pulmones manteniendo constante la composición y el intercambio de gases a nivel alveolo-capilar. Aproximadamente el 30% del volumen corriente (VC) no participa del intercambio gaseoso alveolo-capilar en reposo, correspondiendo al espacio muerto fisiológico ( $V_d/V_t$ ). En la insuficiencia cardíaca la disnea se asocia a un incremento del  $V_d/V_t$  por alteraciones en la relación ventilación/perfusión pulmonar ( $V/Q$ ) con una reducción del pulso de oxígeno, del umbral anaeróbico y del consumo de oxígeno pico (1, 2, 3).

Al efectuar un ejercicio físico, el incremento de la VP se produce inicialmente por un aumento del VC hasta llegar aproximadamente al 60 % de la capacidad vital y luego por el aumento de la frecuencia respiratoria (FR) (4).

Durante el esfuerzo, la VP tiene una relación lineal con el consumo de oxígeno y la intensidad del esfuerzo hasta el 40 al 70% del consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2\text{máx}}$ ), luego del cual se produce un punto de inflexión rápida en la VP por el incremento del dióxido de carbono en sangre que tiene que ser eliminado por vía respiratoria ( $VCO_2$ ), a través del aumento de la ventilación pulmonar, llamado umbral ventilatorio 2 ( $UV_2$ ) (5). Se ha informado de una buena correlación de este  $UV_2$  con el umbral anaeróbico en test geométrico cardiopulmonar con consumo directo de oxígeno (TECP), que sigue siendo el patrón oro, en deportistas recreativos (6). También en pacientes diabéticos se ha informado la presentación del  $UV_2$  a menor capacidad funcional como probable expresión de una disfunción ventilatoria por microangiopatía diabética pulmonar e incremento precoz de la lactacidemia del metabolismo muscular con el esfuerzo (7, 8, 9, 10). La VP máxima ( $VP_{\text{máx}}$ ) alcanzada durante el ejercicio máximo es de aproximadamente el 70% de la ventilación voluntaria máxima (VVM).

El método consiste en registrar la VP con un ventilómetro conectado a la computadora en un software adaptado al programa de ergometría de 12 derivaciones electrocardiográficas. Previo calibrado del equipo, se toma el registro de la ventilación voluntaria máxima (VVM) teórica y basal.

Durante la ergometría de 12 derivaciones se registra la VP, la frecuencia respiratoria (FR), el volumen corriente (VC) y el porcentaje de la reserva ventilatoria (% RV). Una vez completado el estudio, se puede graficar la curva de ventilación pulmonar y determinar el umbral ventilatorio 1 ( $UV_1$ ), el  $UV_2$ , la  $VP_{\text{máx}}$  y de recuperación, con sus respectivas velocidades, tiempos, distancias y frecuencias cardíacas. El método requiere pruebas ergométricas comparativas en el mismo individuo con igual protocolo en relación a programas de entrenamiento, y estudios complementarios neumonológicos de espirometría, curva de flujo de volumen y de difusión DLco a fin de descartar presencia de patología pulmonar restrictiva, obstructiva o vascular.

### RECOMENDACIONES

#### Clase I

1. Determinar disfunción ventilatoria en enfermedad cardíaca (B).
2. Determinar ventilación pulmonar máxima y umbral ventilatorio en actividades físicas deportivas recreativas (B)

### **Clase II A**

1. Determinar disfunción ventilatoria en enfermedad pulmonar (B).
2. Determinar ventilación pulmonar máxima y umbral ventilatorio en actividades físicas deportivas competitivas (B).

### **Clase II B**

1. Determinar disfunción ventilatoria subclínica por microangiopatía pulmonar en la diabetes (C).

### **Clase III**

1. Determinar enfermedad cardiopulmonar.

## ***BIBLIOGRAFÍA***

---

1. Guazzi M. Alveolar – capillary membrane dysfunction in chronic heart failure: pathophysiology and therapeutic implications. Clin Sci 2000; 98: 633-41.
2. Guazzi M, Agostini P, Matturi M, Pontone G, Guazzi MD. Pulmonary function, cardiac function, and exercise capacity in a follow-up patients with congestive heart failure treated with carvedilol. Am Heart J 1999;138: 460-7.
3. Guazzi M, Brambilla R, Pontone G, Agostini P, Guazzi MD. Effect non-insulin dependent diabetes mellitus on pulmonary function and exercise tolerance in chronic congestive heart failure. Am J Cardiol 2002;89: 191-7.
4. Manual de pruebas de ejercicio y rehabilitación cardíaca y pulmonar. Zavala D C, Mazzei J A. Centro Editor de la Fundación Favaloro. 1996.
5. Wilmore JH, Costill DL. Fisiología del esfuerzo y del deporte. 2ª edición. 2000. Editorial Paidotribo.
6. Neder JA, Stein R. A simplified strategy for the estimation of the exercise ventilatory thresholds Med Sci Sport Exerc 2006;38: 1007-13.
7. Motta DA, Brion G, Angelino A, Grazioli G, Maur R, Peidro R “Respuesta de ventilación pulmonar y frecuencia cardíaca en la ergometría de pacientes diabéticos. Informe preliminar”. Centro de Vida Fundación Favaloro. Buenos Aires, Argentina. XXXIV Congreso Argentino de Cardiología. Rev Argent Cardiol 2007;75 Supl 1: 149, Abstract Nro 150.
8. Motta DA, Brion G, Angelino A, Grazioli G, Maur R, Peidro R. “Ventilación pulmonar y curva de frecuencia cardíaca de esfuerzo y recuperación ergométrica en diabéticos”. XIX Jornadas nacionales de los Distritos Regionales de la SAC. 5-6 de octubre de 2007, Córdoba, Argentina.
9. Peidro R, Motta DA, Brion G, Angelino A, Diaz Uberti P, Favaloro R. “Exercise ventilatory testing in diabetic patients” XVI Congreso Mundial de Cardiología. 18-21 de mayo 2008. Buenos Aires. Argentina.
10. Hsia CC, Raskin P. Lung function changes related to diabetes mellitus. Diabetes Technol Ther 2007; 99 suppl 1: S73-82.

## OXIMETRÍA DE ESFUERZO

Es un método indirecto que nos permite medir la saturación de oxígeno en la hemoglobina de la sangre, comparando la transmisión de la reflexión de la radiación luminosa de dos longitudes de ondas diferentes de la oxihemoglobina y la hemoglobina reducida. Puede diagnosticar la presencia de hipoxemia inducida por el ejercicio, monitoreando la saturación arterial de  $O_2$  ( $SO_2$ ).

En enfermedades pulmonares crónicas severas y desaturación en reposo, se evalúa la  $PaO_2$ , el Ph y la  $PaCO_2$  con el análisis directo de gases en sangre arterial junto al pH y la  $PaCO_2$ .

Como no hay un parámetro basal fisiológico de referencia para predecir hipoxemia en el esfuerzo ( $PaO_2$  inferior o igual a 55 mmHg), en aquellos pacientes que presentan una  $PaO_2$  en reposo entre 55 y 60 mmHg y que tienen indicaciones de oxígeno complementario domiciliario, o presentan una  $PaO_2$  superior de 60 mmHg y disnea a los esfuerzos habituales y/o signos de corazón pulmonar, deben realizar una prueba de caminata de los 6 minutos. La determinación de la saturación de  $O_2$  arterial puede realizarse con el walking test de 6 ó 12 minutos, controlando la frecuencia cardíaca y el esfuerzo percibido con escala de Borg.

En los pacientes cuyos valores oximétricos durante la caminata se ubican entre 86 y 90%, es conveniente realizar un test ergométrico cardiopulmonar para el análisis de gases y de la hemodinamia respiratoria, y determinar la capacidad funcional del paciente.

Si la carga que provoca una caída debajo del nivel crítico corresponde a un esfuerzo habitual, debería indicarse  $O_2$  suplementario. El flujo de  $O_2$  a indicar deberá ser titulado hasta alcanzar una saturación de oxígeno mayor al 90%, o una  $PaO_2$  superior a 60 mmHg.

Un descenso de la saturación de  $O_2$  por debajo del 86% establece la necesidad de administrar oxígeno intraesfuerzo, debido a que a una saturación inferior a este valor se corresponde siempre con una  $PaO_2$  inferior o igual a 55 mmHg.

Una desaturación de  $O_2$  durante el esfuerzo menor a 87%, permite incorporar a los pacientes con EPOC a un programa de rehabilitación pulmonar con suplementación de oxígeno.

Los pacientes que califiquen para oxígeno complementario domiciliario deben practicar una prueba de caminata de 6 minutos para titular el flujo de oxígeno necesario para alcanzar las condiciones arriba mencionadas.

La oximetría tiene sus limitaciones para ser utilizada como criterio de indicación de oxígeno complementario domiciliario ya que a un nivel de saturación de oxígeno puede corresponder un valor distinto de la  $PaO_2$ , debido a las modificaciones en la curva de disociación de la hemoglobina por alcalosis o acidosis. Además, existen alteraciones clínicas que modifican su lectura (ictericia, onicomiosis, piel oscura, etc.).

En la ergometría con consumo indirecto de oxígeno, la determinación de la  $SO_2$  de esfuerzo con oximetría de pulso puede realizarse en bicicleta o en cinta ergométrica.

Para el protocolo para el test ergométrico con consumo directo o indirecto de oxígeno se utilizan protocolos con cargas progresivas escaleriformes o a una velocidad constante.

En las pruebas de cargas progresivas con cicloergómetro, el incremento es de 25 Watts por etapas de 3 minutos.

En prueba de esfuerzo con cargas escaleriformes continuas en cinta ergométrica, se utilizan protocolos de Bruce, Naughton, Sheffield, Ellestad o Balke, y en las de cargas continuas se emplea una velocidad constante de 2, 2.5, 3 y 3.5 millas/hora, previa evaluación con cargas

progresivas para su determinación, modificando su pendiente en 2,5% cada minuto (Prueba de Jones y Campbell).

Las pruebas ergométricas son máximas, a fin de determinar capacidad funcional en kgm o mets y la desaturación de O<sub>2</sub> alcanzada.

Los pacientes que califiquen para OCD deben practicar una prueba de caminata de 6 minutos para titular el flujo de oxígeno necesario para alcanzar las condiciones arriba mencionadas.

## **RECOMENDACIONES**

---

### **Clase I**

1. Determinar hipoxemia inducida por el ejercicio (A).
2. Determinar nivel de saturación de oxígeno en esfuerzo para programar rehabilitación pulmonar con o sin suplementación de oxígeno (A).

### **Clase II A**

1. Disnea de causa indeterminada (B).
2. Determinar hipoxemia en enfermedad pulmonar crónica obstructiva y/o restrictiva (A).

### **Clase II B**

1. Evaluar existencia de arritmias y/o isquemia miocárdica en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas obstructivas y/o restrictivas (C).

### **Clase III**

1. Determinar enfermedad cardiopulmonar.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

1. Manual de pruebas de ejercicio y rehabilitación cardíaca y pulmonar. Zavala D C, Mazzei J A. Centro Editor de la Fundación Favaloro. 1996.
2. Minh VD, Lee HM, Dolan GF, Light RW, Bell J, Vasquez P. Hypoxemia during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Am Rev Respir Dis 1979; 120: 787-94.
3. Owens GR, Rogers RM, Pennock BE, Levin D. The diffusing capacity as a predictor of arterial oxygen desaturation during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. N Engl J Med 1984; 310: 1218-21
4. Petty TL. Pulmonary rehabilitation. Textbook of Respiratory Medicine. 2da Edición. Saunders 1994; pág 267.
5. Clark CJ. Evaluating the result of pulmonary rehabilitation treatment. Practice of Pulmonary Rehabilitation. Saunders 1993; pág 405.

## 2. E. TEST DE MARCHA

### PRUEBA DE MARCHA DE 6 MINUTOS

Una de las formas más simples y objetivas de evaluar la capacidad funcional es la prueba de marcha de 6 minutos, que consiste en hacer caminar rápidamente a un individuo durante 6 minutos en un corredor de superficie plana, dura y libre de obstáculos para contabilizar la distancia recorrida durante la caminata. Durante la prueba, el paciente puede detenerse y reanudar la marcha si le fuera necesario. La caminata es una actividad habitual de la mayor parte de los individuos y aun de pacientes severamente enfermos.

La cantidad de metros recorridos en la prueba de marcha refleja la respuesta global e integrada de todos los sistemas involucrados durante el ejercicio, es decir, los sistemas cardiopulmonar, circulatorio, muscular y la sangre; pero no puede discriminar cuál de los sistemas está afectado si existe alguna limitación en el ejercicio (1).

Es una prueba submáxima de evaluación de la capacidad funcional ya que la mayoría de los pacientes no llegan a desarrollar su capacidad de ejercicio máximo durante la caminata. Se ha observado una modesta correlación con el consumo máximo de oxígeno que se obtiene por medición directa en la prueba de esfuerzo, pero no debe emplearse como prueba alternativa.

La gran popularidad que la prueba ha ido adquiriendo en la última década se debe a que, por un lado refleja una actividad de la vida diaria y, además, tiene bajo costo y no requiere de equipamiento sofisticado ni de técnicos con preparación avanzada.

La principal indicación de la prueba es la medición de la respuesta a intervenciones médicas en pacientes con enfermedad pulmonar o cardíaca moderada y severa. En cardiología se emplea en insuficiencia cardíaca. También ha sido empleada como una forma alternativa de evaluar la capacidad funcional y como prueba pronóstica de morbilidad y mortalidad (2, 3). Si bien ha sido utilizada tanto en investigación como en la clínica como indicador pronóstico o de respuesta a intervenciones terapéuticas, todavía no ha sido probada su eficacia en varios contextos clínicos y serán necesarios más estudios para confirmar su verdadero valor. Aparentemente ha sido útil en evaluar la respuesta terapéutica a los resincronizadores en insuficiencia cardíaca crónica, donde la prueba de marcha fue el punto final primario. Los pacientes que fueron asignados a terapia de resincronizador recorrieron significativamente mayor cantidad de metros (4). Sin embargo, la habilidad de la prueba para distinguir entre intervenciones terapéuticas, especialmente farmacológicas en insuficiencia cardíaca, todavía no ha sido del todo validada. Los resultados de la prueba de marcha coinciden con los de la clase funcional, motivo por el cual podría emplearse como evidencia de mejoría sintomática (5).

La reproducibilidad de la prueba de marcha es generalmente buena, con un coeficiente de variación en el mismo sujeto menor al 15% (6). Se requiere una mejoría mayor al 10% para ser considerada como válida, y mejora su certeza si se emplean una o dos pruebas previas a la considerada como inicial para amortiguar el efecto de aprendizaje. La estandarización de la prueba, en especial los estímulos del personal que la supervisa, es de suma importancia para que la misma sea reproducible. La cantidad de metros caminados durante los 6 minutos puede estar influenciada además por la edad, el sexo, la talla y el peso de los pacientes, motivo por el cual se han propuesto fórmulas para el cálculo de la cantidad teórica de metros recorridos (7).

En resumen, se trata de una prueba muy accesible, reproducible en especial si se toman ciertos recaudos y se emplean normativas, que permite evaluar en forma adecuada la capacidad funcional, que brinda información pronóstica cierta y probablemente pueda objetivar la respuesta a intervenciones terapéuticas, motivo por el cual debería formar parte de la evaluación y seguimiento de los pacientes con insuficiencia cardíaca crónica.

Tiene buena correlación con el consumo de oxígeno máximo ( $VO_2$  máx) y con la calidad de vida relacionada con la salud. Es predictora de morbimortalidad en EPOC, hipertensión pulmonar e insuficiencia cardíaca ya que evalúa la capacidad funcional, que es un fuerte predictor.

## **RECOMENDACIONES**

---

### **Clase I**

1. Evaluación de pacientes con EPOC, hipertensión pulmonar o insuficiencia cardíaca. (Nivel de evidencia A).

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

1. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 111-7.
2. Willenheimer R, Erhardt LR. Value of 6-min-walk test for assessment of severity and prognosis of heart failure. *Lancet* 2000; 355: 515-6.
3. Bittner V, Weiner DH, Yusuf S, Rogers WJ, McIntyre KM, Bangdiwala SI, et al. Prediction of mortality and morbidity with a 6-minute walk test in patients with left ventricular dysfunction: SOLVD Investigators. *JAMA*. 1993; 270: 1702-7.
4. Abraham WT, Fisher WG, Smith AL, Delurgio DB, Leon AR, Loh E, et al. MIRACLE Study Group. Cardiac resynchronization in chronic heart failure. *N Engl J Med* 2002; 346: 1845-53.
5. Olsson LG, Swedberg K, Clark AL, Witte KK, Cleland JG. Six minute corridor walk test as an outcome measure for the assessment of treatment in randomized, blinded intervention trials of chronic heart failure: a systematic review *Eur Heart J*. 2005; 26: 778-93.
6. Steele B. Timed walking tests of exercise capacity in chronic cardiopulmonary illness. *J Cardiopulm Rehabil* 1996; 16: 25-33.
7. Enright P, Sherrill D. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998; 158: 1384-7.



### 3. A. CDI/WPW/RESINCRONIZADORES

#### UTILIDAD DE LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LA ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO DE MUERTE SÚBITA EN LOS PACIENTES CON SÍNDROME DE WOLFF-PARKINSON-WHITE

##### INTRODUCCIÓN

Se conoce como preexcitación al disturbio de la conducción en el cual hay activación precoz de parte o la totalidad de los ventrículos a través de una vía (haz paraespecífico o accesorio) diferente del sistema His-Purkinje. Su expresión electrocardiográfica es un intervalo PR corto, complejos QRS anchos a expensas de la onda delta y alteraciones de la repolarización opuestas a la polaridad de la onda delta.

Cuando, además de estos cambios electrocardiográficos, existen crisis de taquicardia paroxística supraventricular o síntomas que permiten sospecharlas, se está en presencia de un síndrome de Wolff-Parkinson-White (WPW): intervalo PR corto, QRS ancho y taquiarritmias (1). El aspecto clínicamente más relevante en relación con la presencia de un haz accesorio es el riesgo de muerte súbita (MS) por fibrilación ventricular, como consecuencia de una elevada frecuencia cardíaca que, a su vez, es producto de la conducción de un gran número de impulsos auriculares durante un aleteo o una fibrilación auricular (FA). Esto es posible cuando el haz accesorio presenta un período refractario anterógrado extremadamente corto, por lo cual la determinación del valor de este parámetro es indispensable para una determinación del riesgo de MS en los pacientes con WPW.

La medición del menor intervalo RR preexcitado durante una FA inducida en el estudio electrofisiológico (EEF) constituye una metodología precisa y confiable, pero su carácter invasivo determina que deban agotarse previamente otros recursos diagnósticos. Una manera es precisamente la realización de una prueba ergométrica. Analizaremos las indicaciones y los aspectos fundamentales para la interpretación de una prueba ergométrica graduada (PEG) en estos pacientes.

##### Rol de la prueba de esfuerzo

Se considera una **indicación de clase IIa**, lo que refleja la existencia de opiniones diferentes, y el nivel de evidencia expresa que se fundamenta la opinión en trabajos randomizados con reducido número de pacientes (2).

Durante una PEG y en presencia de preexcitación manifiesta, es posible calcular la capacidad de conducción de los estímulos auriculares en dirección al ventrículo a través de un haz anómalo.

Esto se refleja en el ECG por la **desaparición súbita de la onda delta** entre un latido y el latido siguiente, quedando de manifiesto el bloqueo anterógrado del haz accesorio y el avance de los impulsos exclusivamente a través del sistema His-Purkinje. La frecuencia cardíaca a la que ello ocurre se correlaciona con el período refractario efectivo (PRE) anterógrado del haz accesorio (2, 3). Los resultados de la PEG de 238 pacientes con WPW pertenecientes a series diferentes (3-10) mostraron en un metaanálisis (11) que en 1 de cada 5 pacientes hubo desaparición súbita de la onda delta. Luego de la comparación con los hallazgos en el EEF se pudo confirmar que la desaparición súbita de la onda delta durante el ejercicio corresponde a un menor intervalo RR preexcitado que supera los 250 mseg (8, 9). Esto indica que se trata de un haz accesorio con PRE anterógrado prolongado y, en consecuencia, con bajo riesgo de desencadenar una muerte súbita. En reportes más recientes se plantea la conveniencia del EEF en los pacientes asintomáticos, dado que la PEG sólo detectaría el 20% de los casos de bajo riesgo (12).

La **desaparición gradual de la onda delta** durante la PEG se explica por una facilitación de la conducción nodal debido al incremento del tono adrenérgico (6) y por lo tanto nada informa acerca de las propiedades de conducción del haz accesorio. Este fenómeno se ha observado en el 18% de los casos (11). En las series que confrontaron los hallazgos de la PEG con el EEF, se observó que el menor intervalo RR preexcitado durante FA inducida en el EEF fue de  $236 \pm 64$  mseg en los pacientes con **persistencia de la onda delta** durante la PEG (9). Debe recordarse que se considera a un haz accesorio como de riesgo elevado cuando el menor intervalo RR preexcitado durante FA es inferior a los 250 mseg.

## CONCLUSIÓN

---

Durante una PEG en pacientes con WPW, sólo la desaparición súbita de la onda delta (es decir, una brusca normalización de la duración del intervalo PR y del complejo QRS) se correlaciona con un PRE anterógrado prolongado del haz anómalo, y por lo tanto indica bajo riesgo de MS. De lo contrario, el paciente debe ser llevado a un EEF para la determinación invasiva del PRE anterógrado de la vía anómala.

## RECOMENDACIONES

---

### Clase IIa

1. Pacientes con preexcitación para evaluar la capacidad de conducción anterógrada de la vía anómala.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Wolff L, Parkinson J, White P. Bundle-branch block with short P-R interval in healthy young people prone to paroxysmal tachycardia. 1930. Ann Noninvasive Electrocardiol. 2006; 11: 340-53.
2. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, et al; American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). Circulation. 2002; 106: 1883-92.

3. Daubert C, Ollitrault J, Descaves C, Mabo P, Ritter P, Gouffault J. Failure of the exercise test to predict the anterograde refractory period of the accessory pathway in Wolff-Parkinson-White syndrome. *Pacing Clin Electrophysiol* 1988; 11: 1130-8.
4. Gazes PC. False positive exercise test in the presence of the Wolff-Parkinson-White syndrome. *Am J Cardiol* 1969; 78: 13-5.
5. Poyatos ME, Suarez L, Lerman J, Guibourg H, Camps J, Perosio A. Exercise testing and thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy in the clinical evaluation of patients with Wolff-Parkinson-White syndrome. *J Electrocardiol* 1986; 19: 319-26.
6. Strasberg B, Ashley WW, Wyndham CR, Bauernfeind RA, Swiryn SP, Dhingra RC, et al. Treadmill exercise testing in the Wolff-Parkinson-White syndrome. *Am J Cardiol* 1980; 45: 742-8.
7. Pattoneri P, Astorri E, Calbani B, Agnese G. Thallium-201 myocardial scintigraphy in patients with Wolff-Parkinson-White syndrome. *Minerva Cardioangiol* 2003; 51: 87-91.
8. Gaita F, Giustetto C, Riccardi R, Mangiardi L, Brusca A. Stress and pharmacologic tests as methods to identify patients with Wolff-Parkinson-White syndrome at risk of sudden death. *Am J Cardiol* 1989; 64: 487-90.
9. Sharma AD, Yee R, Guiraudon G, Klein GJ. Sensitivity and specificity of invasive and noninvasive testing for risk of sudden death in Wolff-Parkinson-White syndrome. *J Am Coll Cardiol* 1987; 10: 373-81.
10. Pappone C, Santinelli V, Rosanio S, Vicedomini G, Nardi S, Pappone A. Usefulness of invasive electrophysiologic testing to stratify the risk of arrhythmic events in asymptomatic patients with Wolff-Parkinson-White pattern. *J Am Coll Cardiol* 2003; 41: 239-44.
11. Levy S, Broustet J. Exercise testing in the Wolff-Parkinson-White syndrome. *Am J Cardiol* 1981; 48: 976-7.
12. Jezior MR, Kent S, Atwood JE. Exercise testing in Wolff-Parkinson-White syndrome. *Chest* 2005; 127: 1454-7.

### **INDICACIONES DE ERGOMETRÍA EN PACIENTES CON MARCAPASOS Y CARDIODESFIBRILADORES IMPLANTABLES (CON O SIN RESINCRONIZADOR)**

En 2008 se publicó la "Bethesda Conference" # 36, en la cual el American College of Cardiology (ACC) y la European Society of Cardiology (ESC) enumeran las condiciones clínicas que podían descalificar a un atleta con WPW asintomático, síndrome de Marfán, síndrome de QT prolongado, extrasístoles ventriculares, taquicardia ventricular no sostenida, displasia arritmogénica del ventrículo derecho, miocardiopatía hipertrófica, miocardiopatía dilatada y diversas canalopatías (1). A partir del primer implante de un cardiodesfibrilador hace más de 2 décadas (2), muchos de estos pacientes se han beneficiado merced a un cardiodesfibrilador uni, bi o tricameral (3).

Ha habido considerable discusión acerca de la autorización de la práctica de deportes caracterizados por un contacto físico que aumenta el riesgo de fractura de los catéteres, lo que no sucede con los deportes de baja intensidad (como el golf) (1). Por otra parte, la adecuada programación de la respuesta en frecuencia de los marcapasos, cardiodesfibriladores y resincronizadores es parte significativa del seguimiento de los pacientes portadores de estos dispositivos.

También se ha publicado la ocurrencia de descargas o choques espúreos en pacientes con resincronizadores debido al sensado doble de las ondas R de los ventrículos derecho e izquier-

do, lo que lleva a una incorrecta interpretación por el dispositivo, que detecta erróneamente una taquicardia ventricular durante el ejercicio (4). Existen patologías como el síndrome de Brugada, en las que se observa doble contabilización de los complejos QRS al sensar los dispositivos el componente final retrasado de la activación del ventrículo derecho como un segundo QRS.

Uno de los principales parámetros en el algoritmo previo a la emisión de descargas por los cardiodesfibriladores es la frecuencia cardíaca, por lo cual una taquicardia sinusal o una fibrilación auricular pueden ser confundidas con una taquicardia ventricular. La incorporación de diversos algoritmos, que toman en cuenta parámetros como la estabilidad (“stability”) y el inicio brusco de la taquicardia (“sudden onset”) han logrado disminuir la incidencia de choques espúreos (5, 6).

Por lo antes mencionado, consideramos que las indicaciones para efectuar una ergometría en pacientes portadores de un marcapasos o un cardiodesfibrilador implantable (con o sin resincronizador) son para la evaluación de la respuesta en frecuencia de los marcapasos, para analizar la seguridad de los cardiodesfibriladores (en particular en pacientes con choques espúreos sin causa aparente) y para documentar la persistencia de estimulación del ventrículo izquierdo o de la estimulación biventricular durante el esfuerzo en pacientes con dispositivos de resincronización.

Es importante destacar que, en particular en los pacientes portadores de un dispositivo de resincronización biventricular, en nuestra opinión la prueba de esfuerzo constituye el método de evaluación con mayor trascendencia clínica a la hora de optimizar la programación. Lamentablemente, la falta de estudios que avalen su utilización impide elevar su indicación a una categoría mayor, aunque creemos que ello probablemente habrá de ocurrir en el futuro.

## **RECOMENDACIONES**

---

**Clase I:** ninguna.

**Clase IIa:** ninguna.

**Clase IIb:** para evaluar la adecuada programación de la respuesta en frecuencia de los marcapasos, para analizar la seguridad de los cardiodesfibriladores (en particular en pacientes con choques espúreos sin causa aparente) y para documentar la persistencia de estimulación del ventrículo izquierdo o de la estimulación biventricular durante el esfuerzo en pacientes con dispositivos de resincronización.

**Clase III:** como práctica de rutina en pacientes portadores de dispositivos implantables.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

1. Pelliccia A, Zipes DP, Maron BJ. Bethesda Conference #36 and the European Society of Cardiology Consensus Recommendations revisited a comparison of U.S. and European criteria for eligibility and disqualification of competitive athletes with cardiovascular abnormalities. *J Am Coll Cardiol.* 2008; 52: 1990-6.
2. Myerburg RJ, Castellanos A. A unique historical overview of the implantable cardioverter-defibrillator. *Heart Rhythm.* 2006; 3: 769-70.
3. Lampert R, Cannom D. Sports participation for athletes with implantable cardioverter-desfibrillators should be an individualized risk-benefit decision. *Heart Rhythm* 2008; 5: 861-3.
4. Vollmann D, Luthje L, Zabel M. Inappropriate implantable cardioverter-defibrillator therapy during exercise: what is the mechanism? *Heart Rhythm* 2009; 6: 718-9.
5. Wilcoff BL, Williamson BD, Stern RS, Moore SL, Lu F, Lee SW. Strategic programming of detection therapy parameters in implantable cardioverter-desfibrillators reduces shocks in primary prevention patients (PREPARE study). *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 541-50.
6. Dorian P, Philippon F, Thibault B, Kimber S, Sterns L, Greene M. Randomized controlled study of detection enhancements versus rate-only detection to prevent inappropriate therapy in a dual-chamber implantable cardioverter-desfibrillator. *Heart Rhythm* 2004; 1: 540-7.

### 3. B. TRASPLANTE CARDÍACO

#### EL EJERCICIO EN EL PACIENTE TRASPLANTADO CARDÍACO

El trasplante cardíaco es, en la actualidad la alternativa terapéutica para los pacientes en estadio final de la insuficiencia cardíaca. Desde el año 1967 se han llevado a cabo más de 74.000 trasplantes en todo el mundo con una supervivencia que se incrementó a medida que mejoraron las técnicas quirúrgicas, el recipiente cerrado del donante y la terapia inmunosupresora. En la actualidad, la supervivencia de los adultos post trasplante cardíaco es mayor al 70% a los 5 años (1).

Muchos autores coinciden en que, sin entrenamiento, la capacidad de ejercicio luego del trasplante se reduce a un 60-70% en comparación con los sujetos normales. Esto se debe a factores pre y post trasplante. Sin embargo, el ejercicio posee un efecto inmuno modulador. De hecho, se demostró que los trasplantados que realizan ejercicio requieren menores dosis de terapia inmunosupresora.

Previo al trasplante, la mayoría de los pacientes presentan enfermedades debilitantes, alteraciones pulmonares, disminución de masa muscular, desnutrición y, en algunos casos, períodos prolongados de postración, con o sin asistencia mecánica cardíaca.

Luego del trasplante, los factores que influyen en la disminución de la capacidad de ejercicio, se pueden dividir en centrales (incompetencia cronotrópica, denervación, disfunción diastólica y alteraciones pulmonares) y periféricos (estado nutricional, atrofia muscular y disfunción endotelial).

- Incompetencia cronotrópica: los pacientes trasplantados se caracterizan por un incremento menor y tardío de la frecuencia cardíaca (2). El principal factor implicado es la denervación cardíaca. Esta incompetencia mejora al alejarnos en tiempo del trasplante y con el ejercicio, gracias al fenómeno de reinervación.
- Disfunción diastólica: se debe a una suma de factores, como la diferencia de tamaño entre el tamaño del corazón del donante y la superficie corporal del receptor, cantidad de episodios de rechazo, hipertensión arterial y la enfermedad vascular del injerto. La disfunción diastólica genera presiones elevadas de llenado ventricular en reposo y durante el ejercicio, lo que permite que el gasto cardíaco no se altere durante la actividad física (3). Sin embargo, aunque el ejercicio submáximo mantiene un gasto cardíaco dentro de parámetros normales, éste decae entre un 30-40% durante el ejercicio máximo (4).
- Alteraciones pulmonares: la insuficiencia cardíaca crónica previa al trasplante genera injuria microvascular pulmonar y daño irreversible de la membrana alvéolo-capilar luego del trasplante, lo que reduce la capacidad de difusión de monóxido de carbono durante el ejercicio. La consecuencia de esta reducción es incierta, generando hipoxemia de esfuerzo en algunos pacientes (5, 6).
- Atrofia muscular: la desnutrición y la atrofia muscular que se observan en los pacientes con insuficiencia cardíaca crónica en estado terminal, son las causas principales de las alteraciones musculares de los pacientes post trasplante. Además, la administración de glucocorticoides produce reducción del volumen y del número de fibras musculares estriadas. Su microvasculatura también se encuentra disminuida, con menor aporte de oxígeno a los músculos, en especial en el primer año post trasplante (7).

## DENERVACIÓN

Durante el ejercicio, el corazón presenta la habilidad de responder a las demandas metabólicas por medio del incremento del gasto cardíaco, a través de un complejo proceso fisiológico, que involucra tanto propiedades intrínsecas del músculo cardíaco como la función reguladora del sistema nervioso autónomo. En individuos sanos, el incremento inicial de la frecuencia cardíaca se debe a un aumento del tono simpático asociado a una inhibición del parasimpático (8). La actividad del sistema nervioso autónomo se ve influenciada por estímulos que provienen de varias regiones del cerebro, las aurículas, los baro receptores localizados en el arco aórtico y el seno carotídeo y los mecano - receptores ubicados en la pared torácica. La indemnidad de los nervios aferente y eferente necesaria para el adecuado funcionamiento de un sistema reflejo no se cumple en el paciente trasplantado, ya que el órgano del donante se encuentra denervado (2).

En los pacientes trasplantados, el gasto cardíaco se encuentra normal o levemente reducido, tanto en reposo como en ejercicio submáximo. Durante el ejercicio máximo, se encuentra reducido un 30-40% en relación con los individuos sanos de similar edad, dada la menor capacidad de elevar la frecuencia cardíaca y el volumen sistólico (9, 10). Esto se debe a dos fenómenos: la incompetencia cronotrópica y la rigidez ventricular del injerto, que impiden incrementar rápidamente el gasto cardíaco al inicio del esfuerzo (11).

La incompetencia cronotrópica se caracteriza por una respuesta enlentecida de la frecuencia cardíaca, debido a que depende de las catecolaminas circulantes (12, 13). Luego de finalizado el ejercicio, la frecuencia se mantiene constante, o incluso puede incrementarse, según la intensidad y duración del esfuerzo realizado (14).

Los principales estudios que evaluaron al corazón denervado, demostraron que la incompetencia cronotrópica se relaciona con el tiempo transcurrido luego del trasplante. De hecho, se observa luego del primer año post trasplante un descenso de la frecuencia cardíaca (FC) en reposo y un incremento de la FC máxima asociado a un aumento del consumo de oxígeno máximo ( $VO_2$ ). Adicionalmente, diversas drogas con efecto cronotrópico negativo que reciben estos pacientes pueden exacerbar este fenómeno. Además, la FC aumenta con el entrenamiento, llegando a valores cercanos a los normales (15, 16). Estos fenómenos pueden ocurrir por 3 mecanismos: incremento de los niveles, secundarios al ejercicio, de catecolaminas circulantes en sangre, mayor sensibilidad del nodo sinusal del injerto a dichas catecolaminas, o presencia alejada de reinervación simpática del injerto.

El incremento de las catecolaminas circulantes y la mayor sensibilidad del nodo sinusal del injerto, son los responsables de la respuesta cronotrópica durante el ejercicio. Se demostró que la elevación máxima de catecolaminas circulantes durante el ejercicio alcanza valores similares a los previos al trasplante, luego de 6 meses del mismo (17, 18). Sin embargo, esta respuesta varía entre los individuos, hecho que influye sobre el  $VO_2$  y la capacidad de ejercicio.

A pesar de la incompetencia cronotrópica, el gasto cardíaco se mantiene dentro de los valores normales durante un ejercicio submáximo. Esto ocurre por un incremento del volumen eyectado, gracias al mecanismo de Frank-Starling, es decir, la propiedad del ventrículo de incrementar su fuerza de contracción a partir de una mayor distensión de las fibras miocárdicas en respuesta a un mayor retorno venoso (19).

## REINERVAÇÃO

Por otro lado, si bien se creía que la denervación cardíaca era un fenómeno permanente, existen evidencias que en algunos corazones trasplantados se puede desarrollar reinervación autonómica. Los depósitos en el ventrículo izquierdo de noradrenalina se encuentran ausentes luego de un trasplante cardíaco ortotópico, debido a la interrupción quirúrgica de los axones. Sin embargo, recuperan sus niveles gradualmente un tiempo después de la cirugía. Dicha recuperación demuestra el crecimiento de dichos axones, dado que sólo puede ocurrir si existe continuidad entre los ganglios simpáticos del injerto y las terminales nerviosas (20). Adicionalmente, varios estudios comprobaron que es un proceso continuo, con efectos diversos en las diferentes regiones del corazón, y no suele completarse hasta varios años posteriores al trasplante. Este fenómeno genera la sensación de dolor precordial y la regulación regional del flujo sanguíneo coronario. De hecho, existen informes de pacientes trasplantados con enfermedad vascular del injerto y angina de pecho, tanto en esfuerzo como en reposo (21). El proceso de reinervación parece producirse sólo en algunos pacientes, luego de por lo menos 2 años de realizado el trasplante y suele estar limitado a la pared anterior del ventrículo izquierdo (22, 23). De hecho, diversos estudios informaron incrementos en la frecuencia cardíaca y mayor tolerancia al ejercicio varios años luego del trasplante, en relación con los datos obtenidos durante el primer año posterior al mismo (24).

Además, la respuesta en la FC se encuentra incrementada en los trasplantados con evidencias de reinervación, hecho que sugiere una mayor función del nodo sinusal por inervación auricular. Dicha reinervación ha sido demostrada a través de la medición de la variabilidad de la FC, luego de la inyección de tiramina dentro de la arteria que irriga el nodo. A pesar que los pacientes estudiados dentro de las 4 horas de haberse realizado el trasplante cardíaco no desarrollaron cambios de la FC, la mayoría de los sujetos estudiados un año luego de la cirugía mostraron un incremento significativo de ésta, hecho indicativo de reinervación simpática (25).

Por otro lado, junto con una mayor respuesta cronotrópica, se observa un aumento de la contractilidad, hecho que resulta en una adaptación significativamente mayor al ejercicio. En este sentido, se demostró que la estimulación neuronal en receptores de trasplantes generó un incremento significativo, aunque por debajo de lo normal, de la relación  $dP/dt$  en el ventrículo izquierdo. En reposo, la influencia de la reinervación sobre la contractilidad miocárdica global parece ser insignificante. Sin embargo, bajo condiciones de estrés y estimulación simpática, la recuperación de la inervación resulta de suma importancia para una respuesta contráctil adecuada. En este sentido, los individuos trasplantados con evidencias de reinervación desarrollan mayor tolerancia al ejercicio que aquellos denervados.

Además del incremento de la frecuencia cardíaca y la contractilidad observados, los sujetos con evidencias de reinervación presentan mejor funcionamiento cardiopulmonar durante el ejercicio, con mayor consumo máximo de oxígeno y umbral anaeróbico más elevado, debido probablemente a un volumen minuto mayor. Por lo tanto, se observa que los sujetos con evidencias de reinervación realizan períodos más prolongados de ejercicio y además desarrollan una frecuencia cardíaca mayor que los individuos sin reinervación demostrada.

Una serie de factores, más allá de la inervación, pueden influenciar la función ventricular y la tolerancia al ejercicio por rigidez miocárdica, como el tiempo de isquemia del injerto, los episodios de rechazo, o la fibrosis miocárdica por ciclosporina. La hipertensión arterial o



la diabetes inducidas por la terapia inmunosupresora, o isquemia asociada a enfermedad vascular del injerto, entidades que aumentan marcadamente su prevalencia a mayor tiempo transcurrido luego del trasplante (1), pueden favorecer la rigidez del miocardio.

Es conocido el hecho que la reinervación es mayor a medida que pasa más tiempo luego del trasplante. Sin embargo, las diferencias individuales y regionales de este fenómeno sugieren la participación de determinantes adicionales. En este sentido, los determinantes clínicos que favorecen la reinervación simpática incluyen una menor edad del receptor, una menor duración de la cirugía y baja frecuencia de complicaciones quirúrgicas. De hecho, estudios previos demostraron una relación inversa entre el tiempo de clampeo aórtico y el área de reinervación. Finalmente, la frecuencia de episodios de rechazo del injerto y la vasculopatía del injerto demostraron ser predictores independientes relacionados con peor capacidad de reinervación (26).

### **ERGOMETRÍAS EN PACIENTES TRASPLANTADOS CARDÍACOS**

Es indudable que la población que recibe trasplantes cardíacos no es homogénea y tiene múltiples aristas y variables, lo que hace extremadamente difícil realizar una valoración uniforme ergométrica en este grupo de pacientes, utilizando un único protocolo que pueda ser aplicable a todos los pacientes trasplantados cardíacos.

Desde hace 25 años a esta parte, hemos compartido decenas de simposios internacionales tratando de unificar este aspecto. Sin embargo, no hay una clara definición y sigue siendo variable entre los diferentes centros la utilización de un test ergométrico en el paciente trasplantado cardíaco.

Sin embargo, si se considera la necesidad de realizar la actividad física en forma progresiva debido a la denervación, los protocolos recomendados son aquellos que incrementan las etapas en forma más lenta (incrementos de velocidad cada 5 minutos y pendientes mucho más lentas). Es por ello que los protocolos para valvulares y escaleriformes son los indicados para esta población.

Cabe destacar que las primeras evaluaciones deben ser realizadas como mínimo luego de 6 meses de realizado el trasplante, debido a la necesidad de una recuperación de la masa muscular, mejor acondicionamiento físico y a todos los inconvenientes que padece el paciente en esos primeros meses (desnutrición pretrasplante, pérdida de peso, pérdida de masa muscular, cirugía, drogas inmunosupresoras, etc.)

En la competencia internacional (World Transplant Game Federation) se solicita un mínimo de 11 meses posteriores al trasplante para poder competir en alguna de las actividades de esta competencia, y es el plazo establecido para poder realizar una ergometría de capacidad, así como para comenzar activamente con el entrenamiento deportivo.

En la ergometría pierden valor la frecuencia cardíaca máxima y submáxima establecidas previamente, ya que éstas pueden variar ampliamente según el paciente. Por lo tanto, si bien el objetivo inicial puede tener en cuenta a la frecuencia, debe otorgársele relevancia al cálculo del ITT.

Cabe recordar que esta población aumenta su frecuencia cardíaca en forma más lenta; su estimulación catecolaminérgica es por vía sanguínea y no por neurotransmisión, por lo que el calentamiento y las etapas deben ser más lentos, para favorecer el cambio progresivo de la frecuencia cardíaca.

Se destaca que los pacientes trasplantados reciben tratamiento farmacológico que incrementan la presión arterial, por lo que es habitual observar episodios de hipertensión arterial, por lo que se debe controlar exhaustivamente la presión arterial durante la prueba ergométrica. Finalmente, ya se ha descrito previamente que el paciente trasplantado no suele referir angor, por lo que los signos clínicos y los estudios complementarios son de vital importancia. En este sentido, se debe verificar estrictamente el electrocardiograma y controlar la presión arterial. Al igual que en el individuo no trasplantado, la caída de la presión arterial, o una disminución de la frecuencia cardíaca, pueden implicar enfermedad coronaria grave. Por lo tanto, se debe recordar que, si bien la medicación inmunosupresora ha logrado disminuir la enfermedad vascular del injerto, esta es la causa número uno de mortalidad post trasplante alejado (incidencia de 35 % a 5 años). Por último, cuando no refieran angor, pero sí disnea, se debe evaluar al paciente en forma muy minuciosa.

## **RECOMENDACIONES**

---

### **Clase IIa**

Los protocolos de ergometría más recomendados son aquellos que incrementan las etapas en forma más lenta (incrementos de velocidad cada 5 minutos y menos pendiente). Es por ello que los protocolos para valvulares y escaleriformes son los indicados para esta población, si se considera la necesidad de realizar la actividad física en forma progresiva debido a la denervación, las primeras evaluaciones deben ser realizadas como mínimo luego de 6 meses de realizado el trasplante, debido a la necesidad de una recuperación de la masa muscular, mejor acondicionamiento físico y a todos los inconvenientes que padece el paciente en esos primeros meses (desnutrición pretrasplante, pérdida de peso, pérdida de masa muscular, cirugía, drogas inmunosupresoras, etc.). Al igual que en el individuo no trasplantado, la caída de la presión arterial, o una disminución de la frecuencia cardíaca pueden implicar enfermedad coronaria grave.

En la competencia internacional (World Transplant Game Federation) se solicita un mínimo de 11 meses posteriores al trasplante para poder competir en alguna de las actividades de esta competencia, y es el plazo establecido para poder realizar una ergometría de capacidad, así como para comenzar activamente con el entrenamiento deportivo.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Hertz MI, Aurora P, Christie JD, Dobbels F, Edwards LB, Kirk R, Kucheryavaya AY, Rahmel AO, Rowe AW, Taylor DO. Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: a quarter century of thoracic transplantation. *J Heart Lung Transplant*. 2008; 27: 937-42.
2. Ferretti G, Marconi C, Achilli G, Caspani E, Fiocchi R, Mamprin F, Gamba A, Ferrazzi P, Cerretelli P. The heart rate response to exercise and circulating catecholamines in heart transplant recipients. *Pflugers Arch*. 2002; 443: 370-6.
3. Mettauer B, Lampert E, Lonsdorfer J, Levy F, Geny B, Kretz JG, Carpentier A, Haberey P, Eisenmann B, Kieny R. Cardiorespiratory and neurohormonal response to incremental maximal exercise in patients with denervated transplanted hearts. *Transplant Proc*. 1991; 23: 1178-81.
4. Braith RW, Edwards DG. Exercise Following Heart Transplantation. *Sports Med* 2000; 30: 171-192.
5. Al-Rawas OA, Carter R, Stevenson RD, Naik SK, Wheatley DJ. Exercise intolerance following heart transplantation. The role of pulmonary diffusing capacity. *Chest* 2000; 118: 1661-70.
6. Ewert R, Wensel R, Bruch L, Mutze S, Bauer U, Plauth M, et al. Relationship between impaired pulmonary diffusion and cardiopulmonary exercise capacity after heart transplantation. *Chest* 2000; 117: 968-75.
7. Marconi C, Marzorati M. Exercise after heart transplantation. *Eur J Appl Physiol* 2003; 90: 250-9.
8. Stinson E, Griep R, Schroeder J, Dong E Jr, Shumway N. Hemodynamic Observations one and two years after cardiac transplantation in man. *Circulation* 1972; 45: 1183-94.
9. Kao AC, Van Trigt P 3rd, Shaeffer-McCall GS, Shaw JP, Kuzil BB, Page RD, et al. Central and peripheral limitations to upright exercise in untrained cardiac transplant recipients. *Circulation* 1994; 89: 2605-15.
10. Mettauer B, Lampert E, Petitjean P, Bogui P, Epailly E, Schnedecker B, et al. Persistent exercise intolerance following cardiac transplantation despite normal oxygen transplant. *Int J Sports Med* 1996; 17: 277-86.
11. Marconi C, Marzorati M. Exercise after heart transplantation. *Eur J Appl Physiol* 2003; 90: 250-9.
12. Savin WM, Haskell WL, Schroeder JS, Stinson EB. Cardiorespiratory response of cardiac transplant patients to graded symptom limited exercise. *Circulation* 1980; 62: 55-60.
13. Mandak JS, Aaronson KD, Mancini DM. Serial assessment of exercise capacity after heart transplantation. *J Heart Lung Transplant* 1995;14: 468-78.
14. Pope S, Stinson E, Daughters G, Schoroder J, Ingles J, Alderman E. Exercise response of the denervated heart in long term transplant recipients. *Am J Cardiol* 1980; 46: 213-8.
15. Mercier J, Ville N, Wintrebert P, Cailaud C, Varray A, Albat B, et al. Influence of post-surgery time after cardiac transplantation on exercise response. *Med Sci Sports Exerc*, 1996; 28: 171-5.
16. Mettauer B, Levy F, Richard R, Roth O, Zoll J, Lampert E, et al. Exercising with a denervated heart after cardiac transplantation. *Ann of Transplant* 2005; 10: 35-42.
17. Braith R, Wood C, Limacher M, Pollock M, Lowenthal D, Phillips MI, et al. Abnormal neuroendocrine response during exercise in cardiac transplant recipients. *Circulation* 1992; 86: 1453-63.
18. Quigg RJ, Rocco MB, Gauthier DF, Creager MA, Hartley LH, Colucci WS. Mechanisms of the attenuated peak heart rate response to exercise after orthotopic cardiac transplantation. *J Am Coll Cardiol*, 1989;14:338-44.

19. Stevenson LW, Sietsema K, Tillisch JH, Lem V, Walden J, Kobashigawa JA, et al. Exercise capacity for survivors of cardiac transplantation or sustained medical therapy for stable heart failure. *Circulation* 1990; 81: 78-85.
20. Wilson RF, Christensen BV, Olivari MT, Simon A, White CW, Laxson DD. Evidence for structural sympathetic reinnervation after orthotopic cardiac transplantation in humans. *Circulation* 1991; 83: 1210-20.
21. DiCarli MF, Tobes MC, Mangner T, Levine AB, Muzik O, Chakroborty P, et al. Effects of cardiac sympathetic innervation on coronary blood flow. *N Engl J Med.* 1997; 336: 1208-15.
22. Bengel FM, Ueberfuhr P, Ziegler SI, Nekolla S, Reichart B, Schwaiger M. Serial Assessment of Sympathetic Reinnervation After Orthotopic Heart Transplantation. A Longitudinal Study Using PET and C-11 Hydroxyephedrine. *Circulation* 1999; 99: 1866-71.
23. Kaye DM, Esler M, Kingwell B, McPherson G, Esmore D, Jennings G. Functional and Neurochemical Evidence for Partial Cardiac Sympathetic Reinnervation After Cardiac Transplantation in Humans. *Circulation* 1993; 88: 1110-8.
24. Ueberfuhr P, Ziegler S, Schwaiblmair M, Reichart B, Schwaiger M. Incomplete sympathetic reinnervation of the orthotopically transplanted human heart: observation up to 13 years after heart transplantation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2000; 17: 161-8.
25. Wilson RF, Johnson TH, Haidet GC, Kubo SH, Mianuelli M. Sympathetic Reinnervation of the Sinus Node and Exercise Hemodynamics After Cardiac Transplantation Robert F. Wilson, Thomas H. Johnson, George C. Haidet, Spencer H. Kubo and Marcus Mianuelli *Circulation* 2000; 101; 2727-33.
26. Bengel FM, Ueberfuhr P, Hesse T, Schiepel N, Ziegler SI, Scholz S, et al. Clinical Determinants of Ventricular Sympathetic Reinnervation After Orthotopic Heart Transplantation *Circulation* 2002; 106; 831-5.

### 3. C. EPOC Y ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

La respuesta y eficiencia del sistema cardiopulmonar puede ser diferente durante una demanda metabólica aumentada con respecto al reposo, de tal modo que para obtener información de un sujeto en estas condiciones se han diseñado pruebas que valoran en forma individual e integrada la capacidad de esfuerzo global, la ventilación, el intercambio gaseoso y la función cardíaca durante el ejercicio. Las limitaciones al esfuerzo no se pueden predecir por ninguna prueba en reposo; es por ello que, para definir esas limitaciones, son necesarias diferentes pruebas de esfuerzo entre las cuales se encuentran desde pruebas simples o simplificadas, como ser la prueba de marcha de 6 minutos y la prueba de la lanzadera (o shuttle test) hasta la que mayor información aporta, que es la prueba de ejercicio cardiopulmonar (PECP) (1).

En esta última prueba las variables cardiopulmonares se valoran en relación a un determinado nivel de carga, de modo que el patrón de cambio en una determinada variable se compara con la respuesta normal esperada.

#### INDICACIONES DE PRUEBAS PROGRESIVAS EN ESFUERZO (PPE)

##### Generalidades (2, 3, 4) (Clase I)

Las PPE permiten:

- Evaluación de la tolerancia al ejercicio y potenciales factores limitantes del mismo.
  - Identificación de la limitación y discriminación entre las causas de la intolerancia.
  - Discriminación entre disnea de causa respiratoria y cardíaca.
  - Estudio de disnea no explicada por pruebas en reposo.
- Valoración clínica, funcional y pronóstica en enfermedades respiratorias crónicas: enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), enfermedad vascular pulmonar, fibrosis quística, intersticiopatía.
- Valoración de grado de discapacidad.
- Diagnóstico de asma inducido por ejercicio.
- Prescripción de esquemas de rehabilitación respiratoria.
- Valoración del riesgo preoperatorio de causa pulmonar en: cirugías resectivas pulmonares, cirugías cardíacas centrales y en cirugías extratorácicas.
- Evaluación de trasplante cardíaco, pulmonar y cardiopulmonar.
- Valoración de los efectos de una intervención terapéutica farmacológica y no farmacológica.

##### Puntos relevantes de las PPE en EPOC (5) (Clase I)

- En pacientes con EPOC debemos investigar si su clase funcional se debe a su patología respiratoria o existe un componente cardíaco asociado.
- La disnea en ejercicio en paciente con EPOC puede enmascarar la aparición de patología isquémica del miocardio, principalmente si la prueba se detuvo por hipoxemia.
- El empeoramiento de la hipoxemia puede desenmascarar enfermedad coronaria o agudización de una previa ya conocida.
- La validez del componente cardiológico de la prueba funcional varía según la capacidad de realizar esfuerzo físico.

- En presencia de marcado deterioro sintomático (disnea clase funcional II ó III) se sugiere utilizar pruebas de reto farmacológico o evaluación de perfusión miocárdica con radionucleidos.

#### **Prueba de marcha o caminata de 6 minutos (4, 6, 7)**

Evalúa la tolerancia al ejercicio.

Protocolo: consiste en lograr que el paciente camine la mayor distancia posible en un período de 6 minutos utilizando un corredor de 30 metros. Durante su realización se controla, además, la frecuencia cardíaca (FC), la saturación arterial de oxígeno por oximetría de pulso ( $\text{SpaO}_2$ ) y la disnea percibida (escala de Borg modificada).

##### **Puntos importantes (Clase I – Evidencia A)**

- La distancia recorrida predice supervivencia en la EPOC independientemente de otras variables y distingue pacientes con mayor porcentaje de ingresos hospitalarios por agudización.
- Posee alto valor predictivo de evolución post operatoria en cirugía de reducción volumétrica pulmonar (CRVP).
- Tiene buena correlación con el consumo de oxígeno máximo ( $\text{VO}_2$  máx) y con la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS)
- Posee alta sensibilidad para detectar cambios post intervención, por ejemplo, rehabilitación respiratoria.
- Los cambios en la prueba se correlacionan con cambios en la percepción de la disnea.
- La mínima diferencia significativa entre 2 pruebas es de 54 metros
- Es predictora de morbimortalidad en EPOC, hipertensión pulmonar (HTP) e insuficiencia cardíaca (IC).

#### **Shuttle test o prueba de la lanzadera (4)**

Es una prueba incremental que valora tolerancia al ejercicio en la EPOC.

Protocolo: una señal sonora indica la velocidad de marcha a lo largo de un corredor de 10 metros, disponiendo el paciente de un tiempo determinado. A su vez, la velocidad va aumentando cada minuto mediante una señal sonora incremental. Al finalizar el test se cuentan los metros caminados. Se finaliza la prueba si el paciente es incapaz de alcanzar uno de los 2 extremos del corredor en el tiempo adecuado por 2 veces seguidas.

##### **Buena correlación con (Clase I – Evidencia A)**

- Consumo de  $\text{O}_2$  máximo ( $\text{VO}_2$  máx) de la PECP.
- Distancia total recorrida en la prueba de marcha de los 6 minutos.
- Test de calidad de vida relacionado con la salud.

#### **Prueba de ejercicio cardiopulmonar (PECP) (2, 8, 9) (Clase I)**

Este estudio brinda un análisis integrado de la respuesta al ejercicio y evaluación de la reserva funcional de cada uno de los sistemas implicados en la misma, permitiendo un diagnóstico diferencial entre la limitación al ejercicio de origen cardiovascular, respiratorio, muscular periférico o descondicionamiento físico. La prueba de ejercicio cardiopulmonar puede detectar:

- La presencia y naturaleza de las limitaciones ventilatorias al esfuerzo.
- La presencia y naturaleza de las limitaciones cardiovasculares al esfuerzo.

- La extensión del acondicionamiento y desacondicionamiento físico.
- La carga máxima tolerada y los niveles seguros para el ejercicio diario.
- La extensión de la incapacidad.
- La desaturación de O<sub>2</sub> y los niveles apropiados de administración de oxígeno suplementario.

### **Protocolos**

La prueba de ejercicio cardiopulmonar se puede dividir en dos categorías generales dependiendo del tipo de protocolo utilizado:

1. Pruebas de esfuerzo progresivo o incremental.
2. Pruebas de esfuerzo constantes (steady state).

Las pruebas incrementales se pueden hacer en:

1. Cinta: protocolos de Bruce, Balke, Jones y manual.
2. Bicicleta: protocolos de Astrand, "Ramp", Jones y manual.

Las pruebas en cinta logran obtener un 7-10% mayor en el VO<sub>2</sub> máx, expresado en ml/kg/min, con respecto a las pruebas en bicicleta. Las variables que se deben medir son: ECG, TA, SpO<sub>2</sub>, consumo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>), producción de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>), gases en sangre arterial y derivados de esas variables.

#### **Variables más importantes en estudio**

- Trabajo mecánico: intensidad de trabajo (Watt)
- Intercambio de gases: consumo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>), producción de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>), cociente de intercambio respiratorio (RER), umbral anaeróbico (AT)
- Ventilación: volumen minuto (VE), volumen corriente (Vt), frecuencia respiratoria, reserva respiratoria.
- Gases arteriales: PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>, gradiente alvéolo-arterial de oxígeno (A-aO<sub>2</sub>), espacio muerto del volumen corriente (Vd/Vt), saturación arterial de oxígeno en sangre (SpaO<sub>2</sub>).
- Cardiovascular: FC, reserva de FC, TA sistémica, ECG, pulso de O<sub>2</sub>.
- Equilibrio ácido-base: pH, PaCO<sub>2</sub>, exceso de base (EB) o bicarbonato (HCO<sub>3</sub>).

Síntomas limitantes del ejercicio máximo por los cuales se detiene una prueba: disnea, dolor de piernas, dolor de pecho

### **CONTRAINDICACIONES (Clase III)**

- Presión parcial de oxígeno en sangre arterial (PaO<sub>2</sub>) <40 mmHg respirando aire ambiente.
- Presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial (PaCO<sub>2</sub>) >70 mmHg respirando aire ambiente.
- Volumen espiratorio forzado en el 1° segundo (FEV1) <30%.
- Infarto agudo de miocardio reciente (<4 semanas).
- Alteraciones electrocardiográficas sugestivas de isquemia coronaria aguda.
- Angor inestable.
- Arritmia cardíaca no controlada.
- Bloqueo auriculoventricular (AV) de 2°- 3° grado.
- Estenosis aórtica severa y/o aneurisma aórtico disecante conocido.
- Perimiocarditis.
- Insuficiencia cardíaca (IC) no controlada.
- Hipertensión arterial (HTA) no controlada (TA sistólica >180 mmHg; TA diastólica >120 mmHg).

- Hipertensión pulmonar (HTP) severa.
- Trombosis venosa profunda en miembros inferiores/trombo intracavitario.
- Endocarditis aguda.
- Síndrome febril agudo.
- Metabolopatía descompensada.
- Patología psiquiátrica severa.
- Paciente poco colaborador.
- Valvulopatía descompensada.
- Aneurisma ventricular.
- Taquicardia en reposo  $>120$ /lpm.
- Extrasístoles ventriculares frecuentes o colgajos de taquicardia.
- Diabetes no controlada.
- Miocardiopatía hipertrófica.
- Enfermedad cerebro vascular.
- Epilepsia.
- Embarazo avanzado o complicado.
- Alteración hidroelectrolítica severa.
- Deterioro cognitivo o incoordinación/dificultad motora.
- Enfermedad reumática o muscular que empeore con la actividad física.
- Accidente cerebrovascular reciente.

#### **Criterios para finalizar anticipadamente una prueba de esfuerzo (Clase I)**

- Falla del sistema de monitoreo.
- Segmento ST supra o infradesnivelado  $>2$  mm.
- Onda T invertida u onda Q.
- Taquicardia supraventricular sostenida.
- Taquicardia ventricular.
- Extrasístoles ventriculares multifocales.
- Desarrollo de bloqueo AV de 2°-3° grado.
- Bloqueo de rama derecha o izquierda inducido por ejercicio.
- Angor.
- Palidez y/o sudoración.
- Tensión arterial (TA) sistólica  $>230$  mmHg.
- TA diastólica  $>120$  mmHg.
- TA que no aumenta o disminuye  $>10$  mmHg con el incremento de la carga.
- Confusión y cefalea.
- Cianosis.
- Náuseas y vómitos.
- Dolores musculares inapropiados.



## **BIBLIOGRAFÍA**

---

1. Ruppel Gregg L. Manual of Pulmonary Function Testing, 17<sup>th</sup> Edition. St Louis, Missouri. Mosby: 1998.
2. Folgering H., Palange P. Anderson S. Clinical exercise testing with reference to lung diseases: indications and protocols. En Roca J., Whipp B.J. Clinical Exercise Testing. European Respiratory Monograph. Vol 2, European Respiratory Society Journals Ltd. Sheffield, 1997.
3. Puente L, Martínez Y. Pruebas máximas limitadas por síntomas. En: Procedimientos de evaluación de la función pulmonar II. SEPAR 2004; 64-99.
4. Rabinovich R, Vilaró J, Roca J. [Evaluation exercise tolerance in COPD patients: the 6-minute walking test]. Arch Bronconeumol 2004; 40: 80-5.
5. Pena X, Van den Eynde E, Mena E, Recio J. EPOC y enfermedad cardiovascular. Rev Clin Esp 2007; 207 Supl 1: 14-21.
6. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. Am J Respir Crit Care Med 2002; 166: 111-7.
7. Mazzei M. Prueba de marcha de 6 minutos. En: Cánave J, Ossés JM, Di Loretto M. Manual del técnico en Neumonología. 1° edición, Buenos Aires: 2004. Págs. 89-93.
8. Grupo de trabajo de SEPAR. [Cardiopulmonary exercise tests]. Arch Bronconeumol 2001; 37: 247-68.
9. Ossés J. Prueba de ejercicio cardiopulmonar. En: Cánave J, Ossés JM, Di Loretto M. Manual del técnico en Neumonología. 1° edición, Buenos Aires: 2004. Págs. 95-100.

### 3. D. VASCULOPATÍAS PERIFÉRICAS

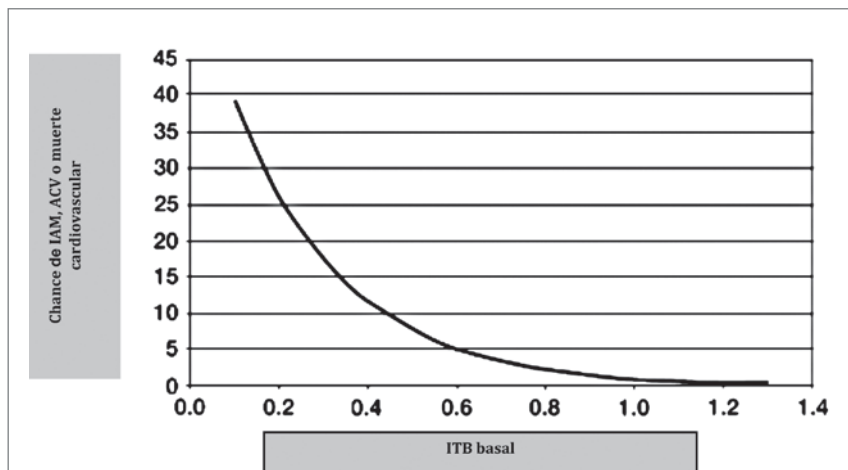
La enfermedad arterial periférica (EAP) definida en los estudios epidemiológicos por un índice tobillo brazo (ITB)  $<0,9$  tiene una prevalencia de un 3 a 10% en la población general y se incrementa en un 15 a 20% en mayores de 70 años (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10). Dentro de este grupo, la prevalencia de claudicación intermitente es de un 3% en pacientes de 40 años y llega a 6% a partir de los 60 años. Es de notar que dentro de la población de pacientes con EAP, entre el 10 y el 50% nunca consulta por síntomas. Esto enfatiza la necesidad de la búsqueda sistemática de vasculopatía periférica en determinados grupos poblacionales (pacientes con claudicación intermitente (CI), los individuos entre 50 y 69 años con factores de riesgo coronario (FRC) (sobre todo DBT y TBQ), todos los pacientes  $>70$  años con o sin FRC y todos los que alcancen un score Framingham entre 10-20%).

El pronóstico de los pacientes con EAP está marcado por un incremento en la morbi mortalidad cardiovascular, mayormente porque en este grupo poblacional existe mayor concomitancia de enfermedad coronaria y cerebro vascular (incremento de la prevalencia entre 2 a 4 veces) (11, 12, 13) Incluso los eventos cardiovasculares (IAM, ACV y muerte cardiovascular) en pacientes con EAP son más frecuentes que los eventos isquémicos de los miembros inferiores. El riesgo de IAM es 20 a 60% mayor y la muerte cardiovascular se incrementa de 2 a 6 veces. Asimismo el ACV se incrementa en 40% (14, 15, 16, 17, 18) (Figura 1).

En estudios contemporáneos, la mortalidad anual de los pacientes con EAP es algo menor que en la década de los 90. El evento combinado de muerte vascular, IAM y ACV es de 4 a 5% anual y se incrementa a 6% si se incluye la revascularización.

Como es lógico, la mortalidad es directamente proporcional a la severidad de la EAP. En aquellos pacientes con isquemia crítica de los miembros inferiores, ésta puede llegar a 25% anual, y a un 46% en los pacientes amputados (19, 20, 21).

**Figura 1.** Chance ajustada de muerte cardiovascular según el ITB basal<sup>9,18</sup>.



Por lo tanto, el diagnóstico precoz de EAP, el énfasis en los cambios del estilo de vida, el control de los factores de riesgo y el tratamiento intensivo deberían ser de rutina para todo generalista y cardiólogo.

## MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO COMPLEMENTARIOS NO INVASIVOS EN LA EAP

### Índice tobillo brazo (ITB) (medido en reposo)

El ITB es un método muy simple y de bajo costo que permite identificar a los pacientes con EAP a través de la medición de la diferencia de presión arterial sistólica entre los miembros inferiores y superiores.

En general, en pacientes sanos, la presión sistólica de los miembros inferiores supera a la de los superiores en 10 a 15 mmHg como consecuencia de la mayor resistencia periférica.

Por lo tanto, la caída de la presión en los miembros inferiores con respecto a los superiores, traduce indirectamente y de manera simple, reproducible y certera, la presencia de una estenosis arterial.

Dicha medición requiere de un manguito de presión que idealmente debe tener un ancho de 1,5 veces, el diámetro del segmento de la extremidad a evaluar. El largo debe ajustarse según la obesidad del paciente o variante anatómica. En cuanto a la posición, existe acuerdo general en que debe ser lo más proximal al codo en el miembro superior y a los maléolos en los miembros inferiores.

El método de detección de la señal de flujo consensuado y con menor variabilidad entre los estudios, es el ultrasonido Doppler con un equipo manual de onda continua de 5-10 MHz y con transductor tipo lápiz.

La señal de flujo debe buscarse bilateralmente, tanto en los brazos como en las piernas. En el segundo caso, a nivel de las Arterias: Pedia (AP), Tibial Anterior (TA) y Posterior (TP). Esto es así porque podría haber enfermedad de la Arteria Pedia y no de la Tibial Anterior, Posterior o viceversa y esto afectar el valor del ITB.

En lo que respecta a la fórmula del ITB, se aconseja informar el ITB para cada pierna por separado, usar la presión más alta obtenida de las 3 arterias de los miembros inferiores como numerador, y la presión braquial más alta de obtenida de ambos lados como denominador ( $ITB = \frac{PAS \text{ de las arterias AP, TA y TP}}{PAS \text{ braquial}}$ ) (22).

El ITB debe realizarse luego de que el paciente haya permanecido acostado por 5 a 10 min. Los valores de corte e interpretación del ITB según las guías americanas se adjuntan a continuación:

ITB	
$\geq 1.30$	No compresible
1 - 1.29	Normal
0.91 - 0.99	Limítrofe
0.41 - 0.9	Claudicación Intermitente leve o moderada.
0 - 0.4	Severo o crítico, coincide con dolor de reposo o lesiones tróficas.

La especificidad y sensibilidad de un ITB  $<0.9$  para detectar una lesión angiográfica de al menos 50% es de 100% y 95% respectivamente.

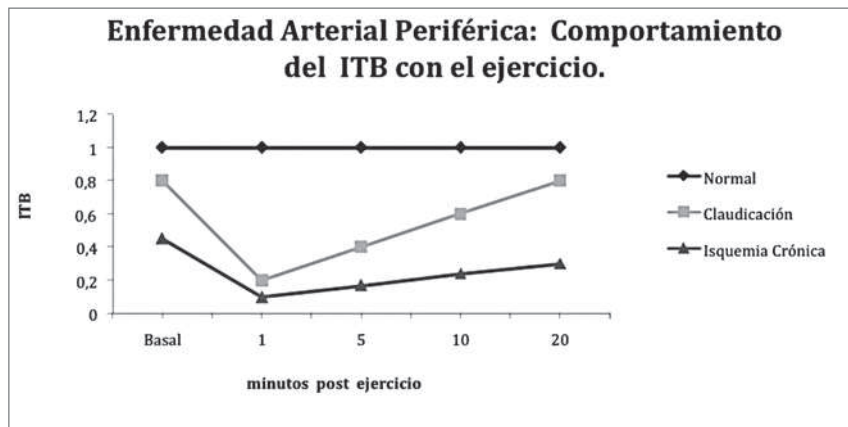
En algunos pacientes con DBT, insuficiencia renal u otras enfermedades causantes de calcificación vascular, el grado de afectación a nivel de las Arterias Tibiales y/o Pedias es tal que impide su compresión. Esto puede redundar en un falso aumento en la medición de la presión del tobillo, e inclusive en algunos casos, la señal Doppler no logra obliterarse con presiones por manguito cercanas a los 300 mmHg. Estos pacientes típicamente tienen un ITB  $\geq 1,3$ , por lo que se requiere otro método complementario para el diagnóstico de EAP. Otro ejemplo lo constituyen aquellos pacientes que presentan una obstrucción severa aislada de la Arteria Iliaca, que pueden no tener una caída de presión translesional en reposo y por lo tanto el ITB podría no afectarse. En estos casos se debe apelar a otras técnicas diagnósticas o medir el ITB en reposo y post ejercicio (23).

### Índice tobillo brazo de reposo y post ejercicio

Antes del surgimiento del Ultrasonido Doppler, la PEG con medición del ITB basal y post esfuerzo, era considerada piedra angular en el diagnóstico de EAP.

El principio fisiopatológico de la evaluación del ITB basal y post ejercicio, se basa en que el ejercicio induce vasodilatación periférica y caída de las resistencias. En sujetos normales, la presión braquial y del tobillo se incrementa proporcionalmente, pero ante una obstrucción aterosclerótica, se genera un gradiente de presión translesional que desenmascara la severidad hemodinámica de la lesión (Figura 2).

**Figura 2.** Enfermedad Arterial Periférica



La medición de una caída de un 15 a 20% del ITB post ejercicio inmediato, establecerá el diagnóstico de arteriopatía periférica (24).

En contraste, aquel paciente con pseudo claudicación presentará un ITB post ejercicio normal, a pesar de presentar síntomas ante esfuerzos que semejen una claudicación.

Tradicionalmente se posiciona al paciente en una camilla, se lo deja reposar por 5 min y se

obtiene el valor de ITB basal. Acto seguido, se traslada al paciente al ergómetro y se comienza el esfuerzo (ver más adelante protocolo de PEG) (25, 26). Luego de finalizada la prueba se reasume rápidamente la posición supina, se toman los valores de ITB post esfuerzo inmediato y a partir de entonces con intervalos de un minuto, hasta alcanzar el valor de reposo. De esta manera se obtienen el valor absoluto y el porcentaje de descenso del ITB post ejercicio a través del tiempo, y a los que se suman los parámetros intra esfuerzo (27).

Tanto el valor de caída del ITB absoluto como el porcentaje de descenso han sido validados como criterios diagnósticos con puntos de corte variables (ver Tabla 1) (28, 29, 30).

Con el surgimiento del Eco Doppler, la PEG en banda deslizante con valoración del ITB basal y post esfuerzo, fue quedando desplazada para el diagnóstico de EAP, por lo engorroso del procedimiento y la alta sensibilidad y especificidad del Eco Doppler.

**Tabla 1.** Estratificación de la severidad de la CI mediante el ITB pre y post ejercicio (30).

SEVERIDAD DE LA CLAUDICACIÓN	PEG CONSTANTE		ITB	
	CLAUDICACIÓN	DURACIÓN (MIN.)	PRE EJERCICIO	POST EJERCICIO
Mínima	0	5	Normal o levemente anormal	Anormal
Leve	SI	5	>0,8	>0,5
Moderada	SI	<5	<0,8	<0,5
Severa	SI	<3	<0,5	<0,15

### Ultrasonido Doppler

El Ultrasonido también puede ser usado para el diagnóstico de EAP. Es especialmente útil para determinar el lugar preciso de la obstrucción y permite diferenciar entre oclusiones y obstrucciones (valor anatómico). Asimismo, agrega la información del Doppler (morfología de la onda espectral y velocidades).

Koelmay y col. demuestran en un meta análisis, que la sensibilidad y especificidad de este estudio para detectar enfermedad aorto-iliaca fue de (86 y 97%), para la enfermedad femoro-poplítea (80 y 96%) y para el compromiso infrapatelar (83 y 84%) respectivamente (31).

No es el objetivo de este consenso tratar con mayor profundidad el tema, pero el Ultrasonido Doppler en los últimos años ha cobrado gran auge para el diagnóstico inicial de la EAP, sobre todo para la toma de decisiones previa a la revascularización.

### Prueba ergométrica (PEG) en banda deslizante

En la actualidad, la PEG en banda deslizante no se utiliza para el diagnóstico, sino para determinar el grado de incapacidad funcional de la enfermedad, el control de respuesta al tratamiento y en programas de rehabilitación.

Ni el ITB basal aislado ni el ultrasonido permiten una adecuada evaluación funcional de la EAP, tampoco predicen la distancia hasta el inicio de la claudicación (DCI) o la distancia recorrida hasta el máximo nivel de dolor (distancia de claudicación absoluta (DCA)). Asimismo, las decisiones de intervenir a estos pacientes deberían basarse en el deterioro de la calidad de vida y la incapacidad funcional, no en el valor absoluto del ITB o las velocidades post obstrucción por Eco Doppler. En este contexto es que surge la prueba ergométrica (PEG) en banda deslizante, que fue inicialmente utilizada en la EAP por Carter (32).

Los objetivos de la prueba son obtener información acerca de la DCI y la DCA, los tiempos hasta el inicio de la claudicación (TCI) y el tiempo total o absoluto de claudicación (TCA), hasta el final del protocolo.

El uso de ECG continuo, provee información diagnóstica complementaria, útil en lo que respecta a diagnóstico de isquemia inducible y arritmias, incluso en aquellos pacientes claudicantes que no alcancen una carga adecuada o lleguen al 85% de la FC preestablecida según su edad (33). Durante la prueba, el paciente debe ser interrogado acerca de la presencia de cualquier síntoma limitante que represente claudicación típica, un disconfort atípico, dolor articular o fatiga generalizada. Asimismo si el ejercicio está siendo limitado por dolor precordial u otro síntoma cardiovascular acompañante.

Se debe estimular al paciente a que camine hasta el nivel de máxima claudicación para no infraestimar la distancia de claudicación absoluta. La prueba se detiene al alcanzar el dolor máximo o ante la presencia de isquemia miocárdica inducible (angor de moderada intensidad, infra ST  $\geq 2$  mm. en 2 derivaciones contiguas, arritmias etc.). Si no aparece ninguna sintomatología, la prueba es detenida luego de alcanzar una carga adecuada o al llegar a los 15 min. aproximadamente, según el protocolo utilizado (ver descripción de los protocolos en banda deslizante en Tabla 2).

A pesar de la utilidad clínica ampliamente probada, la PEG en banda deslizante ha demostrado coeficientes de variabilidad de la DCI y DCA de entre 30 y 45% (34). Esta variabilidad usualmente conlleva la necesidad de estudios seriados para establecer el valor correcto de DCI o DCA (35, 36). Asimismo se ha observado que cuando las pruebas son repetidas en semanas consecutivas, a pesar de realizar cargas constantes, se asocian a cambios en el rendimiento que complican la interpretación de los datos.

En estudios de intervención, se pudo comprobar que en el grupo control, luego de pruebas seriadas, se observa un incremento de la DCA. Esto limita la capacidad para evaluar la respuesta a cualquier intervención. Este comportamiento podría ser el resultado de una curva de aprendizaje de los pacientes a medida que repiten la prueba o a un efecto placebo. En pacientes control no tratados, el porcentaje de mejoría puede llegar típicamente a 36% para la DCI<sup>15</sup>, pero la DCA puede incrementarse en un 100% luego de un período de 2 semanas (37, 38). Desde principios de los años noventa, los protocolos de PEG en banda deslizante graduados (con variación progresiva de la carga), han sido validados para su uso en la EAP y comparados con la PEG con carga constante (39).

Con los protocolos con carga graduada, el coeficiente de variación intra-paciente de la DCI descendió a 15-20% y de la DCA a 12-13% (Tabla 3) (40). Los cambios en los resultados ante el ejercicio objetivados con la PEG en banda deslizante graduada, han mostrado una buena correlación con la mejoría funcional en ambulatorio de pacientes con EAP (41, 42) por lo que hoy en día se recomienda su utilización en reemplazo de las pruebas con carga constante.

A pesar de estas limitaciones en la variabilidad de los resultados, la PEG en banda deslizante ha sido aceptada tanto por la comunidad médica como por el paciente. El equipamiento es ampliamente disponible y requiere de un mínimo de entrenamiento, lo que lo ha llevado a perdurar por más de 35 años como un estudio de utilidad clínica y de investigación.

**Tabla 2.** Ejemplos de protocolos de PEG en banda deslizante para EAP<sup>39</sup>.

TIEMPO (min)	VELOCIDAD Mph Km/h		PROTOCOLO GRADUADO DE HIATT (%)	PROTOCOLO GRADUADO DE GARDNER (%)	PROTOCOLO CONSTANTE (%)
1	2.0	3,2	0	0	12
2	2.0	3,2	0	0	12
3	2.0	3,2	0	2	12
4	2.0	3,2	3.5	2	12
5	2.0	3,2	3.5	4	12
6	2.0	3,2	3.5	4	12
7	2.0	3,2	7	6	12
8	2.0	3,2	7	6	12
9	2.0	3,2	7	8	12
10	2.0	3,2	10,5	8	12
11	2.0	3,2	10,5	10	12
12	2.0	3,2	10,5	10	12
13	2.0	3,2	14	12	12
14	2.0	3,2	14	12	12
15	2.0	3,2	14	14	12
16	2.0	3,2	17,5	14	12

*Protocolos graduados de Hiatt y Gardner validados en la población vascular periférica. La velocidad se mantiene constante, con incrementos de 3,5% cada 3 minutos (Hiatt) o 2% cada 2 minutos (Gardner). El protocolo de carga constante se realiza a una velocidad (2 mph-3,2 km/h) y carga constante (12%).*

**Tabla 3.** Comparación entre protocolos con carga constante o graduada

VARIABILIDAD	CONSTANTE	GRADUADO
DCI intrapaciente	40%	20%
DCA intrapaciente	30%	12%
DCA entre pacientes	60%	30%
Equipamiento	Básico	Complejo
Aceptación del paciente	Buena	Buena

*Estimación de la variabilidad de la banda deslizante y respuesta placebo<sup>9,39</sup>.*

**Pruebas no habituales**

Estas son:

***Prueba ergométrica con flexión plantar***

En determinadas poblaciones, no es factible realizar la prueba en banda deslizante. Un ejemplo son aquellos pacientes con estenosis aórtica severa, hipertensión no controlada, insuficiencia cardíaca avanzada, enfermedad pulmonar obstructiva crónica severa, isquemia crítica de los miembros (dolor de reposo, úlceras o gangrena no resuelta) o comorbilidades músculo esqueléticas que limitan la capacidad al ejercicio (43). En estos pacientes, una alternativa es la prueba de flexión plantar.

Esta ha demostrado una excelente correlación con la banda deslizante y debe considerarse una buena alternativa (44).

Como desventaja, hay que mencionar que se requiere de una camilla especial integrada a pedales capaces de cargar pesas. Este equipamiento suele estar disponible sólo en centros de rehabilitación especializada.

El protocolo es el siguiente: se toma el ITB basal y posteriormente se posiciona al paciente acostado con ambos pies apoyados sobre un pedal que carga pesas. Cada pesa se carga hasta un 10% del peso corporal. Posteriormente se estimula al paciente a que empuje simultáneamente ambos pedales y a que mantenga la máxima extensión en el pico de carga por unos segundos y luego retorne a la posición de reposo por dos segundos. El ciclo debería tener un ritmo de aproximadamente 15 por minuto (45).

***Cicloergómetro (de miembros inferiores)***

Otra alternativa a la banda deslizante es el cicloergómetro de tren inferior. Si bien poco usado en los pacientes con EAP, existen estudios que lo validan como una variante frente a la banda deslizante, igualmente confiable y reproducible (46). En un estudio de Stephen, et al. se ha demostrado que genera mayor respuesta cardiopulmonar y metabólica y que es mejor tolerado (47).

En el cicloergómetro, los protocolos deben ser individualizados adaptándose a las características del sujeto estudiado.

La primera etapa es de precalentamiento, con una carga baja (150 kgm) y una cadencia de pedaleo constante de 50-60 rpm, en sujetos sedentarios y 90-100 rpm. en sujetos entrenados. La duración de cada etapa será de 2 a 3 minutos. La carga deberá aumentar entre un 10 y un 20% por etapa (150 kgm). El tiempo total de la fase de esfuerzo del protocolo oscilará entre 8 y 12 minutos, luego de lo cual se pasa a la etapa de recuperación (sin carga) por 1 ó 2 min hasta constatar la normalización de la FC, presión arterial y síntomas eventuales.

***Cicloergómetro (de miembros superiores)***

Las indicaciones del cicloergómetro de tren superior más aceptadas son: a) compromiso de los miembros inferiores (pacientes amputados, parapléjicos, con claudicación intermitente o discapacidad muscular, articular u ósea) que imposibilite efectuar una prueba ergométrica suficiente con banda deslizante o cicloergómetro de tren inferior, b) necesidad de evaluar la capacidad funcional de los miembros superiores.

Es necesario hacer algunas consideraciones referentes a este tipo especial de ergometría. La capacidad funcional máxima obtenida con los miembros superiores es un 30 a un 50% menor que la efectuada con los miembros inferiores. Para una misma carga ergométrica, la presión arterial aumenta más si el trabajo se realiza con el tren superior que si se realiza con el tren



inferior. Esto último se debe a la vasodilatación en los músculos activos más pequeños y la vasoconstricción en los inactivos más grandes. A su vez, la frecuencia cardíaca es mayor con menor volumen sistólico para un mismo consumo de oxígeno ( $VO_2$ ).

Los pacientes parapléjicos tienen vasoconstricción periférica por debajo de la lesión medular, por aumento del tono simpático. Esto genera un incremento del lecho vascular por debajo de la lesión, con pobre retorno venoso. Como consecuencia, el volumen minuto durante el ejercicio es menor para un mismo  $VO_2$  en relación con pacientes normales.

El  $VO_2$  máx. y el  $VO_2$  pico en pacientes con lesiones medulares de D1 a L4 es significativamente menor comparado con sujetos normales.

Es recomendable un cicloergómetro adaptado a los miembros superiores, dado que la bicicleta ergométrica convencional no brinda las cargas adecuadas y resulta incómodo volcarla 90°. El más accesible en nuestro país es el mecánico, cuya rueda tiene 40 cm. de diámetro y utiliza las mismas pesas, aunque en este caso las de 150 kgm equivalen a 125 kgm y las de 300 kgm a 250 kgm. Las manivelas deben girarse a 20 km/hora. Sin el agregado de pesas, el trabajo obtenido es de 25 kgm/min.

El cicloergómetro debe estar fijo, el paciente sentado con el dorso apoyado en una superficie dura (pared o respaldo recto) y los hombros deben estar a la altura del eje de las manivelas. El protocolo habitual es un perfil escaleriforme continuo, comenzando con 25 kgm/min. e incrementos de 125 kgm. por etapa.

Se han propuesto otros protocolos con cicloergómetros de tren superior que utilizan Watts y etapas más cortas, de 2 minutos (ver Tabla 4) (48).

**Tabla 4.** Cicloergometría y Ergometría de brazos<sup>48</sup>.

ETAPA	MINUTOS	WATTS	METS MI*	METS MS**
1	2	25	1,8	3,2
2	4	52	3,6	4,6
3	6	70	4,4	5,7
4	8	87	5,3	6,8
5	10	105	6,1	7,9
6	12	122	7,0	9,1
7	14	140	7,9	10,2
8	16	157	8,7	11,3
9	18	175	9,6	12,5

*Protocolo calculado para sujetos de 70Kg a 70 RPM. Los Watts se prescriben en el cicloergómetro. Los METS se calculan para miembros superiores (MS)\*\* y miembros inferiores (MI)\*. El trabajo de brazos comprende una menor masa muscular y mayor dificultad para el ejercicio, por lo que 25 Watts representan un 30% más del consumo energético. Las equivalencias se encuentran calculadas en la tabla\*\*.*

Es importante resaltar que cuando utilizamos estos protocolos adaptados para el tren superior, la frecuencia cardíaca máxima estipulada será 7 a 10 latidos/min. menor si se considera la fórmula habitual (220-edad).

Los pacientes con impedimentos para efectuar una prueba ergométrica graduada de los miembros inferiores, podrían tener dificultades para ejecutar un programa de rehabilitación. Esto impediría la obtención de sus ventajosos efectos. Dicha población puede incluirse en programas especiales de rehabilitación.

Los amputados de miembros inferiores por causas vasculares, tienen una prevalencia de enfermedades cardiovasculares del 75%, y la diabetes está presente en el 50 al 75% de ellos. Constituyen el grupo más significativo en los programas de rehabilitación para discapacitados de miembros inferiores.

Estos programas deben adaptarse a la discapacidad del paciente, que no debe ser un impedimento para obtener dicho beneficio. Mientras haya grupos musculares para ejercitar, subsistirá la necesidad de encontrar formas de entrenamiento. La gimnasia general de torso y brazos, el cicloergómetro de tren superior, el cicloergómetro de ambos brazos y una pierna o en casos especiales, la banda deslizante, serán opciones aplicables.

#### ***Caminata de 6 minutos:***

Otro grupo poblacional que merece un tratamiento especial es el de los ancianos, para quienes las pruebas en banda deslizante pueden ser un motivo de ansiedad que se suma a sus limitaciones osteoarticulares. En este contexto, la PEG en cinta puede no ser ideal.

Recientemente la prueba de caminata de 6 minutos ha sido evaluada, y potencialmente podría ofrecer una medida más representativa, de la habilidad para desplazarse en la vida cotidiana de estos pacientes. Datos recientes avalan la caminata de 6 minutos como fiable para la evaluación funcional inicial y como un método sensible para detectar los cambios post intervención (49, 50, 51, 52).

## **RECOMENDACIONES**

### **Clase I**

Se recomienda la prueba ergométrica en banda deslizante con el fin de colaborar en el diagnóstico funcional de enfermedad vascular periférica, cuando el índice tobillo/brazo (ITB) en reposo es normal o no evaluable (**nivel de evidencia B**).

Se recomienda la prueba ergométrica en banda deslizante para documentar objetivamente la magnitud de la incapacidad funcional (**nivel de evidencia B**).

Se debería utilizar un protocolo de ejercicio estandarizado en banda deslizante (de preferencia con carga graduada) para asegurar la reproducibilidad de las mediciones de la distancia de claudicación inicial y distancia de claudicación absoluta (**nivel de evidencia B**).

### **Clase IIb**

En determinadas poblaciones, en las que no es factible realizar la PEG en banda, las alternativas son: la prueba de flexión plantar, el cicloergómetro y la caminata de 6 minutos. Todas ellas han demostrado una excelente correlación con la banda deslizante y podrían considerarse buenas opciones (**nivel de evidencia B**).

**Clase III**

La prueba ergométrica en banda deslizante no está indicada para el monitoreo poblacional (screening) y/o diagnóstico de enfermedad arterial periférica como primer estudio, antes de efectuar un ITB o examen por ultrasonido Doppler (**nivel de evidencia C**).

**ROL DE LA PEG EN BANDA DESLIZANTE Y DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL DE CLAUDICACIÓN INTERMITENTE CON PSEUDOCLAUDICACIÓN**

La claudicación de miembros inferiores de origen vascular es el síntoma clásico de la obstrucción aterosclerótica de los miembros inferiores, y presenta una serie de características que la definen como típica: fatiga, disconfort o dolor, que ocurre en grupos musculares específicos durante el esfuerzo. Secundarios todos a isquemia muscular y que ceden con el reposo. Es importante tener en cuenta que en la mayoría de los casos la presentación de los pacientes con EAP será asintomática o con dolores atípicos de miembros inferiores.

En una encuesta comunitaria realizada en EEUU (PARTNERS Survey) (53) que incluyó a casi 7000 personas añosas de alto riesgo en prevención primaria, se constató una prevalencia de EAP de un 29%. Dentro de este grupo el 48% estaba asintomático, 46% tenía síntomas atípicos y solo 6% presentó la claudicación típica. Si bien la isquemia de origen vascular está mayormente asociada a enfermedad aterosclerótica oclusiva, otras enfermedades vasculares pueden desencadenar este síntoma. Por ejemplo: embolias, daño vascular por radiación, arteritis, Enfermedad de Leo Buerger, coartación, atrapamiento poplíteo y otras (Tabla 5). Todas estas condiciones producen una caída del ITB de reposo o post ejercicio y son generalmente diferenciadas del origen aterosclerótico por los antecedentes y el examen físico (54, 55).

Asimismo, existen enfermedades no vasculares que pueden semejar la claudicación con dolor en los miembros inferiores y/o ante el ejercicio. A este síntoma se lo ha denominado pseudo-claudicación. En la Tabla 6 se describen las causas más frecuentes, sus características diferenciales y respuestas ante el ejercicio.

**Tabla 5** Causas de lesiones arteriales oclusivas potencialmente causantes de claudicación intermitente <sup>9</sup>.

CAUSAS HABITUALES	CAUSAS NO HABITUALES
Arterioesclerosis.	Arteritis.
Atrapamiento Poplíteo.	Coartación de aorta congénita o adquirida
Quieste advencial de la Arteria Poplíteo.	Endofibrosis de la Arteria Iliaca Externa (Síndrome de los Ciclistas).
Aneurisma Poplíteo (con trombo embolismo secundario).	Displasia fibromuscular.
Embolia periférica.	Tumor vascular primario.
	Pseudo xantoma elástico.
	Trauma remoto de la injuria por radiación.
	Enfermedad de Takayasu.
	Tromboangeitis obliterante (Enfermedad de Leo Buerger).
	Trombosis de alguna Arteria Ciática persistente.

**Tabla 6.** Diagnóstico diferencial de la Claudicación intermitente (CI) <sup>9</sup>.

CONDICIÓN	LOCALIZACIÓN	PREVALENCIA	CARACTERÍSTICAS	EFEECTO DEL EJERCICIO	EFEECTO DEL REPOSO	EFEECTO POSICIONAL	OTRAS CARACTERÍSTICAS
CI de los gemelos	Músculos gemelares	3-5% de la población adulta	Dolor, disconfort	Comienzo reproducible	Alivio rápido	Ninguno	Puede haber síntomas atípicos con el ejercicio.
CI de muslos y nalga	Nalga, cadera, muslo	Raro	Dolor, disconfort	Comienzo reproducible	Alivio rápido	Ninguno	Impotencia funcional
S compartimental crónico	Músculos gemelares	Raro	Dolor quemante intenso	Luego de ejercicio prolongado	Cede lentamente	Mejora con la elevación	Típico en levantadores de pesas
Claudicación venosa	Toda la pierna, peor en los gemelos	Raro	Dolor quemante intenso	Luego de caminar	Cede lentamente	Mejora rápidamente con la elevación	Antecedente de trombosis venosa profunda íleo femoral y edemas
Compresión nerviosa radicular	Se propaga por la pierna	Común	Dolor lacerante	Inducido al sentarse, pararse o caminar	Comúnmente presente en reposo	Mejora con cambio posicional	Antecedentes de problemas de espalda
Quiste de Baker sintomático	Zona hueco poplíteo y gemelar	Raro	Edema, dolor y tensión subcutánea	Durante el ejercicio	Presente en reposo	Ninguno	Dolor no intermitente
Artritis de cadera	Cadera lateral, nalga	Común	Disconfort punzante	Luego de diferentes grados de ejercicio	No alivia rápidamente	Mejora al desplazar el peso al otro pie	Síntomas variables Antecedentes de artritis degenerativa
Estenosis espinal (S del canal estrecho)	Comúnmente bilateral, en las nalgas o muslo posterior	Común	Dolor y debilidad	Puede semejar la CI	Recuperación variable pero puede tomar un largo tiempo	Mejora ante la flexión de la columna lumbar	Desmejora al pararse y al extender la columna
Artritis del tobillo y pié	Tobillo, pie y arco plantar	Común	Dolor punzante	Luego de diferentes grados de ejercicio	No mejora rápidamente	Puede mejorar al no soportar el peso corporal	Puede depender del nivel de actividad y estar presente en reposo

## RECOMENDACIONES

### Clase I

La prueba ergométrica en banda deslizante con medición de ITB pre y post ejercicio se recomienda para diferenciar la claudicación de origen arterial de otros síntomas de esfuerzo en miembros inferiores no vasculares o pseudoclaudicación (**nivel de evidencia B**).

### PEG EN BANDA DESLIZANTE Y SU ROL EN LA REHABILITACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS PACIENTES CON EAP

La PEG en banda deslizante graduada es el estudio de primera línea para objetivar los cambios en el status fisiológico del paciente claudicante, luego de una intervención terapéutica. Sin embargo, la banda deslizante por sí sola no define directamente el grado de disfunción e incapacidad del paciente en su vida diaria.

Es por esto que se han desarrollado cuestionarios como el WIQ (Walking Impairment Questionnaire) (56) y el cuestionario MOS SF-36 (The Medical Outcomes Study) (57, 58, 59, 60) que describen específicamente los tópicos relacionados con la enfermedad, pero también abarcan aspectos más generales de la capacidad funcional del paciente. Estos instrumentos no solo indagan los cambios en la capacidad para caminar y ante diferentes intensidades de actividad física, sino que también describen el impacto de la claudicación y el tratamiento dentro del contexto global del status de salud del paciente, complementándose con la información provista por la PEG en banda deslizante (61).

Los cambios en la PEG en banda deslizante correlacionan con los cambios en el resultado de los cuestionarios. Asimismo, las respuestas a dicho cuestionario resultan estables cuando se repiten en el tiempo.

Los objetivos de análisis de los primeros estudios con PEG en la EAP, han consistido en valorar el cambio en la distancia o en el tiempo de caminata en banda deslizante, con carga y graduación constantes. Como ha sido mencionado, este tipo de protocolo constante presenta muchas limitaciones. Por ejemplo, una importante variabilidad intra e inter pacientes y la respuesta placebo o de aprendizaje. Asimismo, una misma carga predeterminada no es apropiada para una población tan heterogénea y con diferente capacidad funcional para caminar. Es por esto que la PEG con banda deslizante y con carga constante no es aconsejable a la fecha. En comparación, la banda deslizante graduada ofrece un rango dinámico amplio, que permite evaluar a todos los pacientes hasta un punto de claudicación máximo cuantificable. Asimismo, este tipo de prueba ha demostrado correlacionar con los cuestionarios que evalúan la capacidad de caminata en la vida diaria, y es el utilizado actualmente en los estudios de intervención para evaluar los beneficios funcionales de la cirugía, angioplastia, drogas o rehabilitación física.

Si bien se utilizan básicamente dos tipos de modalidades de rehabilitación en los pacientes con EAP: 1) Un programa supervisado de ejercicio y 2) rehabilitación ambulatoria sin supervisión, a la fecha la rehabilitación supervisada es la más validada, y en ella la prueba con banda deslizante graduada cumple un rol central (62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70).

La caminata en el contexto de un programa de rehabilitación, tiene como objetivos funcionales el incremento de la velocidad, de la distancia y de la duración de la misma, con disminución del síntoma de claudicación (71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79). Recientemente

Mc Dermott et al, evaluaron el rol de la banda deslizante en pacientes con y sin claudicación. Demostraron no solo mejoría en los parámetros durante la prueba de caminata de 6 minutos (tiempo y distancia máxima de caminata), sino también una mejor calidad de vida, inclusive en este último grupo de pacientes asintomáticos (80).

También demostró por primera vez algo más relevante, que las mediciones basadas en pruebas funcionales agregan información pronóstica (mortalidad) en pacientes con EAP además de la aportada por el ITB.

Sakamoto S et al (81) por su parte, mostraron en un informe preliminar que la rehabilitación mejora la supervivencia de los pacientes con EAP. Luego de un seguimiento de 5,4 años, la supervivencia libre de eventos fue mayor en aquellos que asistieron a programas de rehabilitación vascular con respecto a los que no lo hicieron (80,5 vs. 56,7%).

Los mecanismos biológicos inherentes al beneficio de la rehabilitación son múltiples y complejos. Si bien es habitual pensar que la mejoría está relacionada con el desarrollo de circulación colateral y angiogénesis, existe poca evidencia que lo avale. La mejoría clínica parece explicarse mejor por alteraciones en el metabolismo del músculo, desarrollo de hipertrofia, resistencia de los músculos gemelares de las piernas y mejora de la disfunción endotelial, entre otras (82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90).

El enrolamiento en programas supervisados de ejercicios en pacientes con EAP debería semejarse a los programas tradicionales de rehabilitación. Se debe monitorear durante la prueba ECG la presión, la oximetría y los demás parámetros de rutina. Los programas habituales requieren de una banda deslizante (de uso habitual) o un cicloergómetro. Las sesiones suelen durar entre 45 y 60 minutos y son monitoreadas por enfermeros, kinesiólogos o técnicos, junto a un médico neumonólogo o deportólogo.

El protocolo comienza con un precalentamiento a baja velocidad y carga. Posteriormente, se establecen una carga y graduación suficientes como para desencadenar el síntoma de claudicación dentro de los 5 minutos de iniciado el ejercicio. Luego se estimula al paciente para que continúe con esta carga hasta que la intensidad del dolor sea de moderada a severa, momento en el que se lo deja reposar brevemente hasta que desaparezca el síntoma. Este ciclo de ejercicio–descanso–ejercicio es repetido durante toda la sesión.

El nivel de intensidad de ejercicio requerido es todavía tema de debate. Si bien las guías americanas proponen alcanzar un nivel de dolor de medio a alto, esto no es apoyado por todos los autores. Exigir ese nivel de dolor reiterado puede favorecer la falta de adherencia de los pacientes a los programas. Una buena alternativa podría ser solicitarles mantener el ejercicio hasta un punto variable pasado el inicio de la claudicación. Esto todavía desencadenaría el estímulo hipóxico sin tanto disconfort para el paciente.

Con el tiempo, la distancia y tiempo de claudicación y la máxima distancia de caminata se van prolongando, por lo que se requieren ajustes de la velocidad y graduación del ejercicio para continuar desencadenando el síntoma (Tabla 7).

La eficacia de este tipo de programas en pacientes amputados, que conforman un 5 a 10% del total de pacientes con EAP, no ha sido evaluada prospectivamente. Sin embargo, sí se sabe que la prueba de ejercicio del tren superior es una muy buena alternativa para evaluar el status cardiovascular en aquellos que no pueden entrenar con los miembros inferiores. Además, ha demostrado mejorar la resistencia cardiovascular y la fortaleza del tren superior en pacientes con pobre condición física (91, 92, 93, 94).

**Tabla 7** Elementos clave de los programas de rehabilitación para pacientes con EAP y claudicación 5.

ROL DEL MÉDICO CLÍNICO
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Establecer el diagnóstico de EAP utilizando el ITB de reposo y/o Ecodoppler.</li> <li>▪ Determinar si la claudicación es el síntoma clave en la limitación del ejercicio.</li> <li>▪ Discutir riesgo/beneficio de las diferentes alternativas terapéuticas, incluyendo intervenciones farmacológicas, percutáneas o quirúrgicas. Inicio de tratamiento de los factores de riesgo ateroscleróticos.</li> <li>▪ Realizar PEG en banda deslizante graduada basal.</li> <li>▪ Derivar al paciente a un programa especializado de rehabilitación en EAP.</li> </ul>
GUÍA DE EJERCICIO FÍSICO SUPERVISADO
<p>Períodos de 5 a 10 min. de pre calentamiento y enfriamiento.</p>
<p><b>Tipos de ejercicio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Banda deslizante y caminata son los más efectivos para la claudicación.</li> <li>▪ Ejercicios de resistencia: ofrecen beneficios a pacientes con otros tipos de enfermedad cardiovascular. Su uso es complementario al entrenamiento pero no sustituye la caminata.</li> </ul>
<p><b>Intensidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La carga inicial se fija de tal manera que la velocidad y graduación desencadenen la claudicación dentro de los 3 a 5 min.</li> <li>▪ El paciente continúa caminando con esta carga hasta desarrollar síntomas moderados a severos de claudicación, luego de lo cual se permite un período breve de descanso parado o sentado hasta que resuelva el dolor.</li> </ul>
<p><b>Duración</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los ciclos de ejercicio–descanso–ejercicio se repiten durante la sesión.</li> <li>▪ La duración inicial suele ser de 35 min. de caminata intermitente y debería ser incrementada en 5 min. en cada sesión hasta alcanzar los 50 min. de caminata intermitente.</li> </ul>
<p><b>Frecuencia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Banda deslizante o caminata en cinta de 3 a 5 veces a la semana.</li> </ul>
ROL DEL SUPERVISOR DEL PROGRAMA
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A medida que el paciente mejora su rendimiento, debe incrementarse la carga de ejercicio con aumentos de la velocidad, graduación o ambos, de tal manera que siempre se mantenga el estímulo de dolor durante la sesión.</li> <li>▪ A medida que el paciente progresa su capacidad de ejercicio, existe la posibilidad de que se desarrollen síntomas y/o signos de isquemia miocárdica. Esto debe ser objetivado y se debe alertar al médico para que reevalúe al paciente.</li> </ul>

Existe mucha literatura que certifica el beneficio de este tipo de programas de rehabilitación en pacientes con EAP. Un metaanálisis de Gardner y Poehlman que incluyó 21 estudios randomizados y no randomizados, mostró una mejoría del 180% en promedio de la DCI y de

120% de la DCA (34). El mayor beneficio se objetivó cuando las sesiones duraban más de 30 minutos, se llevaban a cabo por lo menos 3 veces a la semana, la modalidad del ejercicio era hasta el máximo nivel de dolor y cuando el programa duraba un mínimo de 6 meses.

Otro metaanálisis del "Cochrane Collaboration Group" del año 2008 (95) incluyó 22 estudios controlados, que enrolaron 1200 adultos con claudicación intermitente. La randomización se distribuyó de la siguiente manera: un grupo placebo o con manejo habitual, otro con rehabilitación en un programa supervisado de ejercicios y otros grupos post intervención farmacológica, angioplastia o cirugía. Los tipos de ejercicios variaron desde banda deslizante, entrenamiento de fuerza y bicicleta, hasta ejercicios combinados de tren superior e inferior. En general eran programas con sesiones supervisadas con una frecuencia de por lo menos 2 veces semanales. Los eventos se analizaron durante 2 años. Comparado contra placebo o manejo habitual, los programas de ejercicio mejoraron el tiempo máximo de caminata, que se incrementó entre un 50 a 200% (5,12 min., 95% CI 4,51-5,72), el tiempo de caminata libre de dolor, con un aumento de hasta 100% (2,91 min., 95% CI 2,51-3,31), la DCI que se incrementó entre un 75 a 200% (82,1 mts., 95% CI 71,73-92,65) y la DCA con un incremento de un 100% (113,2 mts., 95% CI 94,96-131,43). Es de notar que el ITB no mejoró en los 7 estudios que lo informaron.

Los beneficios se comenzaron a ver a partir de los 3 meses, con programas de ejercicios que duraron hasta 1 año. Asimismo, existe información limitada de que el efecto positivo podría perdurar hasta los 2 años.

Un 30% de los pacientes con claudicación que no pueden realizar programas de ejercicios por comorbilidades preexistentes, pueden hacer que los programas estandarizados y ergómetros habituales resulten poco prácticos o inseguros. En estos casos hay que individualizar el tipo de ejercicio. El ejercicio supervisado tiene un mayor impacto sobre la DCA que el logrado por el tratamiento farmacológico con pentoxifilina. La mejoría de la DCA con este fármaco ha sido estimada en 20 a 25% y la del Cilostazol de hasta un 40 a 60% (96, 97) trasladándose en mejoría e incremento de la calidad de vida y de las actividades cotidianas (98, 99).

## RECOMENDACIONES

### Clase I

1. Los programas supervisados de rehabilitación arterial periférica son recomendados como parte del tratamiento para los pacientes con claudicación intermitente **(nivel de evidencia A)**.
2. Los programas de rehabilitación supervisados, deberían realizarse en sesiones de 30 a 45 min. con una frecuencia de 3 veces por semana y durante un mínimo de 12 meses **(nivel de evidencia A)**.
3. Se recomienda efectuar una prueba ergométrica en banda deslizante previa al inicio de un programa de rehabilitación por EAP, para determinar la capacidad funcional, evaluar las limitaciones no vasculares para el ejercicio y demostrar la seguridad del mismo **(nivel de evidencia B)**.
4. Se recomienda la prueba ergométrica en banda deslizante para evaluar objetivamente la mejoría funcional obtenida luego de un programa de rehabilitación, post intervención farmacológica y en menor medida post cirugía o angioplastia periférica **(nivel de evidencia B)**.



**Clase IIb**

El grado de efectividad de los programas de rehabilitación no supervisados como medida terapéutica inicial, no está debidamente establecido para pacientes con claudicación intermitente (**nivel de evidencia B**).

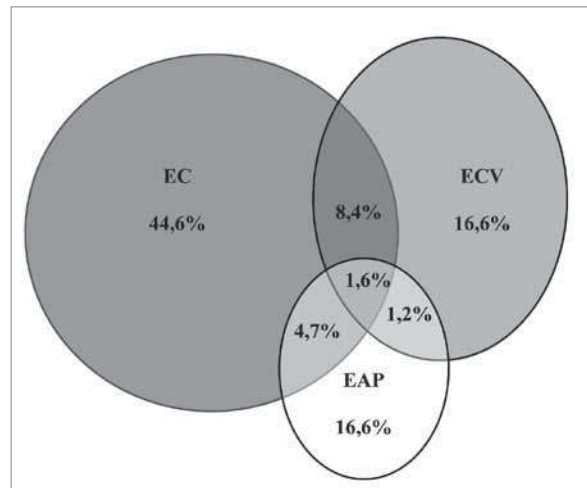
**LA ERGOMETRÍA EN PACIENTES CON ENFERMEDAD ARTERIAL PERIFÉRICA Y CORONARIA ASOCIADAS.**

La EAP, la enfermedad cerebro vascular (ECV) y la enfermedad coronaria (EC) son todas manifestaciones de la aterosclerosis, por lo tanto no es sorprendente que coexistan en un mismo paciente (100).

En el estudio PARTNERS, 13% de los pacientes dentro de una población control tuvieron un ITB  $\leq 0.9$  y EC o ECV no sintomática, 16% tuvieron ambas EAP y EC o ECV sintomática y 24% EC y ECV sintomática con un ITB normal.

En un estudio de 1802 pacientes añosos (media: 80 años), que residían en un centro de cuidados de largo plazo, 38% tenía por lo menos manifestaciones de aterosclerosis en dos territorios. En aquellos con EAP, 79% tenían EC y/o antecedentes de accidente cerebro vascular (ACV) isquémico (101).

En el registro REAC (102) uno de seis pacientes (edad media  $69 \pm 10$  años) con EAP, EC o ECV tenía compromiso sintomático de otro territorio vascular (Figura 3). Los pacientes con enfermedad panvascular en dicho estudio, tenían aproximadamente el doble de eventos cardiovasculares comparado con aquellos que manifestaban afección sintomática de un solo territorio vascular (103, 104).

**Figura 3.**

Prevalencia de enfermedad panvascular en pacientes con EAP en el registro REACH9. EAP= Enfermedad vascular periférica, EC= Enfermedad coronaria, ECV= Enfermedad cerebro vascular.

En la población con EAP asintomática, el diagnóstico de EC depende de la sensibilidad del método utilizado, de la edad de la población y de la prevalencia de otros factores de riesgo cardiovascular. En prevención primaria, aproximadamente el 50% de los diagnosticados con EAP también tiene EC y ECV.

En los pacientes hospitalarios, la prevalencia de EC se espera que sea aún mayor. Desde la perspectiva inversa, la prevalencia de EAP en pacientes con cardiopatía isquémica es de 10 a 30% en las diferentes series.

En personas con EAP sintomática, la prevalencia de isquemia miocárdica determinada por Holter, puede llegar a 18% y por SPECT dipiridamol a 57% (105). Los pacientes con EAP requieren la búsqueda de afección arterioesclerótica en otros territorios concomitantes, la estratificación del riesgo y el consecuente tratamiento desde un enfoque vascular global.

La PEG en banda deslizante es un método práctico y costo efectivo para diagnosticar y evaluar el pronóstico de la EC. Sin embargo, no todos los pacientes con EAP son capaces de deambular en una banda deslizante. Por otro lado, si bien los estudios con apremio farmacológico son de elección a la fecha para el diagnóstico de EC en pacientes con EAP, no proveen de información funcional y capacidad de ejercicio.

En la actualidad, la PEG en banda deslizante no está indicada para el diagnóstico inicial de EC en pacientes con EAP sintomática. Estos pacientes raramente llegarán al 85% de la frecuencia cardíaca (FC) teórica para la edad, como punto de corte para asegurar una adecuada sensibilidad y especificidad en el diagnóstico de EC (106).

Las pruebas con cicloergómetro de brazo o de pierna, han sido extensamente utilizadas como alternativa a la banda deslizante, pero ambas tienen limitaciones. El cicloergómetro de tren inferior está limitado por la fatiga local de los músculos cuádriceps y el de tren superior, en general no logra alcanzar un nivel metabólico máximo, dado que los músculos involucrados son relativamente pequeños (107).

Los cicloergómetros de tren superior e inferior combinados, han sido evaluados en estudios con grupos pequeños de pacientes y han resultado alentadores. Un estudio de Lamont S et al (108) incluyó 19 pacientes con EAP y un grupo de 22 pacientes control. Comparó los resultados de la PEG en banda deslizante con los del cicloergómetro de tren superior e inferior. Los pacientes con EAP pudieron ejercitarse por más tiempo y a mayor carga, sin claudicación si utilizaban el cicloergómetro. Esto puede conferir alguna ventaja, si la isquemia miocárdica inducible diagnosticada por el segmento ST, puede realizarse antes de alcanzar el nivel de claudicación que determine el final de la prueba.

Un estudio más reciente de Garber et al del 2006 (109) concluyó de manera similar. A pesar de que el pico de consumo de  $O_2$  fue semejante en ambas pruebas, los pacientes con EAP que realizaron el cicloergómetro de brazos y piernas pudieron ejercitarse hasta un nivel mayor y por más tiempo. Los autores sugieren que esta prueba potencialmente podría utilizarse para evaluar la EC concomitante; sin embargo, esto está basado en información estadísticamente débil y no debería generalizarse.

Si bien queda claro que las pruebas ergométricas han sido desplazadas en la actualidad para el diagnóstico de EC en pacientes con EAP, el uso de las mismas en programas de rehabilitación de pacientes con enfermedad concomitante sigue siendo aplicable.

Los programas de rehabilitación, tanto en Estados Unidos como en Europa, abarcan a los pacientes con EC por un lado y con EAP por otro.

En este caso en particular, la rehabilitación vascular se extiende hasta alcanzar un nivel leve a moderado de dolor, y mayormente no suele alcanzar objetivos de FC como lo hacen los programas de rehabilitación cardíaca, por lo que abarcan objetivos terapéuticos y metas diferentes.

Los programas combinados de rehabilitación cardíaca y vascular periférica no están desarrollados a la fecha (110).

## RECOMENDACIONES

### Clase IIb

La PEG en banda deslizante graduada o en cicloergómetros de tren superior, inferior o combinados, podría utilizarse en programas de rehabilitación especialmente diseñados para pacientes con EAP y enfermedad coronaria (EC) concomitante (**nivel de evidencia C**).

### Clase III

La PEG en banda deslizante no está indicada como estudio inicial para el diagnóstico de enfermedad coronaria en pacientes con arteriopatía periférica asociada (**nivel de evidencia B**).

## SISTEMATIZACIÓN DEL INFORME DE LOS RESULTADOS DE LA PEG EN EAP.

Como fuera expresado previamente, la arterioesclerosis es una enfermedad global y este concepto debe estar plasmado en el informe. Por lo que, además de los datos filiatorios y de identificación del paciente, debería agregarse información referente a los factores de riesgo aterotrombóticos, antecedentes familiares, antecedentes vasculares en otros territorios (Ej. enfermedad carotídea o coronaria), de eventos (Ej. accidentes cerebro vasculares, infarto de miocardio, úlceras, pie diabético, necrosis de falanges (111) o de intervenciones quirúrgicas o angioplastias (112).

Asimismo será importante indagar sobre antecedentes que puedan modificar el tipo de protocolo y el ergómetro a utilizar, como por ejemplo en caso de artritis de cadera o rodilla, reemplazos de cadera, amputación, paresia o parálisis de algún miembro, inestabilidad en la marcha, obesidad, etc.

El objetivo de la prueba es obtener información acerca de la DCI, DCA, TCI y TCA.

Es importante interrogar acerca de la lateralidad del dolor y de los grupos musculares específicos comprometidos, como así también de la presencia de síntomas de isquemia coronaria asociados. El uso de ECG continuo aporta información para el diagnóstico de isquemia coronaria inducible y arritmias (113).

Durante la prueba, el paciente debe ser interrogado acerca de la presencia de cualquier síntoma limitante, que represente una claudicación típica, un disconfort atípico, dolor articular o fatiga generalizada. Asimismo deberá analizarse si el ejercicio está siendo limitado por dolor precordial u otro síntoma cardiovascular acompañante.

Se debe estimular al paciente a que camine hasta el nivel de máxima claudicación para no infraestimar la capacidad de caminata pico. La prueba se detiene al alcanzar el dolor máximo o ante la presencia de isquemia miocárdica inducible (angor de moderada intensidad, infra ST  $\geq 2$  mm. en 2 derivaciones contiguas, arritmias etc.). Si no aparece ninguna sintomatología, la prueba es detenida luego de alcanzar una carga adecuada o al llegar a los 15 min. aproximadamente, según el protocolo utilizado (114, 115).

**A continuación se desarrolla un informe tipo:**

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_ Fecha del estudio: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Médico solicitante: \_\_\_\_\_

Factores de riesgo: \_\_\_\_\_ Motivo del estudio: \_\_\_\_\_

Antecedentes cardiovasculares: \_\_\_\_\_

Otros antecedentes: \_\_\_\_\_

Se realizó una prueba ergométrica graduada en cinta motorizada siguiendo el protocolo de Gardner:

ETAPA	MIN	GRADOS (%)	VELOCIDAD (mph -Km/h)	FC	TA (mmHg)	ECG	ARRITMIAS	CLAUDICACIÓN MID MII GRUPO MUSCULAR	OTROS SÍNTOMAS
REPOSO	0	0	0						
1	2	0	2 - 3,2						
2	4	2	2 - 3,2						
3	6	4	2 - 3,2						
4	8	6	2 - 3,2						
5	10	8	2 - 3,2						
6	12	10	2 - 3,2						
7	14	12	2 - 3,2						
8	16	14	2 - 3,2						

Prueba detenida por: \_\_\_\_\_

Característica del síntoma limitante (claudicación típica/atípica/otro dolor): \_\_\_\_\_

Distancia y tiempo de claudicación inicial (DCI y TCI): \_\_\_\_\_

Distancia y tiempo de claudicación absoluta (DCA y TCA): \_\_\_\_\_

Otros datos (según el protocolo seleccionado): ITB reposo e ITB post esfuerzo. \_\_\_\_\_

CONCLUSIÓN: \_\_\_\_\_

*La conclusión del estudio debería reflejar en forma general, el compromiso funcional del paciente, el grado de capacidad física para realizar el esfuerzo, si el síntoma está relacionado con EAP, o el dolor es de otro probable origen y si hubo manifestaciones asociadas, como por ejemplo, isquemia miocárdica.*

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Dormandy JA, Rutherford RB. Management of peripheral arterial disease (PAD). TASC Working Group. TransAtlantic Inter-Society Consensus (TASC). *J Vasc Surg* 2000; 31: S1-S296.
2. Management of peripheral arterial disease (PAD). TransAtlantic Inter-Society Consensus (TASC). *Int Angiol* 2000; 19: I-XXIV, 1-304.
3. Clement DL, Boccalon H, Dormandy J, Durand-Zaleski I, Fowkes G, Brown T. A clinical approach to the management of the patient with coronary (Co) and/or carotid (Ca) artery disease who presents with leg ischaemia (Lis). *Int Angiol* 2000; 19: 97-125.
4. Balkau B, Vray M, Eschwege E. Epidemiology of peripheral arterial disease. *J Cardiovasc Pharmacol*. 1994; 23: S8-16.
5. Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzner NR, Bakal CW, Creager MA, Halperin JL, et al ; American Association for Vascular Surgery; Society for Vascular Surgery; Society for Cardiovascular Angiography and Interventions; Society for Vascular Medicine and Biology; Society of Interventional Radiology; ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines; American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; National Heart, Lung, and Blood Institute; Society for Vascular Nursing; TransAtlantic Inter-Society Consensus; Vascular Disease Foundation. ACC/AHA 2005 guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic): executive summary a collaborative report from the American Association for Vascular Surgery/Society for Vascular Surgery, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, Society of Interventional Radiology, and the ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for the Management of Patients With Peripheral Arterial Disease) endorsed by the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; National Heart, Lung, and Blood Institute; Society for Vascular Nursing; TransAtlantic Inter-Society Consensus; and Vascular Disease Foundation. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 1239-312.
6. Creager MA, White CJ, Hiatt WR, Criqui MH, Josephs SC, Alberts MJ, et al; American Heart Association. Atherosclerotic Peripheral Vascular Disease Symposium II: executive summary. *Circulation* 2008; 118: 2811-25.
7. AHCPR. United States Department of Health and Human Services Agency for Health Care Policy and Research. Acute pain management: operative on medical procedures and trauma. [107]. Rockville MD, AHCPR, 1993.
8. Criqui MH, Fronek A, Barrett-Connor E, Klauber MR, Gabriel S, Goodman D. The prevalence of peripheral arterial disease in a defined population. *Circulation* 1985; 71: 510-5.
9. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FG; TASC II Working Group. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg*. 2007; 45: S5-67.
10. Alzamora MT, Baena-Díez JM, Sorribes M, Forés R, Toran P, Vicheto M, et al; PERART study. Peripheral Arterial Disease Study (PERART): Prevalence and predictive values of asymptomatic peripheral arterial occlusive disease related to cardiovascular morbidity and mortality. *BMC Public Health* 2007; 7: 348.
11. Criqui MH, Denenberg JO, Langer RD, Fronek A. The epidemiology of peripheral arterial disease: importance of identifying the population at risk. *Vasc Med* 1997; 2: 221-6.
12. Ness J, Aronow WS. Prevalence of coexistence of coronary artery disease, ischemic stroke, and peripheral arterial disease in older persons, mean age 80 years, in an academic hospital-based geriatrics practice. *J Am Geriatr Soc* 1999; 47: 1255-6.

13. Stoffers HE, Rinkens PE, Kester AD, Kaiser V, Knottnerus JA. The prevalence of asymptomatic and unrecognized peripheral arterial occlusive disease. *Int J Epidemiol* 1996; 25: 282-90.
14. Saw J, Bhatt DL, Moliterno DJ, Brener SJ, Steinhubl SR, Lincoff AM. The influence of peripheral arterial disease on outcomes. A pooled analysis of mortality in eight large randomized percutaneous coronary intervention trials. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: 1567-72.
15. Leng GC, Lee AJ, Fowkes FG, Whiteman M, Dunbar J, Housley E. Incidence, natural history and cardiovascular events in symptomatic and asymptomatic peripheral arterial disease in the general population. *Int J Epidemiol* 1996; 25: 1172-81.
16. Vogt MT, Cauley JA, Newman AB, Kuller LH, Hulley SB. Decreased ankle/arm blood pressure index and mortality in elderly women. *JAMA* 1993; 270: 465-9.
17. Criqui MH, Langer RD, Fronek A, Feigelson HS, Klauber MR, McCann TJ, et al. Mortality over a period of 10 years in patients with peripheral arterial disease. *N Engl J Med* 1992; 326: 381-6.
18. Mehler PS, Coll JR, Estacio R, Esler A, Schrier RW, Hiatt WR. Intensive blood pressure control reduces the risk of cardiovascular events in patients with peripheral arterial disease and type 2 diabetes. *Circulation* 2003; 107: 753-6.
19. Luther M. The influence of arterial reconstructive surgery on the outcome of critical leg ischaemia. *Eur J Vasc Surg* 1994; 8: 682-9.
20. Dormandy J, Heeck L, Vig S. The fate of patients with critical leg ischemia. *Semin Vasc Surg* 1999; 12: 142-7.
21. Ebskov B. Relative mortality and long term survival for the nondiabetic lower limb amputee with vascular insufficiency. *Prosthet Orthot Int* 1999; 23: 209-16.
22. Klein S, Hage JJ. Measurement, calculation, and normal range of the ankle-arm index: a bibliometric analysis and recommendation for standardization. *Ann Vasc Surg*. 2006; 20: 282-92.
23. Begelman SM, Jaff MR. Noninvasive diagnostic strategies for peripheral arterial disease. *Cleve Clin J Med*. 2006; 73: S22-9.
24. Gerhard-Herman M, Gardin JM, Jaff M, Mohler E, Roman M, Naqvi TZ; American Society of Echocardiography; Society for Vascular Medicine and Biology. Guidelines for noninvasive vascular laboratory testing: a report from the American Society of Echocardiography and the Society for Vascular Medicine and Biology. *Vasc Med*. 2006; 11: 183-200.
25. Clyne CA, Tripolitos A, Jamieson CW, Gustave R, Stuart F. The reproducibility of the treadmill walking test for claudication. *Surg Gynecol Obstet* 1979; 149: 727-8.
26. Laing S, Greenhalgh RM. Treadmill testing in the assesment of peripheral artery disease. *Int Angiol* 1986; 5: 249-52.
27. Summer DS, Strandness DE Jr. The relationship between calf blood flow and ankle blood pressure in patients with intermittent claudication. *Surgery* 1969; 65: 763-71.
28. Yao ST. Haemodynamic studies in peripheral arterial disease. *Br J Surg* 1970; 57: 761-6.
29. Raines JK, Darling RC, Buth J, Brewster DC, Austen WG. Vascular laboratory criteria for the management of peripheral vascular disease of the lower extremities. *Surgery* 1976; 79: 21-9.
30. Spittell JA Jr. Recognition and management of chronic atherosclerotic occlusive peripheral arterial disease. *Mod Concepts Cardiovasc Dis*. 1981; 50: 19-23.
31. Koelemay MJ, den Hartog D, Prins MH, Kromhout JG, Legemate DA, Jacobs MJ. Diagnosis of arterial disease of the lower extremities with duplex ultrasonography. *Br J Surg* 1996; 83: 404-9.

32. Carter SA. Response of ankle systolic pressure to leg exercise in mild or questionable arterial disease. *N Engl J Med* 1972; 287: 578-82.
33. Arena R, Myers J, Williams MA, Gulati M, Kligfield P, Balady GJ; American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology; American Heart Association Council on Cardiovascular Nursing. Assessment of Functional Capacity in Clinical and Research Settings A Scientific Statement From the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. *Circulation* 2007; 116: 329-43.
34. Gardner AW, Skinner JS, Cantwell BW, Smith LK. Progressive vs single stage treadmill test for evaluation of claudication. *Med Sci Sports Exerc.* 1991; 23: 402-8.
35. Porter JM, Cutler BS, Lee BY, Reich T, Reichle FA, Scogin JT, et al. Pentoxifylline efficacy in the treatment of intermittent claudication. *Am Heart J* 1982; 104: 66-72.
36. Lindgarde F, Jelnes R, Bjorkman H, Adielsson G, Kjellström T, Palmquist I, et al. Conservative drug treatment in patient with moderately severe chronic occlusive peripheral arterial disease. *Circ.* 1989; 80: 1549-56.
37. Skinner JS, Strandness DE Jr. Exercise and intermittent claudication. I. Effect of repetition and intensity of exercise. *Circulation.* 1967; 36: 15-22.
38. Brass E, Jiao J, Hiatt W. Optimal assessment of baseline treadmill walking performance in claudication clinical trials. *Vasc Med* 2007; 12: 97-103.
39. Hiatt WR, Hirsch AT, Regensteiner JG, Brass EP. Clinical trials for claudication. Assessment of exercise performance, functional status, and clinical end points. *Vascular Clinical Trialists. Circulation.* 1995; 92: 614-21.
40. Hiatt WR, Nawaz D, Regensteiner JG, Hossack KF. The evaluation of exercise performance in patients with peripheral vascular disease. *J Cardiopulmonary Rehabil* 1988; 12: 525-32.
41. Hiatt WR, Regensteiner JG, Hargarten ME, Wolfel EE, Brass EP. Benefit of exercise conditioning for patients with peripheral arterial disease. *Circ* 1990; 81: 602-9.
42. Regensteiner JG, Hargarten ME, Rutherford RB, Hiatt WR. Functional benefits of peripheral vascular bypass surgery for patients with intermittent claudication. *Angiology* 1993; 44: 1-10.
43. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, et al; American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *J Am Coll Cardiol* 2002; 40: 1531-40.
44. McPhail IR, Spittell PC, Weston SA, Bailey KR. Intermittent claudication: an objective office-based assessment. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 1381-5.
45. Yamamoto K, Miyata T, Onozuka A, Koyama H, Ohtsu H, Nagawa H. Plantar flexion as an alternative to treadmill exercise for evaluating patients with intermittent claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007; 33: 325-9.
46. Sanderson B, Askew C, Stewart I, Walker P, Gibbs H, Green S. Short-term effects of cycle and treadmill training on exercise tolerance in peripheral arterial disease. *J Vasc Surg* 2006; 44: 119-27.
47. Tuner SL, Easton C, Wilson J, Byrne DS, Rogers P, Kilduff LP, et al. Cardiopulmonary responses to treadmill and cycle ergometry exercise in patients with peripheral vascular disease. *J Vasc Surg* 2008; 47: 123-30.

48. Graves JE, Pollock ML. Pruebas bajo ejercicio en rehabilitación cardíaca. Clínicas Cardiológicas de Norte America. Nueva Editorial Interamericana S.A. Mexico 1993. p.274-276.
49. Greig C, Butler F, Skelton D, Mahmud S, Young A. Treadmill walking in old age may not reproduce the real life situation. *J Am Geriatr Soc* 1993; 41: 15-8.
50. Gardner AW, Katzel LI, Sorkin JD, Bradham DD, Hochberg MC, Flinn WR, et al. Exercise rehabilitation improves functional outcomes and peripheral circulation in patients with intermittent claudication: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2001; 49: 755-62.
51. Simonsick EM, Gardner AW, Poehlman ET. Assessment of physical function and exercise tolerance in older adults: reproducibility and comparability of five measures. *Aging* 2000; 12: 274-80.
52. Hoogeveen EK, Mackaay AJ, Beks PJ, Kostense PJ, Dekker JM, Heine RJ, et al. Stehouwer. Evaluation of the one-minute exercise test to detect peripheral arterial disease. *Eur J Clin Invest* 2008; 38: 290-5.
53. Hirsch AT, Criqui MH, Treat-Jacobson D, Regensteiner JG, Creager MA, Olin JW, et al. Peripheral arterial disease detection, awareness, and treatment in primary care. *JAMA* 2001; 286: 1317-24.
54. Lyden SP, Joseph D. The clinical presentation of peripheral arterial disease and guidance for early recognition. *Cleve Clin J Med*. 2006; 73: S15-21.
55. Sontheimer DL. Peripheral vascular disease: diagnosis and treatment. *Am Fam Physician*. 2006; 73: 1971-6.
56. Regensteiner JG, Hiatt WR, Coll JR, Criqui MH, Treat-Jacobson D, McDermott MM, et al. The impact of peripheral arterial disease on health-related quality of life in the Peripheral Arterial Disease Awareness, Risk, and Treatment: New Resources for Survival (PARTNERS) Program. *Vasc Med*. 2008; 13: 15-24.
57. Ware JE Jr, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36).I. Conceptual framework and item selection. *Med Care*. 1992; 30: 473-83.
58. McHorney CA, Ware JE Jr, Raczek AE. The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36): II. Psychometric and clinical tests of validity in measuring physical and mental health constructs. *Med Care*. 1993; 31: 247-63.
59. Regensteiner JG, Steiner JF, Hiatt WR. Exercise training improves functional status in patients with peripheral arterial disease. *J Vasc Surg*. 1996; 23: 104-15.
60. Chetter IC, Spark JI, Dolan P, Scott DJ, Kester RC. Quality of life analysis in patients with lower limb ischaemia: suggestions for European standardisation. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1997; 13: 597-604.
61. Izquierdo-Porrera AM, Gardner AW, Bradham DD, Montgomery PS, Sorkin JD, Powell CC, et al. Relationship between objective measures of peripheral arterial disease severity to self-reported quality of life in older adults with intermittent claudication. *J Vasc Surg*. 2005; 41: 625-30.
62. Milani RV, Lavie CJ. The role of exercise training in peripheral arterial disease. *Vasc Med*. 2007; 12: 351-8.
63. Leng GC, Fowler B, Ernst E. Exercise for intermittent claudication. *Cochrane Database Syst Rev* 2000; CD000990.
64. Kruidenier LM, Nicolai SP, Hendriks EJ, Bollen EC, Prins MH, Tejjink JA. Supervised exercise therapy for intermittent claudication in daily practice. *J Vasc Surg*. 2009; 49: 363-70.
65. Crowther RG, Spinks WL, Leicht AS, Sangla K, Quigley F, Gollidge J. Effects of a long-term exercise program on lower limb mobility, physiological responses, walking performance, and physical activity levels in patients with peripheral arterial disease. *J Vasc Surg* 2008;47:303-9.



66. Aronow WS. Peripheral arterial disease in the elderly. *Clin Interv Aging*. 2007; 2: 645-54.
67. Manfredini F, Malagoni AM, Mascoli F, Mandini S, Taddia MC, Basaglia N. Training Rather Than Walking: The Test In -Train Out Program for Home-Based Rehabilitation in Peripheral Arteriopathy. *Circ J* 2008; 72: 946-52.
68. Jeger RV, Rickenbacher P, Pfisterer ME, Hoffmann A. Outpatient rehabilitation in patients with coronary artery and peripheral arterial occlusive disease. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008; 89: 618-21.
69. Garg PK, Liu K, Tian L, Guralnik JM, Ferrucci L, Criqui MH, et al. Physical activity during daily life and functional decline in peripheral arterial disease. *Circulation*. 2009; 119: 251-60.
70. Le Faucheur A, Abraham P, Jaquinandi V, Bouyé P, Saumet JL, Noury-Desvaux B. Measurement of walking distance and speed in patients with peripheral arterial disease: a novel method using a global positioning system. *Circulation* 2008; 117: 897-904.
71. Carman TL, Fernandez BB Jr. Contemporary management of peripheral arterial disease: II. Improving walking distance and quality of life. *Cleve Clin J Med*. 2006; 73: S38-44.
72. Regensteiner JG. Exercise in the treatment of claudication: assessment and treatment of functional impairment. *Vasc Med* 1997; 2: 238-42.
73. Gardner AW, Poehlman ET. Exercise rehabilitation programs for the treatment of claudication pain: a meta-analysis. *JAMA* 1995; 274: 975-80.
74. Hiatt WR, Wolfel EE, Meier RH, Regensteiner JG. Superiority of treadmill walking exercise versus strength training for patients with Peripherals arterial disease: implications for the mechanism of the training response. *Circulation* 1994; 90: 1866-74.
75. Regensteiner JG, Meyer TJ, Krupski WC, Cranford LS, Hiatt WR. Hospital vs homebased exercise rehabilitation for patients with peripheral arterial occlusive disease. *Angiology* 1997; 48: 291-300.
76. Hiatt WR, Regensteiner JG, Hargarten ME, Wolfel EE, Brass EP. Benefit of exercise conditioning for patients with peripheral arterial disease. *Circulation* 1990; 81: 602-9.
77. Lundgren F, Dahllöf AG, Schersten T, Bylund-Fellenius AC. Muscle enzyme adaptation in patients with peripheral arterial insufficiency: spontaneous adaptation, effect of different treatments and consequences on walking performance. *Clin Sci (Lond)* 1989; 77: 485-93.
78. Hirsch AT, Ekers MA. A comprehensive vascular medical therapeutic approach to peripheral arterial disease: the foundation of effective vascular rehabilitation. In: Fahey VA, ed. *Vascular Nursing*. 3rd ed. Philadelphia, Pa: WB Saunders; 1999: 188-211.
79. Gardner AW, Montgomery PS, Afaq A. Exercise performance in patients with peripheral arterial disease who have different types of exertional leg pain. *J Vasc Surg*. 2007; 46: 79-86.
80. McDermott MM, Ades P, Guralnik JM, Dyer A, Ferrucci L, Liu K, et al. Treadmill Exercise and resistance Training in Patients With Peripheral Arterial Disease With and Without Intermittent Claudication. *JAMA* 2009; 301: 165-74.
81. Sakamoto S, Yokoyama N, Kasai S et al. Long-term clinical outcome of supervised exercise rehabilitation among patients with peripheral arterial disease. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 351A.
82. Wang J, Zhou S, Bronks R, Graham J, Myers S. Effects of supervised treadmill-walking training on strength and endurance of the calf muscles of individuals with Peripherals arterial disease. *Clin J Sport Med* 2006; 16: 397-400.
83. Milani RV, Lavie CJ. The role of exercise training in peripheral arterial disease. *Vasc Med*. 2007; 12: 351-8.

84. Zetterquist S. The effect of active training on the nutritive blood flow in exercising ischemic legs. *Scand J Clin Lab Invest* 1970; 25: 101-11.
85. Hiatt WR, Regensteiner JG, Wolfel EE, Carry MR, Brass EP. Effect of exercise training on skeletal muscle histology and metabolism in peripheral arterial disease. *J Appl Physiol* 1996; 81: 780-8.
86. Gustafsson T, Bodin K, Sylven C, Gordon A, Tyni-Lenne R, Jansson E. Increased expression of VEGF following exercise training in patients with heart failure. *Eur J Clin Invest* 2001; 31: 362-6.
87. Mathien GM, Terjung RL. Muscle blood flow in trained rats with peripheral arterial insufficiency. *Am J Physiol* 1990; 258: H759-65.
88. Yang HT, Ogilvie RW, Terjung RL. Training increases collateral-dependent muscle blood flow in aged rats. *Am J Physiol* 1995; 268: H1174-80.
89. McAllister RM, Hirai T, Musch TI. Contribution of endothelium-derived nitric oxide (EDNO) to the skeletal muscle blood flow response to exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 1145-51.
90. Hambrecht R, Fiehn E, Weigl C, Gielen S, Hamann C, Kaiser R, et al. Regular physical exercise corrects endothelial dysfunction and improves exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Circulation* 1998; 98: 2709-15.
91. Priebe M, Davidoff G, Lampman RM. Exercise testing and training in patients with peripheral vascular disease and lower extremity amputation. *West J Med* 1991; 154: 598-601.
92. Walker RD, Nawaz S, Wilkinson CH, Saxton JM, Pockley AG, Wood RF. Influence of upper and lower-limb exercise training on cardiovascular function and walking distances in patients with intermittent claudication. *J Vasc Surg* 2000; 31: 662-9.
93. Garber CE, Monteiro R, Patterson RB, Braun CM, Lamont LS. A Comparison of Treadmill and Arm-leg Ergometry Exercise Testing for Assessing Exercise Capacity in Patients With Peripheral Arterial Disease. *J Cardiopulm Rehabil* 2006; 26: 297-303.
94. Zwierska I, Walker RD, Choksy SA, Male JS, Pockley AG, Saxton JM. Upper- vs lower-limb aerobic exercise rehabilitation in patients with symptomatic peripheral arterial disease: A randomized controlled trial. *J Vasc Surg* 2005; 42: 1122-30.
95. Watson L, Ellis B, Leng GC. Exercise for intermittent claudication. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2008, Issue 4. Art. No.: CD000990.
96. Dawson DL, Cutler BS, Meissner MH, Strandness DE Jr. Cilostazol has beneficial effects in treatment of intermittent claudication: results from a multicenter, randomized, prospective, double-blind trial. *Circulation* 1998; 98: 678-86.
97. Money SR, Herd JA, Isaacsohn JL, Davidson M, Cutler B, Heckman J, et al. Effect of cilostazol on walking distances in patients with intermittent claudication caused by peripheral vascular disease. *J Vasc Surg* 1998; 27: 267-74.
98. Gardner AW, Katzel LI, Sorkin JD, Bradham DD, Hochberg MC, Flinn WR, et al. Exercise rehabilitation improves functional outcomes and peripheral circulation in patients with intermittent claudication: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2001; 49: 755-62.
99. Regensteiner JG, Steiner JF, Hiatt WR. Exercise training improves functional status in patients with peripheral arterial disease. *J Vasc Surg* 1996; 23: 104-15.
100. Bittl JA, Hirsch AT. Concomitant peripheral arterial disease and coronary artery disease: therapeutic opportunities. *Circulation* 2004; 109: 3136-44.

101. Ness J, Aronow WS. Prevalence of coexistence of coronary artery disease, ischemic stroke, and peripheral arterial disease in older persons, mean age 80 years in an academic hospital-based geriatrics practice. *J Am Geriatr Soc* 1999; 47: 1255-6.
102. Bhatt DL, Steg PG, Ohman EM, Hirsch AT, Ikeda Y, Mas JL, et al. International prevalence, recognition, and treatment of cardiovascular risk factors in outpatients with atherothrombosis. *JAMA* 2006; 295: 180-9.
103. Aronow H.. Peripheral arterial disease in the elderly: recognition and management. *Am J Cardiovasc Drugs* 2008; 8: 353-64.
104. Zeymer U, Parhofer KG, Pittrow D, Binz C, Schwertfeger M, Limbourg T, et al. Risk factor profile, management and prognosis of patients with peripheral arterial disease with or without coronary artery disease: results of the prospective German REACH registry cohort. *Clin Res Cardiol.* 2009; 98: 249-56.
105. Mostaza JM, González-Juanatey JR, Castillo J, Lahoz C, Fernández-Villaverde JM, Maestro-Saavedra FJ. Prevalence of carotid stenosis and silent myocardial ischemia in asymptomatic subjects with a low ankle-brachial index. *J Vasc Surg Vasc Surg* 2009; 49: 104-8.
106. Svensson P, de Faire U, Niklasson U, Ostergren J. Myocardial ischaemia in patients with peripheral arterial disease. *Clin Physiol Funct Imaging* 2007; 27: 30-35.
107. van der Watt FJ, Jordan PJ, Nel CJ, Travers A. Routine Exercise Testing to Detect Coronary Artery Disease in Patients with Atherosclerotic Vascular Disease. *Ann Vasc Surg* 1990; 4: 479-84.
108. Lamont LS, Finkelhor RS, Rupert SJ, Swierad PS, Alexander J. Combined arm-leg ergometry exercise testing. *American Heart Journal* October 1992; 124: 1102-4.
109. Garber CE, Monteiro R, Patterson RB, Braun CM, Lamont LS. A Comparison of Treadmill and Arm-leg Ergometry Exercise Testing for Assessing Exercise Capacity in Patients With Peripheral Arterial Disease. *J Cardiopulm Rehabil* 2006; 26: 297-303.
110. Spronk S, Bosch JL, Ryjewski C, Rosenblum J, Kaandorp GC, White JV et al. (2008) Cost-Effectiveness of New Cardiac and Vascular Rehabilitation Strategies for Patients with Coronary Artery Disease. *PLoS ONE* 3: e3883.
111. Peripheral Arterial Disease in People With Diabetes. American Diabetes Association
112. *Diabetes Care*; Dec 2003; 26, 12; Research Library. pg. 3333.
113. Bertino RE, Grassi CJ, Bluth EI, Cardella JF, Frates M, Gooding GA, et al. Practice Guideline for the Performance of Physiologic Evaluation of Extremity Arteries. *Standards of Practice. J Vasc Interv Radiol* 2007; 18: 1203-6.
114. Arena R, Myers J, Williams MA, Gulati M, Kligfield P, Balady GJ, et al; American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology; American Heart Association Council on Cardiovascular Nursing. Assessment of Functional Capacity in Clinical and Research Settings A Scientific Statement From the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. *Circulation.* 2007; 116: 329-43.
115. Conselho Nacional de Ergometria. *Arq Bras Cardiol* 1995; 65: 191-211.
116. Arós F, Boraita A, Alegría E, Alonso AM, Bardají A, Lamiel R, et al. Guidelines of the Spanish Society of Cardiology for clinical practice in exercise testing. *Rev Esp Cardiol* 2000; 53: 1063-94.

### 3. E. DISCAPACITADOS MOTORES

#### ERGOMETRÍA CON CICLOERGÓMETRO DE TREN SUPERIOR

##### Consideraciones

La capacidad funcional máxima, el  $VO_2$  y la ventilación minuto obtenida con los miembros superiores son un 30 a un 50% menores que los obtenidos con los miembros inferiores (1, 2); el umbral anaeróbico y el pulso de oxígeno son inferiores en la ergometría del tren superior en relación a la del tren inferior; la frecuencia cardíaca máxima equivale al 70% de la obtenida con el tren inferior (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) debido a lo cual para determinar la frecuencia cardíaca máxima predicha muchos autores usan la siguiente fórmula:  $0.6 \times 220 - \text{edad}$ ; para otros autores solo un 2 a 12% menos (8); a su vez, la respuesta de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial es más precoz; asimismo, la frecuencia cardíaca es mayor con menor volumen sistólico para un mismo  $VO_2$  dado (1, 6).

Ante la vasodilatación y la disminución de la resistencia periférica de los músculos activos (menores del tren superior) y el efecto inverso en los músculos inactivos (mayores del tren inferior) la presión arterial aumenta más ante iguales cargas (1).

En otro orden, los pacientes parapléjicos presentan vasoconstricción periférica por aumento del tono simpático por debajo de la lesión, a lo que se suma un mayor lecho y menor retorno venoso, lo que provoca un menor volumen minuto para un mismo  $VO_2$  dado durante el ejercicio en relación a los pacientes normales. El  $VO_2$  máx y el  $VO_2$  pico tienen mínimas diferencias entre los lesionados D1 a L4, siendo significativamente menores comparados con los normales (1).

De acuerdo con trabajo de Ilias y colaboradores, fueron predictores de mortalidad global: ECG anormal por ST, capacidad funcional  $<2.7$  METs, delta frecuencia cardíaca  $<42$  (diferencia entre frecuencia cardíaca máxima menos la frecuencia cardíaca basal), presión arterial sistólica en el pico de ejercicio  $<163$ , doble producto  $<15.000$ , pico máximo de frecuencia cardíaca  $<119$ , frecuencia cardíaca de reserva  $<55\%$ , en ese orden; y fueron predictores de eventos (infarto de miocardio, revascularización): el angor, ECG anormal por ST y delta frecuencia cardíaca en ese orden (11).

Dado que nos encontramos ante grupos musculares menores, si usamos un programa de progresión escaleriforme es más adecuado el uso de cargas de 10 ó 20 Watts si el frenado es electromagnético, o de 125 kgm/min (20 Watts, 1 Watts= 6.12 kgm/min) si el frenado es mecánico, con etapas de 2-3 minutos por carga (2, 5, 7).

Para que el frenado mecánico se corresponda con cargas de 125 kgm/min usando las pesas convencionales, la rueda a la que se aplica la cinta frenadora debe tener un diámetro de 40 cm (en lugar de 50 cm como en los cicloergómetros convencionales), debiendo girar a 20 km/hora (12, 13).

El cicloergómetro de tren superior debe estar fijo sobre el suelo, o aplicado sobre una mesa o pared. Se acciona por intermedio de manivelas que deben estar a la altura de los hombros del paciente, el que debe estar sentado con el dorso apoyado, si es posible, sobre una superficie recta, con un ángulo brazo-antebrazo de  $30^\circ$ . El manguito del tensiómetro se colocará, preferentemente, en los diestros en el brazo izquierdo y viceversa (12, 13).

Con estas consideraciones, si se clasifican a las pruebas en suficientes, anormales por ST e insuficientes, alrededor del 70% de las mismas quedan englobadas en las dos primeras. Si

además incluimos los parámetros pronósticos, casi el 95% de los estudios arrojan datos de consideración con una excelente relación costo-beneficio (13).

### **Motivos de detención de la prueba**

Los mismos que para la ergometría convencional.

### **Clase Funcional Ergométrica (CFE)**

La Capacidad Funcional Límite establece la Capacidad Funcional Ergométrica (CFE), que en el caso de la Prueba Ergométrica Graduada (PEG) del tren superior la clasificamos de la siguiente manera:

CFE clase Ia: tolera 625 kgm/min o 100 Watts o más

CFE clase Ib: tolera 375-500 kgm/min o 60-80 Watts

CFE clase II: tolera 250 kgm/min o 40 Watts

CFE clase III: no tolera 125 kgm/min o 20 Watts

CFE clase IV: no tolera entrada en calor, 25 kgm/min o 4 Watts

### **Indicaciones:**

#### ***Clase I nivel de evidencia B***

1. Pacientes de bajo o moderado riesgo clínico, en cualquier clase funcional, que presenten una evaluación de la función ventricular izquierda de bajo riesgo para evaluar la capacidad funcional del tren superior o con las selectivas nosologías abajo referidas:
  - a. Claudicación intermitente que imposibilite efectuar la PEG convencional en banda o cicloergómetro
  - b. Secuela de poliomieltis
  - c. Parálisis cerebral
  - d. Artrogriposis
  - e. Amputados de miembros inferiores vasculares, traumáticos o por otras causas
  - f. Mielomeningocele
  - g. Mielitis transversa
  - h. Paraplejías traumáticas, póticas, discales, en cifosis, en escoliosis
  - i. Cualquier tipo de lesión en miembros inferiores que impida efectuar una ergometría convencional.

#### ***Clase II nivel de evidencia B***

Los mismos pacientes referidos de (a - i) que se hallen englobados en la indicación clase II de las ergometrías convencionales.

#### ***Clase III nivel de evidencia B***

Los mismos pacientes de (a - i) que se hallen englobados en la indicación clase III de las ergometrías convencionales.

### **Criterios de riesgo**

#### ***Riesgo bajo:***

Angor y/o infradesnivel del ST horizontal o descendente mayor de 1 mm con capacidad funcional superior a 875 kgm/min o 180 Watts y frecuencia cardíaca superior al 85% previsto por edad y sexo (no debe estar acompañado de otros signos de alto riesgo).

Infradesnivel del segmento ST de morfología lentamente ascendente entre 1 y 2 mm de magnitud a capacidad funcional superior a los 375 kgm/min o 60 Watts y frecuencia cardíaca mayor de 110 latidos por minuto sin la presencia de angor.

**Riesgo moderado:**

Angor y/o infradesnivel del segmento ST horizontal o descendente mayor de 1 mm a capacidad funcional entre 250 y 875 kgm/min o 40 y 180 Watts y frecuencia cardíaca superior a 110 latidos por minuto.

Arritmia ventricular (no taquicardia ventricular) asociada con angor y/o desnivel del ST a capacidad funcional mayor de 875 kgm/min o 180 Watts y frecuencia cardíaca mayor de 110 latidos por minuto.

Caída de la presión arterial sistólica asociada con evidencias de isquemia a alta capacidad funcional (mayor de 875 kgm/min o 180 Watts), después de haber alcanzado cifras elevadas durante el esfuerzo.

**Riesgo alto:**

Infradesnivel del segmento ST horizontal o descendente mayor de 2 mm y/o angor típico de baja capacidad funcional (igual o menor a 250 kgm/min o 40 Watts).

Caída de la presión arterial igual o mayor a 20 mmHg asociada a otras variables isquémicas. Arritmias ventriculares complejas a baja capacidad funcional asociadas con cambios del ST y/o angor.

Aparición de cambios patológicos del ST en derivaciones múltiples.

Supradesnivel del ST superior a 1 mm en derivaciones sin secuela de IM.

Recuperación tardía (mayor de 6 minutos) de los cambios isquémicos del ST.

## **ERGOMETRÍA DE BRAZO-PIERNA EN PACIENTES HEMIPLEJÍCOS**

### **Consideraciones**

La ergometría de brazo pierna es un sistema con un excelente costo beneficio que permite la evaluación de estos pacientes, arrojando además parámetros de gran utilidad para implementar planes de ejercicios programados. Los pacientes con stroke, por flacidez, espasticidad, decondicionamiento, tienen en general un  $VO_2$  pico que sólo alcanza al 50% en relación al alcanzado por sujetos normales y su gasto energético al deambular es mayor, en algunos casos más de 2 veces, al requerido por una persona sana (14). Hay pacientes que han sufrido un Accidente Cerebro Vascular (ACV) y pueden sin inconvenientes efectuar una ergometría convencional en banda o en cicloergómetro, pero muchos de ellos y en su gran mayoría, tienen serias dificultades para hacerlo. Causas que complican el uso de treadmill en hemipléjicos: Hemisomatognosia: desconocimiento del hemicuerpo.

Heminegligencia: desconocimiento del hemiespacio.

Ataxia: que se manifiesta como una inestabilidad troncal.

Sinergia flexora y extensora del lado hemipléjico.

Déficit en la descarga: es el déficit natural del hemipléjico al descargar el peso del cuerpo del lado afectado al deambular.

Causas que complican el uso del cicloergómetro de tren inferior en hemipléjicos: Hemisomatognosia. Heminegligencia. Ataxia. Sinergia flexora y extensora (15, 16, 17).

El cicloergómetro de brazo-pierna diseñado para estos pacientes sortea dichas dificultades. El mismo debe estar adecuado con el agregado de un sistema de manivelas al sistema de

pedales para sumar el impulso del brazo al de la pierna (manivelas y pedales deben impulsar simultánea y sinérgicamente el sistema de frenado mecánico o electromagnético); se pueden usar cargas de 150 kgm/min o 25 Watts; son convenientes las punteras en los pedales; el miembro inferior pléjico debe fijarse a un apoyapié, elemento con el que debe contar el cicloergómetro, además de una barra troncal con respaldo, móvil y adaptable, que consta de un arnés. El brazo pléjico debe quedar junto al cuerpo, si es necesario sostenido, y será utilizado para la toma de la presión arterial. El resto de la metodología es similar a la convencional del cicloergómetro de tren inferior (18).

Con esta metodología, si clasificamos a los resultados en suficientes, anormales por ST e insuficientes, el 67,5% queda englobado en las dos primeras. Si a ello le sumamos los parámetros pronósticos, el 85 % de los estudios nos brindan datos de significación, lo que habla de una óptima relación costo-beneficio (18).

### **Motivos de detención de la prueba**

Los mismos que para la ergometría convencional.

### **Capacidad Funcional Ergométrica (CFE)**

Similar metodología y clasificación que la convencional.

### **Indicaciones**

#### ***Clase I nivel de evidencia B***

Las mismas que para las ergometrías convencionales en pacientes hemipléjicos, con las siguientes consideraciones. En el ACV isquémico, si se efectúa a los 14 ó 21 días del evento efectuar una prueba submáxima definida por una frecuencia cardíaca pico de 120 latidos/minuto o del 70% de la frecuencia cardíaca máxima predicha o un nivel de carga pico de 5 METs (14); si se lleva a cabo a las 3-6 semanas del evento efectuar un protocolo limitado por los síntomas. En el infarto hemorrágico o en el ACV hemorrágico por rotura vascular en la hipertensión arterial, sin recurrencia en los últimos 6 meses y con la hipertensión arterial tratada, controlada y estable. Debe considerarse que las principales causas de mortalidad en el ACV isquémico o hemorrágico son el stroke recurrente y la cardiopatía isquémica.

#### ***Clase II nivel de evidencia B***

1. Las mismas que para las ergometrías convencionales en pacientes hemipléjicos.
2. Infarto hemorrágico sin recurrencia a los 3 a 6 meses del episodio, con hipertensión arterial tratada, controlada y estable (si estuviera presente).
3. ACV hemorrágicos por rotura vascular en la hipertensión arterial sin recurrencia a los 3 a 6 meses del episodio con hipertensión arterial tratada, controlada y estable.

#### ***Clase III nivel de evidencia B***

1. Las mismas que para las ergometrías convencionales
2. Los ACV hemorrágicos por: aneurismas, malformaciones arteriovenosas, causas tumorales, diátesis hemorrágica, arteritis, angiopatía amiloide, excepto en los casos en que la patología haya sido totalmente resuelta. En los infartos hemorrágicos o en los ACV hemorrágicos por rotura vascular en la hipertensión arterial, cuyo evento data de menos de 3 meses.

**Criterios de riesgo  
nivel de evidencia C**

Similar a la metodología convencional.

**RECOMENDACIONES**

---

**RESUMEN DISCAPACITADOS MOTORES**

**Clase I (evidencia B)**

Las mismas que para las ergometrías convencionales, en pacientes hemipléjicos, con ACV isquémico o hemorrágico por rotura vascular en la hipertensión arterial sin recurrencia en los últimos 6 meses y con la hipertensión arterial tratada, controlada y estable, teniendo en cuenta que las principales causas de mortalidad en el ACV isquémico o hemorrágico son el stroke recurrente y la cardiopatía isquémica.

**Clase II (evidencia B)**

1. Las mismas que para las ergometrías convencionales en pacientes hemipléjicos
2. ACV hemorrágicos por rotura vascular en la hipertensión arterial sin recurrencia a los 3 a 6 meses del episodio con hipertensión arterial tratada controlada y estable.

**Clase III (evidencia B)**

1. Las mismas que para las ergometrías convencionales
2. Los ACV hemorrágicos por: aneurismas, malformaciones arteriovenosas, de causas tumorales, por diátesis hemorrágica, arteritis, angiopatía amiloide, excepto en los casos en que la patología haya sido totalmente resuelta. En los ACV hemorrágicos por rotura vascular en la hipertensión arterial cuyo evento data de menos de 3 meses y/o la hipertensión arterial no está tratada, controlada y estable.

**BIBLIOGRAFÍA**

---

1. Consejo de Ergometría y Rehabilitación Cardiovascular. Comité de Cardiología del Deporte. Actualización, Normas y Consensos Básicos en Ergometría Rehabilitación Cardiovascular y Cardiología del Deporte. SAC. 2000.
2. Braunwald Zipes Libby 7th Heart Disease A Textbook Cardiovascular Medicine. Chapter 10. Arm Ergometry.
3. James Davis JA, Vodak P, Wilmore JH, Vodak J, Kurtz P. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes exercise. J Appl Physiol. 1976;41:544-50.
4. Vokac Z, Bell H, Bautz-Holter E, Rodahl K.. Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise, sitting an standing J Appl Physiol.1975;39:54-9.



5. Balady GJ, Weiner DA, Rose L, Ryan TJ. Physiologic responses to arm ergometry exercise relative to age and gender. *J Am Coll Cardiol* 1990;16:130-5.
6. Hollingsworth V, Bendik P, Franklin B, Gordon S, Timmis GC. Validity of arm ergometer blood pressure immediately after exercise. *Am J Cardiol* 1990;65:1358-60.
7. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription seventh edition Section II Exercise Testing chapter 5 Clinical Exercise Testing Upper Body Exercise Testing page 102.
8. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Casaburi R, Whipp BJ. Chapter 5. Principles of Exercise Testing and Interpretation. Including Pathophysiology and Clinical Applications. Third Edition. *Arm Ergometry Method*.
9. Bar-Or O, Zwiren LD. Maximal oxygen consumption test during arm exercise-reliability and validity. *J Appl Physiol* 1975; 38: 424-6.
10. Casaburi R, Barstow T, Robinson T, Wasserman K. Dynamic and steady-state ventilatory and gas exchange responses to arm exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24: 1365-74.
11. Ilias NA, Xian H, Inman C, Martin WH 3rd. Arm exercise testing predicts clinical outcome. *Am Heart J*. 2009; 157: 69-76.
12. Dr. Tortorella Roberto, Lic. Córdoba Sergio, Klga. Mizdraje Matilde, Dr. Galante José, Dra. Tognetti Nora, Dr. Orozco José, Dr. Angelino Arnaldo. Colaboradoras: Enf. Lanchas Teresa; Enf- Luz Mirta. Rehabilitación Cardiovascular en Amputados de Miembros Inferiores. *Revista Argentina de Rehabilitación. Revista Científica de la Sociedad Argentina de Medicina Física y Rehabilitación Volumen 1 Mayo 2006*.
13. Tortorella Roberto Luis, Materia Marina. Hallazgos Ergométricos en Pacientes con Discapacidad de los Miembros Inferiores. *Jornadas de Los Consejos Científicos. SAC 2008*.
14. Gordon NF, Gulanick M, Costa F, Fletcher G, Franklin BA, Roth EJ ; American Heart Association Council on Clinical Cardiology, subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council. Physical Activity and Exercise Recommendation for Stroke Survivors. An American Heart Association Scientific Statement From the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council. *American Heart Association, Inc. Stroke*. 2004; 35: 1230-40.
15. Signe Brunnstrom. *Reeducación Motora en la Hemiplejía Fundamentos Neurofisiológicos*.
16. Dr. Luis Li Mau. Negligencia Visual Unilateral (NVU) por lesión del hemisferio derecho: Evaluación y Rehabilitación. *Boletín del Departamento de Docencia e Investigación IREP vol. 11 N° 1 2007*.
17. Dr. Alfredo F. Thomson. Colaboradores: Dr. Fernando A. Alvarez; Dr. Carlos A. Mestman; Dr. Oscar S. Gershaik. *Fundamentos Anatomofisiológicos de la Semiología Neurológica exploración y Síndromes Neurológicos*.
18. Tortorella Roberto Luis; Materia Marina. *Ergometría de Brazo Pierna en Pacientes Hemipléjicos. Jornadas de los Consejos Científicos. SAC. 2008*.

### 3. F. PACIENTE CHAGÁSICO

#### EL ROL DE LA ERGOMETRÍA EN EL ESTUDIO DEL PACIENTE CHAGÁSICO

##### Introducción

La enfermedad de Chagas se encuentra en el grupo de patologías específicas del miocardio, según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), por tener una etiología bien definida. Afección parasitaria hemática e hística causada por el protozoo flagelado *Tripanosoma cruzi* (TC), que anida en varios tejidos, pero en especial el corazón, produciendo, en alrededor del 25% de los afectados, lesiones cardíacas irreversibles luego de un largo período evolutivo.

La infección es transmitida por vía vectorial a partir de insectos hematófagos de la familia de los triatominos, comúnmente llamados vinchucas, siendo el más importante en la Argentina el *Triatoma infectans*, por su adaptación ecológica a la vivienda rancho.

Sin embargo, esta forma tradicional de transmisión vectorial en área rural ha sido reemplazada, en muchas regiones, por la contaminación humana-humana en áreas urbanas, en donde el pasaje del TC se realiza a través de la “sangre del infectado” al sano, sin intervención de la vinchuca. Esto ha dado el origen a la “urbanización” de la enfermedad de Chagas, caracterizado por el contagio connatal, por vía transfusional, por trasplante de órganos y por drogadicción endovenosa.

Según datos de la OMS, actualmente la población en riesgo de padecer la enfermedad en el continente americano sería de 90 a 100 millones de habitantes, por vivir en área endémica bajo condiciones de extrema pobreza y alojada en los típicos “ranchos latinoamericanos” que facilitan la domiciliarización de la vinchuca. Las personas infectadas en Latinoamérica serían aproximadamente 12 millones, según datos de la OMS, y entre el 25 al 30% desarrollaría la enfermedad crónica (cardiopatía o afección del aparato digestivo). En la República Argentina las cifras oficiales serían de 2.300.000 infectados con 600.000 a 700.000 cardiópatas. La mortalidad anual en Latinoamérica por esta enfermedad según datos del Banco Mundial es de 23000 y para la OMS 43000 muertes por año; en la Argentina se calcula en alrededor de 5000 muertes por año debido a la enfermedad.

##### Fisiopatogenia

Con respecto a los mecanismos patogénicos involucrados, son varios los que han sido señalados por distintos autores como los responsables principales del daño miocárdico.

1. Mecanismos inflamatorios ligados al parásito. En las formas crónicas los nidos parasitarios son relativamente escasos o ausentes, lo que no concuerda etiopatogénicamente con la frondosidad de la miocitolisis y la fibrosis. Sin embargo, últimamente se ha demostrado que si bien la presencia de parásitos visibles microscópicamente es excepcional a nivel de las lesiones inflamatorias, el empleo de técnicas de mayor sensibilidad, inmunohistoquímica con anticuerpos específicos y, en especial, la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), permitieron comprobar que existen elementos parasitarios, antígenos o fragmentos de genoma, coincidentes con las lesiones inflamatorias. Como contrapartida, estos componentes no se encuentran en las áreas cardíacas indemnes o en aquellas en las que existe fibrosis con ausencia de actividad inflamatoria.

2. Mecanismos de agresión inmunológica. Este mecanismo está avalado por las siguientes demostraciones desarrolladas durante las últimas décadas, a saber: a) existe mimetismo molecular entre el parásito y los antígenos del huésped; b) aparecen autoanticuerpos que reconocen epítotes cardíacos durante la fase crónica de la infección; c) la inmunización de animales con la totalidad del parásito, con fragmentos del mismo o con antígenos bioquímicamente definidos provoca miocarditis o alteraciones electrocardiográficas, d) los linfocitos B de los infiltrados inflamatorios del corazón elaboran anticuerpos contra antígenos miocárdicos, e) en esas mismas lesiones se aíslan clones de linfocitos T que reaccionan con epítotes cardíacos, f) es posible inducir alteraciones titulares en el corazón y en nervios de animales vírgenes de infección, mediante la transferencia de linfocitos de animales infectados. Por otra parte, se postula que la presencia de un infiltrado patogénico en la cardiopatía chágasica es un proceso con múltiples pasos, donde las características inmunológicas del huésped, previas a la infección, tales como el balance de citoquinas o el repertorio de células T con reactividad cruzada son determinantes mayores. La infección sistémica con TC funcionaría como gatillo y amplificador, generando células T patogénicas “experimentadas” en individuos susceptibles que podrían migrar al corazón y producir daño cardíaco.
3. Mecanismo microcirculatorio. Este mecanismo explicaría que las alteraciones de la microcirculación causarían las lesiones focalizadas. Avalando esta teoría se han descrito diversos hallazgos, tanto en necropsias como modelos experimentales, a saber: a) irregularidades y constricciones de las arteriolas intramiocárdicas, acompañadas de intensa miocitolisis, b) progresiva descapilarización, con desorganización de la red capilar por infiltración inflamatoria, c) agregados plaquetarios y trombos oclusivos, d) áreas de vasoconstricción vascular focal, microaneurismas, dilatación y proliferación de microvasos, e) alteración del endotelio vascular con disfunción endotelial.
4. Mecanismo de alteración del sistema nervioso autónomo. El daño sería el resultado de la denervación por destrucción de neuronas y fibras nerviosas de manera difusa en diversos lugares del organismo, lo que explicaría el hallazgo de megavísceras y cardiopatía, con lesiones de los ganglios autonómicos y fibras nerviosas cardíacas. En los últimos años investigaciones demostrarían que en algunos pacientes existirían autoanticuerpos contra receptores beta-adrenérgicos y muscarínicos colinérgicos cardíacos que causarían un bloqueo de los receptores a neurotransmisores con denervación simpática y parasimpática.

### **Evolución**

La Tripanosomiasis americana es una enfermedad que presenta aspectos complicados y variantes. Su agente etiológico no se multiplica en sangre periférica, sino que lo hace en los tejidos, en el interior de sus células, y una vez parasitado, el huésped tiende a permanecer infectado por el resto de su vida.

La posibilidad de infección tripanosómica y la evolución posterior no depende solo del agente etiológico sino del huésped. Los niños son más susceptibles de contraer la enfermedad que los adultos debido a que pueden ser más fácilmente inoculados por los triatominos. Los adultos presentan infecciones crónicas, adquiridas en la infancia o adolescencia en forma aguda, en general inaparente. Los tripanosomas colonizan diversas vísceras y tejidos pero tienen un tropismo especial por el corazón, tejido nervioso y tubo digestivo donde originan las lesiones más importantes y características de esta enfermedad.

Luego del período agudo que dura entre 15 y 30 días, caracterizado por intensa parasitemia, sobreviene un período subagudo dado por baja parasitemia, lesiones miocárdicas y nerviosas oligosintomáticas o asintomáticas y prolongada evolución que abarca entre 10 a 15 años. Esta fase indeterminada o latente de la enfermedad se caracteriza por lesiones clínicas inaparentes, sólo demostrables por métodos complementarios de diagnóstico, y cuyas alteraciones se deberían a la secuela (fibrosis) del período agudo inflamatorio. En algunos casos, la única manifestación de enfermedad de Chagas es la serología positiva, lo que evidencia una detención evolutiva crónica, manifestada entre 15 a 30 años después de la primoinfección, que determina la calidad y cantidad de vida de acuerdo al grado de miocardiopatía congestiva, disperistalsis esófago-gastro-entérica y neuropsicopatía.

La muerte se debe en general al deterioro cardíaco y puede producirse por insuficiencia cardíaca, arritmias ventriculares, trastornos de conducción y tromboembolismo. El desenlace final, especialmente en la etapa crónica dilatada, estaría dado por las lesiones avanzadas del sistema excito-conductor y de las fibras miocárdicas con la consecuente producción de arritmias graves (taquicardias ventriculares que derivan en fibrilación ventricular.)

Finalmente, un estudio realizado demuestra que las principales causas de internación de emergencia de los cardiopatas chagásicos crónicos en área urbana serían: 1) El síncope, 2) La insuficiencia cardíaca descompensada y 3) El tromboembolismo pulmonar.

La clasificación clínica cardiológica aceptada por el Consejo de Enfermedad de Chagas “Dr. Salvador Mazza” de la Sociedad Argentina de Cardiología es la siguiente:

GRUPOS	CARACTERÍSTICAS
AGUDO	Parasitemia (+), sintomático o asintomático y con estudios complementarios normales o anormales
INDETERMINADO	Serología (+), asintomático, con estudios complementarios normales (electrocardiograma, Rx de tórax, ergometría y ecocardiograma)
CARDIÓPATAS “A”	Serología (+), sintomáticos o asintomáticos con presencia de trastornos del ritmo, trastornos de conducción o ambos pero sin dilatación cardíaca.
“B”	Serología (+), sintomáticos o asintomáticos con presencia de estudios complementarios anormales y dilatación cardíaca.

Por lo tanto, decimos que existe una etapa aguda de la enfermedad, con las típicas complicaciones de miocarditis, encefalitis u otras, con un porcentaje bajo de morbilidad, pasando luego de varios años a una fase indeterminada, sin alteraciones clínicas con estudios cardiológicos normales, para luego presentar una cardiopatía con dos modalidades: tipo “A” y tipo “B”.

## RECOMENDACIONES

### CONSIDERACIONES DE LA PRUEBA ERGOMÉTRICA GRADUADA (PEG) EN LA ENFERMEDAD DE CHAGAS

La prueba de esfuerzo es un método mensurable, controlable y reproducible, de gran utilidad para el diagnóstico, control y seguimiento del paciente portador de enfermedad de Chagas. Teniendo en cuenta que la enfermedad de Chagas es una patología con especiales connota-

ciones sociales, pacientes humildes, con serios problemas económicos y grandes dificultades laborales, la prueba ergométrica graduada debe incorporarse como estudio de rutina básica, teniendo en consideración este consenso y según el momento de la consulta de estos pacientes. El ejemplo podría ser en un paciente en fase indeterminada conocer su capacidad física, su exigencia laboral, afrontar una actividad deportiva sin limitaciones o detectar alteraciones cardiovasculares, dándole una orientación clara, realizando un seguimiento, y en los pacientes con afecciones comprobadas, cardiopatía tipo “A” o “B”, conocer el éxito o fracaso de los tratamientos establecidos en función de la prueba.

### **Clase I**

Se realizará una prueba ergométrica graduada con esfuerzo a todos los pacientes con serología positiva para Chagas, de acuerdo a las normas del Consejo de Ergometría y Rehabilitación Cardiovascular de la Sociedad Argentina de Cardiología.

La metodología consistirá en una prueba de esfuerzo máximo, escaleriforme con plataforma o cicloergómetro, con monitoreo osciloscópico permanente y registro electrocardiográfico (convencional o derivaciones múltiples).

Para control de la tensión arterial se utilizará un esfigmomanómetro de columna mercurial o aneroide.

Es necesario disponer de equipos y elementos para reanimación cardiopulmonar (RCP) básica y avanzada (material para intubación, venoclisis, medicamentos específicos, desfibrilador, máscara de ventilación asistida).

Se realizará un ECG de 12 derivaciones y control de la TA antes de la prueba.

El protocolo que se va a utilizar es el de cargas progresivas de Naughton o equivalentes si desconocemos la capacidad funcional del paciente. Frente a un chagásico sin evidencia clínica de compromiso cardíaco utilizamos un protocolo agresivo del tipo Bruce o equivalente, tal como se emplea en personas entrenadas.

Esta consideración es de CLASE I debido al buen entrenamiento que tienen algunos pacientes por su condición laboral adaptada a los esfuerzos habituales, además podemos detectar la presencia de arritmias al máximo esfuerzo y realizar una terapéutica apropiada conociendo a este subgrupo de pacientes de alto riesgo con posibilidad de MS.

Comenzada la prueba, se determinará especialmente la frecuencia cardíaca y su incremento, así como la presión arterial basal y su comportamiento durante la prueba. Ambas se evalúan en el posesfuerzo. La prueba será detenida por causas clínicas o electrocardiográficas. Se evaluará la capacidad funcional. Es decir, que la primera consideración al realizar una PEG en el paciente chagásico es interpretar que su importancia y resultados son muy diferentes a los obtenidos en la cardiopatía isquémica. Aquí hay que investigar:

- 1°. Detección de Trastornos de conducción intraesfuerzo (aurículoventriculares y/o interventriculares) o en el período de recuperación.
- 2°. Detección de Arritmias.
- 3°. Determinar Capacidad Funcional.
- 4°. Investigar el Cronotropismo.
- 5°. Comportamiento de la Tensión Arterial.

Los pacientes chagásicos, por lo general presentan una buena tolerancia al esfuerzo, siendo la prueba ergométrica un estudio sin complicaciones ni accidentes graves.

La PEG permite detectar, en porcentaje significativo, arritmias de importancia y trastornos de conducción en pacientes con ECG normal o levemente alterado que no tienen síntomas. Las arritmias ventriculares son las más frecuentes —observar su morfología, frecuencia de aparición y complejidad (duplas, TVNS, polimorfismo)— y aumentan significativamente con la edad de los pacientes. Los bloqueos de rama intraesfuerzo y los bloqueos auriculoventriculares son signos muy alarmantes durante el esfuerzo, y su significación pronóstica se correlaciona con alteraciones del sistema nervioso autónomo.

Pueden observarse alteraciones del segmento ST, de la onda T o del punto J durante el esfuerzo. Su presencia debe alertar sobre la posibilidad de isquemia coronaria.

Además, en los pacientes con Cardiopatía tipo “A” la realización de pruebas ergométricas en forma sistémica permiten identificar un subgrupo con riesgo aumentado de muerte súbita o descompensación cardiovascular durante el esfuerzo.

La falta de incremento de la frecuencia cardíaca (déficit cronotrópico) se presenta en la enfermedad del nódulo sinusal o disfunción ventricular izquierda.

La tensión arterial puede incrementarse en forma exagerada al esfuerzo (respuesta hipertensiva), pero cuando no acompaña al esfuerzo creciente (déficit batmotrópico, incremento inferior al 10% o descenso con respecto al control) está manifestando alteraciones del sistema nervioso autónomo o insuficiencia ventricular izquierda. La presencia de taquicardia ventricular (TV) durante la PEG se encuentra significativamente asociada a la muerte súbita, permitiendo el seguimiento con más frecuencia y monitorear la terapéutica antiarrítmica agresiva para cada caso. Debemos tener una observación especial en el período de recuperación, puesto que suelen aparecer arritmias ventriculares con diferentes grados de complejidad.

#### **Clase II**

En los pacientes con Miocardiopatía dilatada tipo “B” clase funcional II y III, valorar la tolerancia al esfuerzo y las diferentes terapéuticas establecidas.

En el caso de arritmias ventriculares TV o bloqueo AV, para evaluar tratamiento en curso.

La divergencia de opiniones con respecto a la justificación del empleo de la prueba ergométrica graduada en este tipo de pacientes chágasica, los coloca en una situación de eficacia incierta, y para algunos investigadores controvertida.

#### **Clase III**

Pacientes con Miocardiopatía dilatada “B” avanzada clase funcional IV. Con arritmias y trastornos de conducción en reposo, con alto riesgo ergométrico, pudiendo padecer signos de insuficiencia cardíaca y descompensación durante el esfuerzo, o arritmias malignas como taquicardia ventricular sostenida o fibrilación ventricular. Pacientes con Bloqueos AV de 3º grado y marcapaso definitivo. Hay acuerdo general que la prueba ergométrica graduada no está habitualmente indicada en este grupo de pacientes; la misma es de alto peligro.

#### **Tipo de evidencia: TIPO C**

La gran mayoría de los estudios fueron realizados por grupos de investigadores en diferentes zonas del país, con conclusiones similares en casi todos los casos. Considero que el TIPO C (opinión de expertos) es el adecuado

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Consenso SAC de Cardiopatía chágásica

### 3. G. ERGOMETRÍA EN LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL.

La hipertensión arterial (HTA) se asocia a mayor mortalidad y mayor prevalencia de eventos cardiovasculares: insuficiencia cardíaca, infarto agudo de miocardio, angina de pecho, claudicación intermitente y accidentes cerebrovasculares (1); su medición dinámica (2, 3) se ha propuesto para evaluar la respuesta de individuos hipertensos o en riesgo de padecerla, durante las actividades habituales diarias. Sin embargo, a pesar de que la presión arterial se valora de manera rutinaria durante las pruebas de esfuerzo, aún no está completamente definido.

Por mucho tiempo, las guías de HTA focalizaban solamente sobre el valor de la presión arterial o lo tomaban como principal variable para determinar la necesidad y tipo de tratamiento. Actualmente y basado en niveles de evidencias, se enfatiza en el diagnóstico y manejo de la HTA dentro de la cuantificación del riesgo cardiovascular total o global (4, 5, 6).

Los apremios físicos, tanto ejercicios dinámicos como estáticos, o los pasivos como el estrés mental y el frío son aplicados para evaluar la respuesta presora, elevan los valores de PA tanto en normotensos como en HTA tratados o no, y esta respuesta es variable e individual (7, 8, 9). Son de utilidad para evaluar: 1. nuevos episodios de HTA, 2. daño de órgano blanco, 3. incidencia de enfermedad y muerte cardiovascular, y más recientemente diagnóstico de HTA de guardapolvo blanco (White Coat) e HTA enmascarada (Masked HTA).

1. Como valor predictivo de futura HTA es aún discutido (10).  
Se ha comunicado un significativo e independiente riesgo de padecer HTA con un seguimiento a los 10 años, en aquellos sujetos que hayan desarrollado una desproporcionada respuesta presora al ejercicio, al igual que el estrés mental (5).
2. Daño de órgano blanco clínico o subclínico. Estudios tanto en normotensos como hipertensos concuerdan que la respuesta presora al ejercicio dinámico no tiene relación significativa con hipertrofia ventricular izquierda (HVI) después de ajustarlo apropiadamente a la PA basal (11, 12, 13).  
Otros han informado que en individuos con Pre HTA, los cambios en la PAS del reposo al ejercicio sub máximo son un fuerte predictor de HVI.
3. En algunos estudios se ha observado mayor morbilidad y mortalidad cardiovascular en sujetos que presentan exagerada respuesta HTA a la Ergometría, independiente del valor de reposo. En sujetos con HTA leve grado I los valores de PA supina y a los 6 minutos proveen información predictiva sobre muerte cardiovascular, en un seguimiento de 21 años (14) Podría ser diferente en HTA más severos.

Si un excesivo incremento de TA durante el ejercicio nos brinda esta información pronóstica, partiendo de la exagerada respuesta hipertensiva dentro de los seis minutos de la prueba, también importante para este hallazgo debería ser la respuesta cronotrópica muy aumentada y alterado su sistema autonómico (Cardiac output is impaired) (15); así como la elevada presión de pulso (16).

#### CONSIDERACIONES GENERALES

1. La respuesta presora al ejercicio podría tener un valor para que en el futuro un porcentaje de pacientes desarrolle HTA (17).

2. Su significancia para evaluar daño orgánico, es discutida. Nivel de evidencia B y C. Menos evidencias aun para daño de órgano subclínico y diagnóstico de HTA de guardapolvo y enmascarada.
3. Sí como predictor de eventos cardiovasculares y muerte en respuestas exageradas de la PAS dentro de los 6 minutos, en un seguimiento a 21 años.
4. La PE podría proveer una información adicional en aquellos sujetos con HTA leve en ausencia de otros FR y/o daño de órgano. Nivel de evidencia A.

Las repuestas anormales en Ergometría se pueden clasificar en: Fisiológicas, Clínicas y Electrocardiográficas. En todas ellas es importante considerar factores que determinan su gravedad, a saber: precocidad de aparición, agravamiento con la carga, el retardo a llegar a lo basal en la recuperación o a mayores alteraciones durante la misma y la repetitividad de las anomalías. Estos factores que alteran la prueba tienen estrecha correlación con la cinecoronariografía, Ecocardiograma, Presurometría, futuros eventos y mayor expectativa de vida.

### **Respuestas anormales Fisiológicas**

Capacidad Funcional, Cronotropismo, Consumo de O<sub>2</sub>, Vagotonismo en la recuperación. Respecto de la Capacidad Funcional recordar los conceptos de CF útil, límite y máxima.; el cronotropismo; cada día se toma con mayor énfasis la frecuencia como factor de futuros eventos.

### **Respuestas anormales Clínicas**

Angor y equivalentes, Disnea desproporcionada, Ritmo de galope, Soplos (aparición o aumento), Claudicación intermitente y Respuesta Presora (hipertensiva o paradójal). Respecto a la respuesta presora anormal, se debe considerar que la cifra máxima a considerar son los 200 mm de Hg, y más anormal será cuanto más precozmente aparezca (esta cifra no es arbitraria, por su relación con la hipertrofia ventricular izquierda). Por otra parte, podemos hallar respuestas presoras que deben ser consideradas como anormales, cuando el valor de incremento en cada carga está por encima de los estándares que más adelante se darán. Demas está recordar que la prueba se debe detener cuando la PAS llega a 240 mmHg y la PAD a 130 mmHg.

El empeño para disminuir las cifras de la PA merece algunas consideraciones importantes: no nos podemos conformar con las determinaciones en reposo de la PA, sólo durante ¼ de las 24 h de su vida el ser humano está en condiciones basales, y el resto bajo stress psicofísico. Por lo tanto, si bien este descenso tensional determinado en nuestro consultorio privado, en la clínica o en medio hospitalario tiene gran valor, un importante número de pacientes, al evaluarse con presurometría de 24 hs.; o por el stress físico ergométrico, desarrollan cifras de HTA que no guardan relación con la toma en condiciones basales.

Estos pacientes con respuestas presoras exageradas son candidatos a desarrollar HVI en el futuro o -lo peor- que ya la hayan desarrollado, por el largo período en que este tipo de respuesta se desconoció; concepto de R. Elliot: "cuidado de conformarse con cifras tensionales normales en condiciones basales". Efectuemos a quienes podamos stress físico ergométrico en cinta o bicicleta a mediana carga para objetivar respuestas anormales y actuar en consecuencia. En quienes no puedan hacer ergometría, la presurometría nos dará información sobre las características, el tipo (PAS, PAD; PASD), envergadura y su cronología durante las 24 hs. Estas respuestas anormales se deberán correlacionar con el ecocardiograma, para detectar precozmente la HVI.



El mismo criterio se podría utilizar (especialmente la respuesta al stress físico) en los pacientes con hipertensión borderline e inclusive en los normotensos hijos de hipertensos, en los diabéticos y los obesos.

Así la Ergometría nos daría la siguiente información:

- Detección de la respuesta hipertensiva en sujetos considerados normales. La literatura nos informa que puede llegar al 26% (2).
- Detección de respuestas exageradas en sujetos con factores prevalentes de HTA.
- Evaluación de tipo y gravedad de la respuesta presora en los sujetos hipertensos.
- Evaluación del tratamiento antihipertensivo.

Factores que aumentan su prevalencia:

- Edad.
- Sexo.
- BMI.
- Factores genéticos.
- Raza.
- Síndrome metabólico.
- Estilo de vida.

Factores a considerar:

- Aumento en relación con la carga.
- Curva de incremento (en cinta la PAS debe ser menor de 10 mmHg. por carga, la PAD no debe aumentar y aun puede descender; en bicicleta la PAS aumenta en las primeras cargas 10 mm de Hg y luego 12, 13 mmHg, la PAD puede aumentar).
- Precocidad de aparición (4,5 MET).
- Valores en la recuperación.
- Repetitividad de las pruebas ( regresión a la media).

No olvidarse que la medición de la presión arterial es no invasiva durante el ejercicio, que los valores de PAS son limitados y pocos exactos con tendencia al redondeo de 10 mmHg en 10 mmHg del valor obtenido, por lo tanto es menos segura que las mediciones en reposo. Cuanto más detalles tomemos en consideración para el mejor registro de los valores de PA menos probabilidad de sesgo se tendrá.

### **Respuesta normal de la TA en el ejercicio**

Con el comienzo del ejercicio, la actividad simpática predomina sobre el tono vagal aumentando la frecuencia cardíaca y el gasto, a la vez que se redistribuye el flujo de zonas viscerales al músculo esquelético. Como resultado del aumento del gasto cardíaco, la presión arterial media aumenta aproximadamente un 40%, con un aumento progresivo de la presión sistólica. Durante la recuperación, la disminución de los estímulos simpáticos y el aumento del tono vagal llevan a una rápida disminución de la frecuencia cardíaca y de la resistencia periférica con normalización de los valores tensionales.

Para la práctica clínica es importante establecer el rango de valores normales de referencia. En un estudio poblacional de sujetos sanos, Daida et al (18) estudiaron en forma retrospectiva la respuesta tensional durante pruebas ergométricas máximas, utilizando el protocolo de Bruce. En hombres, el pico tensional (percentilo 90) fue 210 mmHg entre 20-29 años, y de 234 mmHg para las edades 70-79 años. En mujeres los valores fueron 180 y 220 mmHg.

Respectivamente (Tabla 1), Wolthuis et al (19), también analizaron la respuesta de la TA en ejercicio máximo en hombres. El percentilo 90 para la TAS fue de 200 mmHg y TAD 90 mmHg. Las diferentes poblaciones analizadas en los estudios y los distintos protocolos ergométricos analizados llevan a que no exista una respuesta normal de la TA que sea ampliamente aceptada.

**Tabla 1.** Valores de TA en ejercicio máximo, percentilo 90, según edad y sexo.

HOMBRES			MUJERES	
EDAD	SISTÓLICA (mmHg.)	DIASTÓLICA (mmHg.)	SISTÓLICA (mmHg.)	DIASTÓLICA (mmHg.)
20-29	182	71	156	70
PP. 90	210	86	180	86
30-39	184	76	160	74
PP. 90	210	90	190	90
40-49	188	80	167	78
PP. 90	216	94	200	90
50-59	193	83	177	81
PP. 90	222	100	206	94
60-69	197	84	186	81
PP. 90	228	100	218	98
70-79	196	84	185	83
PP. 90	234	100	220	100

PP. 90: Promedio Percentilo 90

### Respuesta exagerada de la presión arterial en el ejercicio

Los valores de corte para la respuesta exagerada de la PA son aún más arbitrarios que para la respuesta normal. Esto hace que la prevalencia sea difícil de estimar. Algunos autores han definido la respuesta exagerada en valores absolutos: 210 mmHg para hombres y 190 mmHg para mujeres (20). Otros han utilizado los percentilos 90-95 [1, 4]. Más allá de la definición, los estudios poblacionales han observado una prevalencia de alrededor de 3-4%, con 1/3 de valores normales en la etapa basal (21, 22).

Los factores fisiopatológicos propuestos para esta respuesta son: aumento excesivo del tono simpático, aumento de masa ventricular y disfunción endotelial (23).

La importancia pronóstica y diagnóstica de la respuesta exagerada de la tensión arterial todavía permanece en estudio. Se ha propuesto que podría identificar a un subgrupo de pacientes en riesgo para desarrollar HTA en reposo. Una revisión de estudios sobre respuesta exagerada de presión en ejercicio informó una sensibilidad de 16-46% y especificidad de 87-95% para desarrollar futura HTA (24).

Singh et al (25), analizaron dentro del Framingham Heart Study la relación de la TA en ejercicio y en reposo y el riesgo de desarrollar HTA en una muestra de sujetos sanos y normotensos. Luego de ajustar por variables confundidoras, la respuesta exagerada de la PA fue predictora de HTA tanto en hombres (OR 4) y mujeres (OR 2). La respuesta exagerada de la presión diastólica fue un predictor aún más importante en ambos sexos, mientras que la presión elevada en la recuperación sólo lo fue para hombres en el análisis multivariado.

La ergometría resultaría útil para identificar sujetos en riesgo de desarrollar HTA. Sin embargo, a pesar de este hallazgo en los diferentes estudios de personas normotensas con respuesta exagerada de la TA en el esfuerzo, la incidencia anual de HTA permanece baja y la reducción de riesgo en estos estudios permanece marginal. Más estudios son aún necesarios para evaluar esta utilidad de la prueba ergométrica.

Algunos autores (26, 27) han analizado la relación entre la respuesta exagerada de la presión en el ejercicio y la hipertrofia ventricular como marcador de daño de órgano blanco. La correlación entre ambas sigue en discusión.

Kurl et al (28) estudiaron la asociación entre la respuesta tensional en el ejercicio y el riesgo de ACV. Este es el único ensayo que considera dicha relación. Durante un seguimiento de 10.4 años hubo 46 casos de ACV en una población de 1026 hombres. El aumento mayor a 19.7 mmHg por minuto de la TA en ejercicio se asoció a 2-3 veces más riesgo de ACV (29) comparado con aquellos sujetos en quienes el aumento fue menor a 16.1 mmHg. La ausencia de otros trabajos, hace difícil extraer conclusiones.

#### ***Presión arterial sistólica mínima en ejercicio máximo***

No existe recomendación para la definición de PAS mínima en ejercicio. Los valores de corte utilizados en la literatura han sido establecidos en forma arbitraria. La prevalencia también es desconocida.

En diferentes estudios poblacionales la PAS mínima en ejercicio máximo se ha asociado a eventos cardiovasculares, enfermedad coronaria y bajo gasto cardíaco. Naughton et al (30), compararon en un estudio 123 hombres con PAS 140 mmHg o menos en ejercicio máximo contra 518 hombres en quienes la PAS fue de 140 mmHg o más. El grupo con menor PA presentaba más comorbilidades, utilizaban más beta bloqueantes y presentaban menor clase funcional. Durante el seguimiento a 3 años, esta población presentó mayor mortalidad que el grupo con valores tensionales más elevados.

#### ***Respuesta anormal en recuperación***

El índice de TAS en la recuperación se mide como la relación de la TAS luego de un tiempo de recuperación *versus* la TA en ejercicio máximo. Este índice se ha propuesto como sensible y específico para el diagnóstico de enfermedad coronaria. El punto de corte establecido en la mayoría de los estudios es de 0.90 a los 3 minutos de la recuperación (31).

Si bien varios estudios han analizado la asociación entre la TA en recuperación y eventos adversos (32, 33), el valor predictivo se encuentra aún en debate. Existe una importante variación en el tiempo de medición de este índice, lo que motiva que la interpretación de los estudios sea dificultosa. El uso rutinario de esta medición aún no se recomienda; pero se debe informar como hallazgo en la prueba.

#### **Otras aplicaciones clínicas de la ergometría**

##### ***Ejercicio como tratamiento antihipertensivo***

La prueba de esfuerzo es útil para mejorar la prescripción de ejercicio, ya que el máximo beneficio se consigue entrenando cerca del umbral anaeróbico. Al seleccionar el nivel de entrenamiento óptimo, se consigue mejor la adaptación de las funciones metabólicas y hemodinámicas, a la vez que se mejora el consumo de oxígeno.

**Valoración de la eficacia del tratamiento antihipertensivo**

Existen trabajos en los que se ha utilizado la respuesta en el esfuerzo como método para valorar la eficacia de los fármacos. No obstante, no existen recomendaciones universales.

Si bien aún no existen estándares para categorizar la respuesta tensional en el ejercicio, se propone:

- Respuesta tensional exagerada en ejercicio: 220 mmHg en hombres y 190 mmHg en mujeres. Estos valores no necesariamente deben llevar a interrumpir la prueba.
- Se deben evaluar las siguientes respuestas tensionales, con probable poder pronóstico:
  - Hipotensión inducida por ejercicio (ver apartado correspondiente).
  - PAS en ejercicio máximo mayor o igual a 230 mmHg o menor o igual a 140 mmHg.
  - Índice de recuperación: 0.90 a los 3 minutos.

**PROYECTO DE PRUEBA ERGOMÉTRICA PARA EVALUAR LA HTA**

El stress físico a utilizar para la evaluación de la respuesta presora de un individuo debe ser semejante al de su actividad diaria. Nuestra experiencia en el desarrollo de la ergometría en el país, que data desde el final de la década del 60, complementada por nuestros estudios sobre respuesta presora al ejercicio y estudios comparativos de este método con la presurometría, grado de HTA y de HVI; nos ha permitido formular nuevos protocolos para objetivar más adecuadamente la respuesta presora al ejercicio, que no dudamos será un valioso aporte para el diagnóstico y evaluación del paciente hipertenso o con probabilidades de serlo.

El esfuerzo más común es la marcha, por lo tanto el ergómetro a utilizar debería ser la banda deslizante, que permitirá una respuesta acorde con el caminar a diversas velocidades e inclinaciones.

Este tipo de ejercicio es de características isotónicas, por lo que está exento del efecto hipertensor del ejercicio isométrico del bicicleta o del hand grip.

Otro factor a destacar es el aumento graduado, escaleriforme a cargas no demasiado bruscas (2 MET) que permitirá una mejor adaptación al stress psicofísico del método, favoreciéndose el “estado estable” de la respuesta homeostática.

**PROTOCOLO DE NAUGHTON -BALKE MODIFICADO**

CARGA	PENDIENTE	VELOCIDAD	DURACION
2 MET	0°	3.0 km/HORA	3 minutos
4 MET	7°	3.2 km/HORA	3 minutos
6 MET	10°	4.0 km/HORA	3 minutos
8 MET	10°	5.0 km/HORA	3 minutos
10 MET	10°	5.8 km/HORA	3 minutos

### PROTOCOLO DE BRUCE MODIFICADO

La primera carga se debe hacer con 5° de pendiente. Por lo tanto, la 1era etapa será de 2,5 MET. Las restantes de acuerdo al protocolo original.

CARGA	PENDIENTE	VELOCIDAD	TIEMPO
0 MET	0°	0	0
2.5 MET	5°	1,7 m/h	3 minutos
4,5 MET	10°	1,7 m/h	3 minutos
7 MET	12°	2,5 m/h	3 minutos
10 MET	14°	3.4 m/h	3 minutos
13 MET	16°	4.2 m/h	3 minutos

En caso de hipertensión arterial basal, ambos métodos pueden iniciarse con 0° de pendiente, en el de Naughton a 1,5 km/h, y en el de Bruce a la misma velocidad.

Si bien lo deseable es utilizar como ergómetro la banda, es una realidad que en una gran parte de los centros se usa el bicicleta; en esos casos lo adecuado sería utilizar un protocolo de cargas menos agresivas.

### BICICLO

Carga inicial: 75 kgm. Duración: 3 minutos y aumentar a 150 kgm

300 kgm

450 kgm

600 kgm y así sucesivamente

Si el paciente es hipertenso basal, se puede iniciar el test sin carga; como es sabido, el pedaleo se debe efectuar a 60 revoluciones por minuto.

Con estos conceptos, en nuestra experiencia hemos podido corroborar:

Los sujetos considerados normales presentaron un 16% de respuestas anormales, en cambio los hipertensos el 85%, siendo las respuestas más anormales en el hipertenso sistodiastólico, y la respuesta hipersistólica, la más común (34). Además, los hipertensos tienen menor capacidad funcional que los normales. Los hijos de padres hipertensos tienen a temprana edad respuestas presoras muy anormales cuando se confrontan con hijos de padres normotensos; tiene mayor prevalencia el sexo masculino, por lo que se debe considerar a este grupo como de riesgo (35, 36, 37).

La respuesta hipertensiva sistólica exagerada tiene relación con la hipertrofia del ventrículo izquierdo. (34, 38, 39).

Existe correlación entre presurometría diurna y ergometría a carga equivalente a la actividad diaria (40).

Por toda esta experiencia consideramos muy importante que, además del pedido rutinario de laboratorio, RX de tórax y ECG, solicitar en quienes no hubiera contraindicación, Ergometría con un test de BRUCE modificado (1ra carga con 5° de pendiente) o un test de BALKE modificado (con cargas menos bruscas para mejor adaptación al stress físico) o Biciclo, para

observar si se produce respuesta hipertensiva a cargas bajas de trabajo, comparables a la actividad cotidiana.

Hemos hallado 4 tipos de pacientes:

1. Jóvenes normotensos hijos de hipertensos, obesos, sedentarios y/o diabéticos.
2. Adultos con las mismas características.
3. Hipertensos de diagnóstico reciente.
4. Hipertensos en tratamiento.

Es notable la alta incidencia de respuestas presoras anormales al stress psicofísico producido por la ergometría en estos grupos (42, 43, 44, 45, 46).

Esta respuesta presora anormal debe hacernos solicitar un Ecocardiograma 2D, para descartar la HVI (Cuando un paciente hace una respuesta presora de 200 mmHg o más a una carga precoz o 7 MET, existe una probabilidad del 75% de HVI).

El estudio del paciente con esta información arriba diseñada dará lugar a un correcto encasillamiento del diagnóstico, un criterio sobre los posibles mecanismos presores y como consecuencia un tratamiento adecuado a la circunstancia, lo que determinará un menor riesgo de complicaciones inmediatas, mediatas, y a la larga una menor posibilidad de internación por complicaciones de HTA no controlada (Ej. crisis hipertensiva, acv, edema agudo de pulmón, hemorragias retinianas, eventos coronarios, (más alejados, insuficiencia cardíaca y renal).

#### **Clasificación de la respuesta presora**

- a. Respuesta presora normal.
- b. Respuestas hipertensivas anormales (sistólicas, diastólicas y/o sistodiastólicas)
  - b1. Sistólica Leve: aumento por carga, entre 12 y 15 mmHg.
    - Sistólica Moderada: aumento entre 16 a 30 mmHg.
    - Sistólica Severa: aumento mayor de 30 mmHg.
  - b2. Diastólica Leve: aumento por carga, entre 10 a 15 mmHg.
    - Diastólica Moderada: aumento entre 16 y 20 mmHg.
    - Diastólica Severa: aumento mayor de 21 mmHg.
  - b3. Sistodiastólicas: combinación de las anteriores.

Recordar que cuando la respuesta presora sistólica es mayor de 200 mmHg, debe ser considerada anormal por su probable relación con la hipertrofia ventricular izquierda.

#### **Informe de Prueba Ergométrica en la HTA**

##### **Consideraciones:**

Tener en cuenta la carga alcanzada.

Tener en cuenta el cronotropismo.

Respuesta presora normal.

Respuesta presora normal en el hipertenso.

Respuesta presora anormal; leve, moderada, severa en normales o hipertensos, con las características descriptas más arriba.

Informar además sobre el tiempo de retorno a las cifras basales.

Otras alteraciones de la prueba: síntomas, arritmia, trastornos de repolarización, etc.

### **Comentarios finales**

La respuesta presora, a pesar de múltiples trabajos, no tiene un lugar preponderante en el estudio de la Hipertensión Arterial; es muy probable que ello se deba a que no se utiliza el método y ergómetro adecuado, estos nuevos conceptos pueden hacer modificar la relativa poca importancia que se le ha dado a un estudio tan rico en información Fisiológica, Clínica y Electrocardiográfica.

**Por tal motivo aconsejamos solicitar el estudio ergométrico para evaluar la respuesta presora con el uso de los protocolos arriba especificados y desarrollar un programa que unifique el método y evalúe resultados para lograr un Consenso definitivo en un plazo razonable.**

## **RECOMENDACIONES**

---

### **CONSIDERACIONES FINALES**

#### **Clase I**

La prueba de esfuerzo es útil para mejorar la prescripción de ejercicio ya que el beneficio se consigue entrenando cerca del umbral anaeróbico (evidencia A).

#### **Clase II**

##### **Ila**

La repuesta presora al ejercicio podría tener un valor para que en el futuro un porcentaje de pacientes desarrolle HTA (evidencia B).

Su significancia para evaluar daño orgánico, y para evaluar el daño de órgano blanco subclínico es discutida (evidencia C).

Para valorar la eficacia del tratamiento antihipertensivo (evidencia C).

##### **Iib**

Para el diagnóstico de HTA de guardapolvo y enmascarada. (evidencia C.)

#### **Clase III**

En pacientes con hipertensión arterial descontrolada.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

1. Kannel WB. Blood pressure as a cardiovascular risk factor: prevention and treatment. JAMA. 1996; 275: 1571-6.
2. R.A.Schena, S. López, S. Kerbaje, G. Pichel, M.A. Agustini, D. Galli y M. La Pastoresa. "Respuesta Presora al Stress Físico". Premio Bienal Consejo de Ergometría y Rehabilitación, SAC. 1987.
3. de Champlain J, Petrovich M, Gonzalez M, Lebeau R, Nadeau R. Abnormal Cardiovascular Reactivity in Borderline and Mild Essential Hypertension. Hypertension 1991; 17: III22-8.
4. Matthews KA, Woodall KL, Allen MT. Cardiovascular reactivity to stress predicts future blood pressure status. Hypertension 1993; 22: 479-85.
5. Carroll D, Smith GD, Sheffield D, Shipley MJ, Marmot MG. Pressor reactions to psychological stress and prediction of future blood pressure: data from the Whitehall Study. BMJ 1995; 310: 771-6.

6. Morrow K, Morris CK, Froelicher VF, Hideg A, Hunter D, Johnson E, et al: Prediction of cardiovascular death in men undergoing noninvasive evaluation for coronary artery disease. *Ann Intern Med* 1993; 118: 689-95
7. Mancia G, Parati G. Reactivity to physical and behavioral stress and blood pressure variability and Hypertension. Elsevier Sci Publ; 1987 p 104-22 RV.
8. Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and Hypertension. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 533-53.
9. Singh JP, Larson MG, Manolio TA, O'Donnell CJ, Lauer M, Evans JC, et al. Blood Pressure response during treadmill testing as a risk factor for new onset Hypertension. The Framingham Heart Study. *Circulation* 1999; 99: 1831-6.
10. Carroll D, Smith GD, Shipley MJ, Steptoe A, Brunner EJ, Marmot MG. Blood Pressure reactions to acute Psychological stress and future blood pressure status; a 10 year follow up of men in the Whitehall II study. *Psychosom Med* 2001; 63: 737-43.
11. Fagard R, Staessen J, Amery A. Exercise Blood pressure and target organ damage in essential hypertension. *J Human Hypertens*. 1991; 5: 69-75.
12. Markovitz JH, Raczynski JM, Lewis CE, Flack J, Chesney M, Chettur V, et al. Lack of independent relationships between left ventricular mass and cardiovascular reactivity to physical and psychological stress in the CARDIA study. *Am J Hypertens*. 1996; 9: 915-23.
13. Kokkinos P, Pittaras A, Narayan P, Faselis C, Singh S, Manolis A. Exercise capacity and blood pressure associations with left ventricular mass in pre hypertensive individuals. 2007; 49: 55-61.
14. Kjeldsen SE, Mundal R, Sanvik L, Erikssen G, Thaulow E, Erikssen J. Supine and exercise systolic blood pressure predict cardiovascular death in middle aged men. *J Hypertens* 2001; 19: 1343-8.
15. Palatini P. Exaggerated blood pressure response to exercise: physiologic mechanisms and clinical relevance. *J Sports Med Phys Fitness* 1998; 38: 1-9.
16. Zakopoulos NA, Lekakis JP, Papamichael CM, Toumanidis ST, Kanakakis JE, Kostandonis DM. et al. Pulse pressure in normotensive: a marker of cardiovascular disease. *Am J. Hyp* 2001; 14: 195-9.
17. Everson S, Kaplan GA, Goldberg DE, Salonen JT. Anticipatory blood pressure response to exercise predicts future high blood pressure in middle-aged men. *Hypertension* 1996; 27: 1059-64.
18. Daida H, Allison TG, Squires RW, Miller TD, Gau GT. Peak exercise blood pressure stratified by age and gender in apparently healthy subjects. *Mayo Clin Proc* 1996; 71: 445-52.
19. Garcia-Gregory JA, Jackson AS, Studeville J, Squires WG, Owen CA Comparison of exercise blood pressure measured by technician and an automated system. *Clin Cardiol* 1984; 7: 315-21.
20. Jackson AS, Squires WG, Grimes G, Beard EF. Prediction of future resting hypertension from exercise blood pressure. *J Cardiac Rehab* 1983; 3: 263-8.
21. Blake GA, Levin SR, Koyal SN. Exercise-induced hypertension in normotensive patients with NIDDM. *Diabetes Care* 1990; 13: 799-801.
22. Avolio AP, Deng FQ, Li WQ, Luo YF, Huang ZD, Xing LF, O'Rourke MF. Effects of aging on arterial distensibility in populations with high and low prevalence of hypertension: comparison between urban and rural communities in China. *Circulation* 1985; 71: 202-10.
23. Chang HJ, Chung J, Choi SY, Yoon MH, Hwang GS, Shin JH, et al: Endothelial dysfunction in patients with exaggerated blood pressure response during treadmill test. *Clin Cardiol* 2004; 27: 421-5.
24. Benbassat J, Fromm P. Blood pressure response to exercise as a predictor of hypertension. *Arch Intern Med* 1986; 146: 2053-5.



25. Singh JP, Larson MG, Manolio TA, O'Donnell CJ, Lauer M, Evans JC, et al. Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. The Framingham Heart Study. *Circulation* 1999; 99: 1831-6.
26. Lauer MS, Levy D, Anderson KM, Plehn JF. Is there a relationship between exercise systolic blood pressure response and left ventricular mass? The Framingham Heart Study. *Ann Intern Med* 1992; 116: 203-10.
27. Abe K, Tsuda M, Hayashi H, Hirai M, Sato A, Tsuzuki J, Saito H. Diagnostic usefulness of postexercise systolic blood pressure response for detection of coronary artery disease in patients with electrocardiographic left ventricular hypertrophy. *Am J Cardiol* 1995; 76: 892-5.
28. Yamada K, Hirai M, Abe K, Ishihara H, Takeshita K, Takada Y, et al: Diagnostic usefulness of postexercise systolic blood pressure response for detection of coronary artery disease in patients with echocardiographic left ventricular hypertrophy. *Can J Cardiol* 2004; 20: 705-11.
29. Kurl S, Laukkanen JA, Rauramaa R, Lakka TA, Sivenius J, Salonen JT. Systolic blood pressure response to exercise stress test and risk of stroke. *Stroke* 2001; 32: 2036-41.
30. Dorn J, Naughton J, Imamura D, Trevisan M; National Exercise and Heart Disease Project Staff. Maximal exercise systolic pressure, exercise training and mortality in myocardial infarction patients. *Am J Cardiol* 2001; 87: 213-6.
31. Tsuda M, Hatano K, Hayashi H, Yokota M, Hirai M, Saito H. Diagnostic value of postexercise systolic blood pressure response for detecting coronary artery disease in patients with or without hypertension. *Am Heart J* 1993; 125: 718-25.
32. Abe K, Tsuda M, Hayashi H, Hirai M, Sato A, Tsuzuki J, et al: Diagnostic usefulness of postexercise systolic blood pressure response for detection of coronary artery disease in patients with electrocardiographic left ventricular hypertrophy. *Am J Cardiol* 1995; 76: 892-5.
33. Yamada K, Hirai M, Abe K, Ishihara H, Takeshita K, Takada Y, et al. Diagnostic usefulness of postexercise systolic blood pressure response for detection of coronary artery disease in patients with echocardiographic left ventricular hypertrophy. *Can J Cardiol* 2004; 20: 705-11.
34. Schena R.A., Botvinick G., Ciruzzi M. y Schena R:G.- Relationship between clinical and electrocardiographic variables and left ventricular hipertrophy in hipertensive patients: The Inter-American Society of Hypertension- XIIIth Scientific Meeting Buenos Aires, 11 mayo 1999.
35. Schena R: A, Forcada P, Goza J, Agustini M. Diferente respuesta presora al stress fisico entre dos grupos de jovenes segun tengan o no antecedentes de hipertension familiar.- XXI Reunión Científica Anual del Consejo Argentino de Hipertensión Arterial. Mar del Plata, 20 octubre 2000.
36. Schena RA., Forcada P, Goza J., Schena RG. La respuesta presora al stress fisico en adolescentes y jóvenes puede ser un marcador primario de HTA. IX Congreso Argentino de Hipertensión Arterial, Córdoba, 29 abril 2002.
37. Schena RA, Forcada P, Goza J, Schena RG. Pressor response to physical in a hypertensive offspring: Relation with the genetic burden. Sesión Poster, Congreso Interamericano de Cardiología, Toronto Canadá. *Can J Cardiol* 2003;19 Suppl A: 67A.
38. Schena RA, Forcada P, Goza J y Schena RG. Sympathetic overdrive response to physical stress in adolescents descending from hypertensive parents. Sesión Oral, Congreso Interamericano de Cardiología, Toronto Canadá. *Can J Cardiol* 2003; 19: 96A.
39. Ren JF, Hakki AH, Kotler MN, Iskandrian AS. Exercise systolic blood pressure: A powerful determinant patients with hypertension of increased left ventricular mass in patient with HTA. *J* . 1985 May;5(5):1224-31.

40. Schena RA, Forcada P, Goza J, Darú V, Hidalgo H, Schena RG. Correlacion entre resultados ergométricos y presurometría con el índice de masa ventricular en pacientes hipertensos esenciales. Presentado: XVIII Congreso Interamericano de Cardiología Panama. 14 Agosto 2001 Abstract publicado en: *Cardiología Intercontinental* 10 N° 2: 86.
41. Lemne CE. Increased blood pressure reactivity in children in borderline hypertensive fathers. *1998,1 6: 1243-8.*
42. Magalhães ME, Pozzan R, Brandão AA, Cerqueira RC, Rousoulieres AL, Szwarcwald C, et al. Early blood pressure level as a mark of familial aggregation of metabolic cardiovascular risk factors. The Rio de Janeiro Study. *J Hypertension* 1998,16: 1885-9.
43. Klein AA, McCrory WW, Engle MA, Rosenthal R, Ehlers KH. Sympathetic nervous system and exercise tolerance response in normotensive and hypertensive adolescents. *J Am Coll Cardiol* 1984; 3: 381-6.
44. Molineux D, Steptoe A. Exaggerated Blood Pressure response to Maximal Exercise in Normotensive Adolescents with Family History of Hypertension. *J Hypertens* 1988; 6: 361-5.
45. Lauer RM, Burns TL, Clarke WR, Mahoney LT. Childhood Predictors of Future Blood Pressure. *Hypertension* 1991; 18: 174-81.
46. Lucas M, Riechers B, Michel U. Blood Pressure with Physical Stress (ergometry) of 105 Normotensive, Borderline Hypertensive and Hypertensive Children and Adolescents. *Off Gesundheitswes* 1991; 53: 776-83.

### 3. H. OTROS: ALTURA Y MONTAÑISMO

#### CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS

Las adaptaciones cardiovasculares que se producen en el ser humano a consecuencia de su exposición aguda a la altura fueron bien descritas en el estudio 'Operación Everest III'. Dicho estudio se realizó en una cámara hipobárica. A través de la misma se estudiaron a los sujetos expuestos en forma progresiva a 5.000, 7.000 y 8.000 metros sobre el nivel del mar (msnm) con ecocardiograma modo M, ecocardiograma bidimensional y Doppler Pulsado. Este estudio confirmó el incremento progresivo de la Presión Sistólica en la Arteria Pulmonar (PSAP) y la preservación de la contractilidad del ventrículo izquierdo (VI) ante la hipoxia hipobárica. Además mostró modificaciones del patrón de llenado del VI por una disminución de la fase de llenado temprano y mayor contribución de la contracción auricular sin elevación de la presión de fin de diástole del VI (1). Con respecto al ejercicio en la altura, la frecuencia cardíaca máxima ( $FC_{m\acute{a}x}$ ) disminuye en forma progresiva con el incremento de la altura a iguales niveles de esfuerzo (similar lactato) y similar activación simpática (similares niveles de norepinefrina) que a nivel del mar (2). La PSAP se incrementa significativamente durante el ejercicio en la altura comparado con igual intensidad de ejercicio a nivel del mar (3-6.) Pero el aspecto más significativo de la exposición aguda a la altura es la caída progresiva de la  $VO_2$  máxima ( $VO_2$  máx). Esta caída es independiente de la tasa de trabajo y es de 1.5-3.5% por cada 300 metros por arriba de los 1.500 msnm (5).

El principal mecanismo de adaptación a la altura es el incremento de la frecuencia y el volumen ventilatorio; dicho en otras palabras, la cantidad de aire que entra y sale de nuestros pulmones aumenta a expensas de la cantidad de respiraciones por minuto, y del volumen que se moviliza en cada movimiento de inspiración y espiración.

En la altura la menor presión parcial de oxígeno disminuye el aporte de oxígeno a los pulmones y el transporte de oxígeno a los músculos, lo que disminuye la capacidad aeróbica (consumo de oxígeno).

La menor presión parcial de  $O_2$  limita la difusión pulmonar y el transporte de  $O_2$  a los tejidos. La disminución de la presión parcial de  $O_2$  tiene efecto sobre el gradiente de presión parcial entre la presión arterial de  $O_2$  en sangre y la presión parcial de  $O_2$  en los tejidos, reduciéndose un 50% el gradiente de difusión a 2400 msnm. Asimismo, la saturación de la hemoglobina disminuye un 5% a esa altura.

El  $VO_2$  se reduce cuando la presión atmosférica disminuye 125 mmHg, aproximadamente a los 1600 msnm, disminuyendo un 11% cada 1000 de ascenso en la altura. El  $VO_2$  máx de 62 ml/kg.min a nivel del mar se redujo a 15 ml/kg.min a 8.848 msnm (Everest) (7-10) en expedición de 1981. Pugh y col demostraron que personas con un consumo máximo de oxígeno menor a 50 ml/kg.min serían incapaces de moverse en dicha altura, ya que su  $VO_2$  máx caería a niveles de los requerimientos mínimos basales de 5 ml/kg.min, lo que requeriría suplementación continua de oxígeno para realizar actividades de montañismo. **Esta situación confirma la necesidad de evaluar con TECP el  $VO_2$  máx para planificar actividades y suplementación de  $O_2$  a diferentes niveles de altura.**

La presión arterial de las arterias pulmonares aumenta produciendo hipertensión pulmonar asociada a la vasoconstricción hipóxica.

La disminución del volumen plasmático inicial con la altura, permite compensar por hemo-

concentración y mayor volumen sanguíneo total la menor presión parcial de  $O_2$  que reduce el gradiente de difusión entre sangre y tejidos.

En reposo y en actividades submáximas de esfuerzo, el gasto cardíaco se incrementa a expensas de la frecuencia cardíaca, pero a esfuerzos máximos y sostenidos el gasto cardíaco disminuye por disminución de la frecuencia cardíaca y del volumen sistólico, reduciendo la capacidad aeróbica. Asimismo, la concentración de lactato en sangre y en músculos se incrementa con actividades submáximas, disminuyendo con actividades de alta intensidad por incapacidad de maximizar los sistemas energéticos anaeróbicos. Las actividades anaeróbicas de velocidad (sprint) menores a un minuto no se ven afectadas ya que dependen del sistema energético ATP-PC y glucolítico.

El aire frío y la baja humedad en la altura producen deshidratación rápida por pérdida de líquidos por el sudor y evaporación respiratoria.

Al fallar los mecanismos de adaptación aparecen los síntomas de MAM (mal agudo de montaña), que dependen fundamentalmente de la retención de fluidos o mejor dicho de una mala distribución de los mismos entre las células de los distintos tejidos: los órganos más comprometidos por esta alteración son el cerebro y el pulmón (11-14).

La aclimatación a la altura necesita un mínimo de 4 a 6 semanas.

### **ERGOMETRÍA EN PERSONAS SANAS QUE VAN A REALIZAR MONTAÑISMO**

Los sujetos asintomáticos, habiendo demostrado ya bajo riesgo cardiovascular al esfuerzo, no deben en forma rutinaria y por el solo hecho de exponerse a la altura realizar una nueva Ergometría. La sensibilidad del test en estos casos es de 50%, la especificidad del 90% y el valor predictivo positivo de 0.001%, lo cual significa que para identificar a un sujeto con isquemia silente que pudiera tener un evento duro al exponerse a la altura debemos realizar 100.000 tests (15-17).

Los test de ejercicio en hipoxia son unos de los test más utilizados para evaluar la respuesta de la PSAP con distintas terapias, como el Sildenafil. En general permiten desarrollar estudios en hipoxia normobárica o en cámaras hipobáricas. La mejoría de la capacidad funcional junto con la reducción de la PSAP de reposo y ejercicio suelen ser los puntos finales de estos estudios (10). Similares ensayos se llevaron a cabo con Acetazolamida y Bosentan (18, 19). El test de ejercicio cardiopulmonar aporta una información adicional muy valiosa al evaluar directamente el intercambio de gases y la función pulmonar de reposo y ejercicio. Esto permite, como lo ha demostrado Agostoni y col, evaluar estrategias terapéuticas con ejercicio e hipoxia, observando el comportamiento de la marcada hiperventilación que se produce en la hipoxia.

Los primeros datos de muerte súbita en la altura provienen del estudio de Shlim. Este autor evaluó la cantidad de muertos y rescates que hubo en Nepal. Entre enero 1984 y junio 1987, Nepal extendió 148.000 permisos de trekking (alturas entre 1.000 y 5.000 msnm) Durante ese período fallecieron 33 personas y se realizaron 111 rescates en helicóptero. Ninguna de las muertes fue de causa cardíaca. Los autores concluyen que hacer trekking en la altura es una actividad relativamente segura (20). Un estudio reciente en montañistas sanos entrenados que participaron en una expedición al Gasherbrum II (8.150 msnm) evaluó el riesgo arrít-

mico de la hipoxia. A pesar de la hiper actividad simpática, la disminución de la variabilidad de la frecuencia cardíaca y el mayor número de arritmias en el ejercicio bajo condiciones de hipoxia, los investigadores no hallaron alternancia de la onda T con microvoltage, concluyeron que en sujetos sanos entrenados, la exposición a alturas extremas no incrementa el riesgo de arritmias peligrosas (21).

## RECOMENDACIONES

### **Clase I (evidencia B)**

Test de ejercicio cardiopulmonar

### **ERGOMETRÍA EN PERSONAS CON CARDIOPATÍAS QUE SE EXPONDRÁN A LA ALTURA**

¿Es la altura un factor de riesgo para Muerte Súbita Cardíaca? Los trabajos en montañistas con enfermedades cardiovasculares son escasos, pero a pesar de ello existen datos para distintas patologías cardiovasculares estables. En pacientes asintomáticos con enfermedad coronaria estable e incluso en adultos mayores y con deterioro de la función sistólica del VI, es seguro, como así lo demuestran los trabajos de Roach, Erdman y Levine a alturas moderadas (2.500 msnm) (22-25). En pacientes post Infarto Agudo de Miocardio, revascularizados en su mayoría con angioplastia percutánea coronaria o by pass aorto-coronario, al año de su evento, habiéndose demostrados sin isquemia residual al esfuerzo, ascender a una altura de 3454 msnm es seguro. Así lo demuestra el estudio de Schmid, en el cual a 22 pacientes se les realizó ergometrías pre ascenso y a 3454 msnm; los investigadores, comparando ambos estudios, solo observaron una caída de la capacidad máxima de trabajo del 19%, una disminución del 15% del tiempo de ejercicio y disminuciones significativas de frecuencia cardíaca, la ventilación y los niveles de lactato, no hallando signos de isquemia en el análisis del segmento ST, ni arritmias (26). Otros datos que refuerzan la seguridad en la altura es el estudio de poblaciones que residen crónicamente a alturas moderadas. En estas poblaciones la tasa de eventos coronarios es menor comparado a otras que residen a nivel del mar, como lo señala un artículo de revisión (27). Similares datos de seguridad fueron hallados en pacientes con insuficiencia cardíaca (IC) clínicamente estables y los efectos del Carvedilol sobre la misma en pacientes (pacientes con IC) (28). Agostoni y col, estudiaron a 38 pacientes con IC y 14 controles sanos. De los pacientes con IC, 12 tenían  $VO_2$  máx  $>20$  ml/kg.min, 14 entre 20 y 15 ml/kg.min y 12  $<15$  ml/kg.min. A ambos grupos se les realizó un test de ejercicio cardiopulmonar a nivel del mar y alturas simuladas de 1.000, 2.000 y 3.000 msnm. Un dato remarcable es que no se registró durante los test de ejercicio ningún evento isquémico, arritmico ni angor (29). A modo de resumen, podemos decir que en pacientes con enfermedad cardíaca estable demostrada con Test de ejercicio cardiopulmonar, la exposición a la altura no incrementa el riesgo de eventos, y que los test de ejercicio, en normoxia o hipoxia, no aportan mayor información adicional a la estratificación de riesgo que debemos hacer a nivel del mar, de acuerdo con los consensos previos.

En sujetos sintomáticos o de riesgo coronario moderado a alto suele estar contraindicado el montañismo; se debe proceder de acuerdo con consensos previos.

**RECOMENDACIONES***Recomendaciones en personas de riesgo coronario***Clase I (evidencia A)**

En todos los casos estratificar cardiopatía al esfuerzo

Usar Protocolos de Bruce y Astrand y Test de ejercicio cardiopulmonar

**Clase IIa (evidencia B).**

Pacientes con enfermedad cardíaca estable 1 año o más, nueva ergometría

Test de ejercicio cardiopulmonar de rutina

**¿ES POSIBLE PREDECIR EN EL LLANO QUIÉN ENFERMA DE PATOLOGÍAS RELACIONADAS CON LA HIPOXIA EN LA ALTURA?**

Las enfermedades relacionadas con la exposición aguda a la altura (ERA), como el Mal Agudo de Montaña, el Edema Cerebral Agudo de la Altura y el Edema Pulmonar Agudo de la Altura (EPAA), constituyen un problema sanitario no menor. Generan una morbilidad muy alta y son la segunda causa de muerte, luego de las traumáticas, en las personas que se exponen a la altura (30). Predecir a nivel del mar qué sujetos se hallan en riesgo de desarrollar ERA, ha sido durante muchos años un desafío para numerosos grupos de investigadores. La combinación de ejercicio o hipoxia con imágenes como la medición de la presión sistólica de la arteria pulmonar a través del ecocardiograma Doppler, ha sido una de las estrategias investigadas (31). Los primeros hallazgos de la aplicación de este tipo de estudios en personas susceptibles al EPAA mostró que cuando hacían ejercicio en normoxia o en reposo en hipoxia normobárica (mezcla de gases en las que se disminuye la presión parcial de oxígeno, nivelando la mezcla con nitrógeno u otro gas inerte) presentaban un incremento exagerado de la PSAP comparado con un grupo control. Otro estudio del mismo grupo de investigadores evaluó la combinación de ejercicio en normoxia con hipoxia de reposo y ejercicio en hipoxia, en 37 montañistas, sobre la PSAP estimada por Doppler. Los datos obtenidos fueron similares al estudio previo, pero los autores concluyen que deben ser tomados con precaución por los valores perdidos de PSAP (32). Lamentablemente, estos hallazgos no fueron validados prospectivamente en un número suficiente de sujetos por lo que no se ha impuesto como un test de uso clínico. Otros test se han evaluado. Uno de ellos es la valoración de la función endotelial a través del test de vasodilatación mediada por acetilcolina en sujetos susceptibles al EPAA. En este estudio de Berger y col, los sujetos susceptibles al EPAA mostraron un deterioro de la normal capacidad vasodilatadora por una reducción de la biodisponibilidad del óxido nítrico (ON) (33). Otro de ellos es el estudio de Busch y col, donde demostraron una disminución del ON exhalado en sujetos susceptibles al EPAA (34). En Francia, a los sujetos de riesgo cardiovascular con ergometrías normales que serán expuestos a la altura, se los somete a una prueba conocida como el Test de la Hipoxia. Consiste en 4 etapas: reposo en normoxia, reposo en hipoxia (a una concentración de O<sub>2</sub> similar a 4.800 msnm), ejercicio en hipoxia (al 30% de la VO<sub>2</sub> máxima estimada) y ejercicio en normoxia (35). En base a este estudio se realizan las recomendaciones médicas sobre cada caso en particular. Este test no ha sido incorporado en otros países. Investigaciones recientes han observado que los sujetos susceptibles al EPAA presentan una disminución de la reserva de flujo coronario (36). El antecedente de haber padecido una enfermedad por exposición aguda a la altura es el más fuerte predictor de nuevos

eventos (37). Luego de esta reseña bibliográfica podemos concluir que hasta el momento no disponemos de una prueba o test que nos permita identificar al nivel del mar a los sujetos en riesgo de enfermar en la altura de ERAs.

## RECOMENDACIONES

### Clase IIa (evidencia C)

Ecoestrés

Valoración de la función endotelial a través del test de vasodilatación mediada por acetilcolina

Test de ejercicio cardiopulmonar

### Clase IIb (evidencia C)

Test de la Hipoxia

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. Boussuges A, Molenat F, Burnet H, Cauchy E, Gardette B, Sainty JM, et al. Operation Everest III (Comex '97): Modifications of Cardiac Function Secondary to Altitude-induced Hypoxia. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 264-70.
2. Lundby C, Araoz M, van Hall G. Peak Heart Rate decreases with increasing severity of acute hypoxia. *High Alt Med Biol* 2001; 2: 369-76.
3. West J B, Scheoene R B and Milledge J S. High Altitude Medicine and Physiology. En Capitulo 11, Exercise páginas 145-159. Cuarta Edición 2007. Editorial Hodder Arnold.
4. West JB, Boyer SJ, Graber DJ, Hackett PH, Maret KH, Milledge JS, , et al. Maximal exercise at extreme altitudes on Mount Everest. *J Appl Physiol* 1983; 55: 688-98.
5. Green HJ, Sutton J, Young P, Cymerman A, Houston CS. Operation Everest II: Muscle energetics during maximal exhaustive exercise. *Journal of Applied Physiology* 1989; 66: 142-50.
6. Faoro V, Lamotte M, Deboeck G, Pavelescu A, Huez S, Guenard H, et al. Effects of Sildenafil on Exercise Capacity in Hypoxic Normal Subjects. *High Alt Med Biol* 2007; 8: 155-63.
7. Roi GS, Giacometti M, von Duvillard SP. Marathons in altitude. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 723-8.
8. West JB, Lahiri S, Gill MB, Milled GE, Pugh LG, Ward MP. Arterial oxygen saturation during exercise at high altitude. *Journal of Applied Physiology* 1962; 1: 617-21.
9. Rennie D. Will mountain trekkers have a heart attack? *JAMA* 1989; 261; 1045-6.
10. Oelz O, Howald H, Di Prampero PE, Hoppeler H, Claassen H, Jenni R, et al. Physiological Profile of World class high altitude climbers. *J Appl Physiol* 1989; 60: 1734-42.
11. Kinoshita N, Yamazaki H, Onishi S, Oguma Y, Katsukawa F, Horii M. Physiological profile of middle-aged and older climbers who ascended Gasherbrum II, an 8035-m Himalayan peak. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2000; 55: M630-3.
12. Ghofrani HA, Reichenberger F, Kohstall MC, Mrosek EH, Seeger T, Olschewski ,H et al. Sildenafil increased exercise capacity Turing hypoxia at low altitudes and at mount Everest base camp. *Ann Inter Med* 2004; 141: 169-77.
13. Faoro V, Huez S, Giltaire S, Pavelescu A, van Osta A, Moraine JJ et al. Effects of Acetazolamide on aerobic exercise capacity and Pulmonary Hemodynamics at high altitude. *J Appl Physiol* 2007; 103: 1161-5.

14. Faoro V, Boldingh S, Moreels M, Martinez S, Lamotte M, Unger P, et al. Bosentan decreases pulmonary vascular resistance and improves exercise capacity in acute hypoxia. *Chest* 2009; 135: 1215-22.
15. Daniel J, Oldridge N. Effects of alternate exposure to altitude Andrea level on World-class-middle-distance runners. *Medicine and Science Sports* 1970; 2: 107-12.
16. Groves BM, Reeves JT, Sutton JR, Wagner PD, Cymerman A, Malconian MK, et al. Operation Everest II: elevated high altitude pulmonary resistance unresponsive to oxygen. *Journal of Applied Physiology* 1987; 63: 521-30.
17. Sutton J, Lazarus L. Mountain sickness in the Australian Alps. *Medical Journal of Australia* 1973; 1: 545-6.
18. Agostoni P, Contini M, Magrini A, Apostoli A, Cattadoni G, Bussotti M, et al. Carvedilol reduces exercise-induced hyperventilation: A Benefit in normoxia and a problema with hypoxia. *Eur J Heart Fail* 2006; 8: 729-35.
19. Shlim DR, Houston R. Helicopter rescues and death hmong trekkers in Nepal. *JAMA* 1989; 261: 1017-9.
20. Gibelli G, Fantoni C, Anzà C, Cattaneo P, Rossi A, Montenero AS, Baravelli M. Arrhythmic risk evaluation during exercise at high altitude in healthy subjects: role of microvolt T-wave alternans. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2008; 31: 1277-83.
21. Roach RC, Houston C, Honigman B, Nicholas R, Yaron M, Grisson CK, et al. How well do older persons tolerate moderate altitude? *West J Med* 1995; 162: 32-6.
22. Erdemann J, Sun KT, Masar P, Niederhauser H. Effects of exposure to altitude on men with coronary artery disease and impaired Leith ventricular function. *Am J Cardiol* 1998; 81: 266-70.
23. Levine B D, Zukerman J H, de Filippi C R. Effect of high-altitude exposure in the elderly. The Tenth Mountain Division Study. *Circulation* 1997; 96: 1224-32.
24. Schmid JP, Noveanu M, Gaillet R, Hellige G, Wahla, Saner H. Safety and exercise tolerance of acute high altitude exposure (3454 m) among patients with coronary artery disease. *Heart* 2006; 92: 921-5.
25. Alexander JK. Coronary Heart Disease at Altitude. *Texas Heart Institute Journal* 1994; 21: 261-6.
26. Agostoni P, Cattadoni G, Guazzi M, Bussotti M, Conca C, Lomanto M, et al. Effects of simulated altitude-induced hypoxia on exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Am J Med* 2000; 109: 450-5.
27. Barry PW, Pollard AJ. Altitude Illness. *BMJ* 2003; 326: 915-9.
28. Grünig E, Mereles D, Hildebrandt W, Swenson E R, Kübler W, Kuecherer H, et al. Stress Doppler Echocardiography for identification of susceptibility to High Altitude Pulmonary Edema. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35: 980-7.
29. Dehnert C, Grünig E, Mereles D, Von Lennep N and Bärtzsch P. Identification of individuals susceptible to high-altitude pulmonary oedema at low altitude. *Eur Respir J* 2005; 25: 545-51.
30. Sutton JR, Reeves JT, Wagner PD, Groves BM, Cymerman A, Melconian MK, et al. Operation Everest II. Oxygen transport during exercise at extreme simulated altitude. *Journal of Applied Physiology* 1988; 64: 1309-21.
31. Pugh LG, Gill MB, Lahiri S, Milledge JS, Ward MP, West JB. Muscular exercise at great altitudes. *J of App Physiol* 1964; 19: 431-40.
32. Wolfel EE, Groves BM, Brooks GA, Butterfield GE, Mazzeo RS, Moore LG, et al. Oxygen transport during steady-state submaximal exercise in chronic hypoxia. *Journal of Applied Physiology* 1991; 70: 1129-36.
33. Berger MM, Hesse C, Dehnert C, Siedler H, Kleinbongard P, Bardenheuer HJ, et al. Hypoxia Impairs Systemic Endothelial Function in Individuals prone to High-Altitude Pulmonary Edema. *Am J Respir Crit Care* 2005; 172: 763-7.



34. Busch T, Bärtsch P, Pappert D, Grünig E, Hildebrandt W, Elser W, et al. Hypoxia decreases exhaled nitric oxide in mountaineers susceptible to High-Altitude Pulmonary Edema. *Am J Respir Crit Care* 2001; 163: 368-73.
35. Richalet JP and Herry JP. *Médecine de l`alpinisme*. En el capítulo 12. La consultation de médecine de montagne. Pag 258. Cuarta Edición 2006. Editorial Masson.
36. Kaufman BA, Bernheim AM, Kiencke S, Fischler M, Sklenar J, Mairböurl H, et al. Evidence supportive of impaired myocardial blood flow reserve at high altitude in subjects developing high altitude pulmonary edema. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2008; 294: 1651-7.
37. Schneider M, Bernasch D, Weymann J, Holle R, Bärtsch P. Acute mountain sickness: influence of susceptibility, preexposure, and Accent rate. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 1886-91.

### 3. I. DERECHO Y ERGOMETRÍA

#### EL CONSENTIMIENTO

##### I. EL CONSENTIMIENTO

Desde el Derecho romano se ha dado relevancia al consentimiento de la persona que se ve afectada en su derecho. La expresión *volenti non fiat iniuria*, es sin duda representativa de ello y, por otra, el consentimiento (*Einwilligung*), tiene como consecuencia la tipicidad o la antijuridicidad de la conducta (1).

La capacidad del individuo a renunciar a la protección aparece como primordial en todo sistema jurídico de base liberal y en el cual el individuo es el centro del debate (2) En nuestro ámbito, el consentimiento está amparado por el art. 19 de la Constitución y los Tratados sobre Derechos Humanos de igual jerarquía constitucional.

Problema fundamental es el de aquellos bienes jurídicos indisponibles o irrenunciables, como ser la vida humana. Sin embargo, en estos casos, se debe hacer una distinción (3) No se puede hacer frente a un sujeto que intenta quitarse la vida dentro de sus facultades normales, ya que esa conducta está amparada por la ley fundamental (art. 19 C.N.). Sin embargo, la ley argentina es clara en el sentido de castigar la instigación al suicidio, en caso que éste se hubiese tentado o consumado (art. 83 C.Penal). También es claro que la ley argentina castiga la eutanasia directa, ya que el art. 79 C.Penal, es amplio en el sentido que quien mata a otro tiene una pena de 8 a 25 años. De tal forma, si bien la vida es disponible para su titular, no lo es para terceros.

En los casos de tratamientos médicos, el consentimiento del paciente es esencial. En principio, tal consentimiento sólo es válido si tiene por fin la salud del individuo, y en tanto y en cuanto no exista una forma "normal" de cura. El problema es cuando el sujeto da su consentimiento para experimentos médicos (4). La intervención médica, con consentimiento válido mediante, hace que la conducta sea típica.

El objeto del consentimiento es siempre sobre una acción médica potencialmente peligrosa para alguno de los bienes jurídicos del paciente. Esto requiere que el consentimiento debe ser anterior a la lesión, de modo tal que si es posterior éste es irrelevante a los efectos de las consecuencias jurídicas.

El consentimiento debe ser válido, motivo por el cual no debe estar viciado por error, ignorancia o minoridad de edad, aunque en este caso no rige lo que la ley civil dice, sino la capacidad del menor de entender el significado de la intervención médica (5). Por tal motivo, debe haber sido prestado previo un claro examen de la persona, lo que exige, por otra parte, el deber de información.

El efecto del consentimiento es la exclusión de la tipicidad penal, en tanto y en cuanto la acción se mantenga dentro del marco del consentimiento.

El consentimiento no es válido cuando se ha expresado en contra de las buenas costumbres. Y ello sucede cuando el hecho atenta contra la comunidad, según las circunstancias vigentes, mediante una interpretación constitucional. Ej.: Las intervenciones médicas experimentales sin ser científicas, sin sustento científico. etc.

En cambio, se admiten las intervenciones quirúrgicas con fines cosméticos, aunque en estos casos, parte de la doctrina afirma que al ser la intervención médica, no de medios sino de

finés, si éste fracasa, la responsabilidad del profesional no admite, en principio, excusas (6). El trasplante de órganos se rige sin duda por los mismos principios. Sin embargo, no puede traspasar el principio de la autonomía ética del hombre, tal como se verá en el caso del estado de necesidad. De todas formas, siempre deben ayudar al receptor en su salud, y el grado de lesión para el donante, debe estar en relación con los principios del estado de necesidad, de modo que no se podrá admitir la muerte de la persona a los fines de salvar otra, de mayor prestigio.

## II. LA INFORMACIÓN

### 1. Existe una información en general

Es la que el paciente pide -que puede no estar enfermo- dirigidas a tomar decisiones a futuro, como ser casarse, sacar un seguro, etc. La información se agota después del chequeo médico. En este caso, es obligación informar todo lo que el paciente ha pedido en relación a los fines que él tiene, ya que eso le ayuda a organizar su futuro y nadie puede interferir en ello.

### 2. La información como parte del tratamiento

En este caso es la información que debe dar el médico a los efectos que el paciente-enfermo pueda conocer su enfermedad a los efectos en general de la colaboración del paciente en el tratamiento.

La única excepción es que debido a problemas de enfermedad psíquica o problemas similares, la información sea con seguridad perjudicial para la salud del paciente. En este caso se exige la consulta con familiares y médicos psiquiatras y psicólogos.

### 3. La información como requisito del consentimiento

En este caso es la información a los efectos de que se pueda dar el consentimiento adecuado. En otras palabras, no se debe consentir sin conocer; luego, la información debe ser absolutamente completa, para que esa decisión sea válida (7).

## III. REQUISITOS DEL CONSENTIMIENTO

### 1. Anterior a la manifestación del consentimiento

Es claro que debe ser, en principio, anterior a la intervención médica, a los efectos que ella pueda ser permitida.

### 2. Concomitantes a la intervención médica

En algunos casos y por problemas médicos el consentimiento puede ser dado durante la intervención médica, si ello es posible. De no serlo, habría que estar a lo que se ha consentido y a lo que mejor haga a la salud del enfermo.

### 3. Posteriores al consentimiento, pero antes de la intervención médica.

Puede suceder que, luego del consentimiento surjan nuevas complicaciones que obliguen a un nuevo consentimiento, que debe ser siempre, de ser posible, antes de la intervención médica.

## IV. LA PRUEBA DE ESFUERZO

En el caso de la llamada Prueba de esfuerzo convencional (ergometría), rigen los mismos principios antes mencionados, habida cuenta que aunque mínimos, pueden surgir riesgos que el paciente debe saber cuáles son y dar para ello su consentimiento.

## V. SÍNTESIS

Todo lo dicho tiene validez en cuanto se trata de condiciones normales, ya que en caso de necesidad rige el principio que se supone que el paciente dará su consentimiento para salvar su vida, como ser en un accidente con inconsciencia del sujeto.

## VI. CONSECUENCIAS

Si se realiza la intervención médica sin el consentimiento o sin la información se corre el riesgo que el médico sea imputado del delito de lesiones y homicidio imprudente, más los problemas de indemnización civil, que pueden ser grave, en caso que se violen creencias religiosas, admitidas por el orden jurídico.

Se adjunta Modelo de Consentimiento:

## FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

### DECLARACIONES Y FIRMAS

#### 1. PACIENTE

Yo, \_\_\_\_\_ dejo constancia que el médico Dr. \_\_\_\_\_ me ha explicado de forma satisfactoria qué es, cómo se realiza y para qué sirve esta ergometría convencional. También me ha explicado los riesgos existentes, las posibles molestias o complicaciones.

He comprendido perfectamente todo lo anterior y doy mi consentimiento para que el Dr. \_\_\_\_\_ y el personal ayudante, me realicen esta ergometría y en caso de presentarse alguna complicación utilicen los medios que crean convenientes para tratar de resolverlas.

Firma: \_\_\_\_\_

Aclaración: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_ DNI: \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Localidad: \_\_\_\_\_

#### 2. MEDICO

Dr \_\_\_\_\_

He informado a este paciente, y/o a su representante legal, del propósito y naturaleza de la prueba de esfuerzo convencional (ergometría), así como de sus riesgos y la existencia de otras alternativas, he contestado todas las preguntas y evacuado las dudas.

Firma: \_\_\_\_\_

#### NOTA

Si usted, ante testigos, no acepta firmar éste consentimiento, hágalo constar

\_\_\_\_\_

Nombre, firma y DNI de dos testigos

**De acuerdo al turno solicitado por usted previamente, se presenta voluntariamente para realizarse un estudio indicado por su médico de cabecera.**

Usted tiene derecho a conocer el procedimiento de Prueba de esfuerzo convencional (ergometría) al que va a ser sometido y las complicaciones más frecuentes que ocurren. Este documento intenta explicarle todas estas cuestiones; léalo atentamente y consulte con el médico todas las dudas que se le planteen. Le recordamos que tendrá que firmar el consentimiento informado para que podamos realizar dicho procedimiento.

**1. ¿Qué es?**

Es una prueba no invasiva con fines diagnósticos o pronósticos para pacientes con enfermedades del corazón o con sospecha de ella. También sirve para excluir algunos diagnósticos cardiológicos.

**2. ¿Para qué sirve?**

Permite comprobar la respuesta del corazón al ejercicio físico controlado. Se utiliza asimismo para valorar la aparición de síntomas o arritmias inducidas por el ejercicio, evaluación de la capacidad funcional, respuesta de la presión arterial, y para el diagnóstico de isquemia cardíaca o para valorar su pronóstico.

**3. ¿Cómo se realiza?**

Se realiza caminando por una cinta rodante o pedaleando en bicicleta ergométrica. Mientras tanto, se aumenta la velocidad progresivamente y/o la pendiente, o el nivel de carga (resistencia) de la bicicleta. La duración de la prueba depende de la voluntad del paciente. Durante la exploración se controla la presión arterial, la frecuencia del pulso y el electrocardiograma, para analizar sus variaciones. La prueba se suspende si aparecen síntomas o signos alarmantes. Generalmente hay un aumento progresivo de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca. Suele terminarse la prueba por cansancio muscular, dolores en las piernas o fatiga, que desaparecen o se alivian al cesar el esfuerzo. Puede haber cambios en el electrocardiograma que no implican ningún riesgo.

**4. ¿Qué riesgos tiene?**

Riesgos frecuentes: pueden haber síntomas irrelevantes como palpitaciones, mareo o cansancio y/o calambres en las piernas. También puede haber aumento o disminución de la presión arterial.

Riesgos infrecuentes: dolor torácico anginoso, síncope o arritmias ventriculares, que implican la terminación de la prueba. Es excepcional que una complicación deje secuelas.

En caso de enfermedad coronaria severa o valvulopatías pueden presentarse trastornos del ritmo cardíaco graves, síncope y muy ocasionalmente infarto de miocardio, insuficiencia cardíaca o riesgo de muerte, que es excepcional (1 por 10.000).

En su actual estado clínico, los beneficios derivados de la realización de esta prueba superan los posibles riesgos. Por este motivo se le explica la conveniencia de realizarla. Si aparecieran complicaciones, el personal médico y paramédico que lo atiende está capacitado y dispone de los medios para tratar de resolverlas.

**5. ¿Hay otras alternativas?**

Sí, se dispone de otras alternativas a este estudio, todas de mayor complejidad. Su médico de cabecera ha solicitado esta exploración por estar indicada preferentemente en su caso.

Antes de firmar este formulario, no dude en pedir cualquier aclaración adicional que desee.

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. Vease en este sentido Carlos María Romeo Casabona, El médico y el derecho penal, I La actividad curativa, Bosch, Barcelona, 1981, p.292 y ss; Agustín Jorge Barreiro, La imprudencia punible en la actividad médico-quirúrgica, Tecnos Madrid, 1990, pag. 70 y ss. Gunnar Dutte, Zur Bestimmtheit des Handlungsunwerts von Fahrlässigkeitsdelikten, Mohr Siebeck, Tübingen, 2001; Jessica Däbritz, Die Bestimmung strafbaren fahrlässigen Verhaltens in der Forschung am Beispiel ärztlicher Humanerprobung, Peter lang Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main, 2004; Fritjof Haft, Strafrecht AT 8. Auflage C.H. Verlag Beckm München 2008, pag. 160 y ss; Peter Noll – Stefb Trechsel, Swezerig die Strafrecht AT, 2<sup>a</sup> edición Schutthess Olygraphischer Verlag Zurich, 1998, pag. 222. En Derecho penal se distingue el consentimiento que elimina la tipicidad, del que elimina la antijuridicidad, pero en este caso, y a los efectos de evitar confusiones se deja de lado tal clasificación (Donna, derecho penal, Parte General, Tº III, Rubinzal – Culzoni, Buenos Aires – Santa Fe, 2008, pag. 385 y ss.
2. Jessic Däbritz, Die Bestimmung strafbaren Fahrlässigen Verhalten in der Forschung am Beispiel ärztlicher Humanerprobungen, Peter Lang, Frankfurt 2004, pág 87 y ss.
3. Merece citarse en este punto la opinión de Arthur Kaufmann. "A menudo se arguye que la vida humana es también un bien jurídico de la comunidad, de modo que el individuo no podría disponer sobre ella. Pero esto no es correcto. En cualquier caso, en la Constitución alemana la vida se concibe como un derecho altamente personal. De modo que no se comprende por qué tal derecho ha de ser jurídicamente y subrayo lo de jurídicamente irrenunciable. a la objeción de que esta postura lleva al individualismo extremo cabe oponer que la tesis de que el hombre está obligado frente a la comunidad a mantenerse con vida apoya a un cuestionable colectivismo de proveniencia conocida. Ciertamente el individuo tiene obligaciones frente a la comunidad, pero solo en tanto que vive; sin embargo, no tiene frente a la comunidad la obligación de vivir (Relativización de la protección jurídica de la vida, en Avances de la Medicina y Derecho Penal, p.54. Edición de Santiago Mir Puig, Instituto de Criminología de la Universidad de Barcelona, 1988.
4. Jessica Däbritz, ob.cit., pag. 92.
5. Supóngase el caso del menor a quien se le debe extirpar los testículos, por tener un cáncer, es obvio que en ese caso debería ser consultado siempre que entienda el significado de lo que le ocurrirá con la operación y sin ella.
6. Vease Albin Eser, Límites del deber de tratamiento médico desde el punto de vista jurídico, en Nuevos Horizontes en la Ciencia penal, editorial de Belgrano, Buenos Aires, 1999, pag. 77.
7. Agustín Jorge Barreiro, ob.cit. pag. 83 y ss.

### 3. J. CUIDADOS PSICOLÓGICOS ERGOMÉTRICOS

“Se debe explicar a los pacientes de acuerdo al nivel intelectual de cada uno de ellos, el objetivo y el carácter en cuanto al examen que van a realizar para evitar el temor o la ansiedad que provocarían una taquicardia emocional que invalide el resultado de la prueba en su aspecto cuantitativo. Es indudable que los pacientes que realizan la prueba por segunda vez, tienen un estado psico-emocional mucho más apropiado que aquellas que lo hacen por vez primera”.

“No se debe efectuar la prueba en caso de estado emotivo severo”.

*B. Boskis: J Lerman, A. Perosio, M. Scattini y colab., Manual de Ergometría y Rehabilitación en Cardiología. Manuel Costa Silva, Adolfo Mogilevsky 2° Edición. Ecta pag 43:1976*

#### INTRODUCCIÓN

Como vemos en el texto que utilizamos como epígrafe, hace ya tiempo, que los aspectos psicológicos previos a la ergometría no han pasado desapercibidos y han sido considerados con claridad y profundidad por los mejores especialistas.

En nuestra experiencia, la información previa es fundamental. Es importante identificar el estilo de paciente al que se le efectuará la prueba, en relación a la susceptibilidad; uno de los mayores detonantes de estrés es el desajuste entre expectativa y realidad.

La aprensión del paciente ante la prueba, puede manifestarse temprano; nuestro organismo cuenta con mecanismos de respuesta rápida a estímulos exógenos de alarma, el estrés produce en el organismo una respuesta endócrina aguda, mediada por la liberación de adrenocorticotrofina que induce a la liberación de corticoesteroides y otra mediada por catecolaminas. Este es un mecanismo fisiológico necesario para la supervivencia, en caso de resultar excesivo por intensidad, duración o por ambos, puede producir enfermedad, por eso es necesaria la información al paciente de la prueba que va a realizar e incluso sería conveniente hacer una demostración previa del estudio; es generador de estrés lo desconocido y si sabemos que la tensión arterial y la frecuencia cardíaca aumentan antes de comenzar el ejercicio, a lo cual el sistema nervioso no es ajeno, en algunos pacientes esta hiperactividad emocional puede obligar a suspender la prueba (3).

Los temores previos pueden estar fundados en:

1. si es una prueba invasiva (dolorosa o no).
2. si el esfuerzo que deben realizar es excesivo.
3. noticias de accidentes en la prueba, recabadas entre familiares y amigos.
4. temor al riesgo de muerte.

La ergometría es un procedimiento considerado habitualmente seguro, presentando un fallecimiento cada 10.000 pruebas, y las complicaciones son poco frecuentes (4), se deben tener en cuenta las contraindicaciones y los criterios de detención de la prueba, puede aparecer dolor, arritmias, mareos, cansancio, cianosis, palidez, elevación de la tensión arterial, deseo reiterado de suspender la prueba (5), es importante el vínculo con el médico para calmar su estado de temor explicándole los síntomas.

Luego de efectuada la prueba, la ansiedad se concentrará en el resultado, a veces no referido por el cardiólogo actuante porque no es el de cabecera; otras veces leído por el paciente quien encuentra palabras cuyo significado no suele atribuir correctamente, como insuficiente, negativa, inespecífica, etc., y queda con las propias conclusiones hasta la próxima consulta. Hay todavía, dos o tres situaciones a las que podemos enfrentarnos.

A veces el paciente presenta su temor al estudio en forma indirecta, exagerando sus limitaciones articulares o respiratorias. En general, el conflicto se resuelve considerando las demás opciones (estudios perfusión R/E, ecoestrés; ECG).

Por el contrario, puede haber un paciente de los que denominamos “Tipo comportamental A”(1), que en su afán de control, exige explicaciones adicionales y repetición de la prueba con una frecuencia no necesaria; este paciente —que requiere tratamiento psicológico—(2) obviamente debe recibir solo la información que puede comprender, y repetir su estudio cuando el cardiólogo lo considere adecuado, otra conducta empeoraría el cuadro.

En resumen, una indicación de PEG explicada en términos claros, seguros, tranquilizadores y personalizados debe disipar los temores o inquietudes del paciente, dejándolo en mejores condiciones para la prueba.

## **RECOMENDACIONES**

---

### **Clase I (evidencia C)**

En todos los casos:

La información previa es fundamental

En casos de primera vez:

Sería conveniente hacer una demostración previa del estudio

### **Clase IIa (evidencia C)**

Calmar su estado de temor explicándole los síntomas

Luego de efectuada la prueba, la ansiedad se concentrará en el resultado, lo cual exige explicaciones adicionales.



## **BIBLIOGRAFÍA**

---

- 1 y 2. El Patrón de Conducta Tipo A (PACTA) es el factor psicosocial más investigado en relación a la enfermedad coronaria. El PACTA es un constructo multidimensional que pretende explicar un estilo de percibir al mundo, y a sí mismos, en un grupo de sujetos. Resulta de la interacción entre ciertos rasgos de personalidad y características del medio ambiente. Y concretamente se lo considera como un patrón de conductas de enfrentamiento a las demandas del entorno, al que perciben como desafiante, con el fin de controlarlo. Este patrón implica disposiciones conductuales como competitividad, impaciencia y agresividad, y conductas específicas como hipervigilancia, altos niveles de tensión muscular, un habla rápida y enfática y una acelerada realización de las actividades. Desde el punto de vista de las emociones se lo ha asociado fuertemente con la ira, expresa o reprimida, y más concretamente con la actitud cognitiva de hostilidad permanente. El tipo A se presenta con un mayor deseo de ejercer control personal sobre sus acciones y las consecuencias que se siguen de ellas. Así, la pérdida de tiempo —por ejemplo— es interpretada por estos sujetos como una amenaza al control. También la frustración representa una amenaza para su necesidad de control, conduciéndolo, en muchos casos, a una conducta agresiva. [Laham, M., (2006). *Escuchar al corazón. Psicología cardíaca. Actualización en psicocardiología.*]
3. Blumenthal JA, Jiang W, Babyak MA, Krantz DS, Frid DJ, Coleman RE, et al. Stress management and exercise training in cardiac patients with myocardial ischemia. Effects on prognosis and evaluation of mechanisms. *Arch Intern Med* 1997; 157: 2213-23.
4. Chaitman, B, Las pruebas de esfuerzo En Braunwalde. Tratado de Cardiología. Medicina Cardiovascular 4º Ed. Madrid Mc-Graw-Hill- Interamericana. España.
5. Schlant RC, Freisinger GC 2nd, Leonard JJ. Clinical competence in exercise testing: a statement for physicians from the ACP/ACC/AHA Task Force on Clinical Privileges in Cardiology. *J Am Coll Cardiol* 1990; 16: 1061-5.



## 4. A. SOFTWARE 12 DERIVACIONES

### INTRODUCCIÓN

La Ergometría o Prueba de Esfuerzo tiene como objeto verificar el comportamiento del corazón cuando el paciente es sometido a niveles crecientes de ejercicio; de esta manera se puede estimar el esfuerzo máximo que puede soportar.

La idea central es la siguiente: en la medida en que el organismo sea forzado a realizar trabajos mayores, mayor será su demanda de oxígeno; como quien le provee de oxígeno es la sangre, el corazón se verá obligado a aumentar el flujo sanguíneo para cumplir con esta exigencia. De este modo, elevando en una forma controlada el grado de exigencia física a un sujeto, estaremos obteniendo una medida de la capacidad de su corazón y de las arterias que lo alimentan para abastecer al organismo.

En consecuencia, la Ergometría sirve para:

- Diagnosticar enfermedades en las arterias coronarias.
- Diagnosticar si son de origen cardíaco algunos síntomas que el paciente pudiere presentar, como dolor de pecho y falta de oxigenación o mareos, entre otros.
- Determinar cuál es el nivel de ejercicio que el paciente puede desplegar sin correr riesgos.
- Verificar la eficacia de los tratamientos para mejorar la circulación en las arterias coronarias (en pacientes bajo estos tratamientos).
- Predecir la factibilidad de la ocurrencia de otras situaciones riesgosas como, por ejemplo, un infarto.

Para ello, su realización consta en registrar el ECG y la presión arterial mientras el paciente despliega una actividad física de intensidad gradualmente creciente.

### SISTEMAS PARA LA REALIZACIÓN DE ERGOMETRÍAS

#### Conceptos básicos

La realización de una ergometría gira en torno a tres componentes fundamentales:

1. Registro y representación del electrocardiograma (ECG) del paciente
2. Medición de su presión arterial
3. Forzar al paciente a realizar un ejercicio de intensidad gradual y creciente

En la actualidad, aunque las actividades enumeradas arriba han sido calificadas como fundamentales, no son suficientes. No, al menos, en el marco de la medicina moderna. Un profesional debe atender a una cantidad muy grande de pacientes, en tiempos que se abrevian cada vez más; asimismo, los sistemas de salud y las mismas relaciones cada vez más complejas

entre las distintas ramas de la medicina demandan una documentación muy detallada de los diagnósticos. Estas exigencias acrecientan la necesidad de contar con herramientas que liberen al médico de las tareas más reiterativas, para lograr que cuente con más tiempo para la evaluación del paciente y la emisión del diagnóstico. En este punto es donde acude la tecnología en su socorro, suministrando tales herramientas, en su mayoría de origen informático. Ellas son las que agregan a las necesidades arriba enumeradas, las siguientes facilidades:

4. Automatización de las actividades rutinarias de un estudio
  5. Herramientas informáticas para la redacción del informe
  6. Herramientas de medición manuales y automáticas de los parámetros del estudio
  7. Generación de una base de datos para el registro de los pacientes y de sus estudios
- Paralelamente a las necesidades enumeradas anteriormente en relación a las herramientas de diagnóstico es menester, también, tener en cuenta algunos aspectos con respecto a la seguridad del paciente. Bien sabido es que la ergometría es un procedimiento riesgoso, ya que el ejercicio intenso puede producir taquicardias y fibrilaciones ventriculares en algunos pacientes. Por ello, resulta imperioso:
1. que en el lugar donde ella se realiza se cuente con un desfibrilador fácilmente transportable hasta el paciente (carro de paro), y
  2. que el médico a cargo preste permanente atención al paciente, dialogue con él y evalúe concientemente su agotamiento y sus molestias. Con esto último, también colabora la automatización de los sistemas actuales, relevando al médico de tareas repetitivas. Algunas de estas tareas son triviales, como accionar el dispositivo mecánico sobre el que el paciente realiza el esfuerzo, mientras que otras son más elaboradas, como analizar la señal electrocardiográfica del paciente y realizar mediciones sobre la misma.

### **PARTES COMPONENTES DE LOS SISTEMAS ACTUALES**

La base de un sistema moderno de ergometría es una computadora de tipo personal, a la que se le conecta un dispositivo de registro de ECG y un software especializado.

Para que el paciente realice el esfuerzo gradual que el estudio requiere, se cuenta con un elemento mecánico adecuado. En la actualidad se usan, exclusivamente, las pistas ergométricas (en mayor grado) y las bicicletas ergométricas. Todos los protocolos estandarizados al momento se refieren a uno u otro dispositivo.

Asimismo, para la emisión del informe final, debe agregarse una impresora al sistema de computación.

### **ACERCA DEL SISTEMA DE COMPUTACIÓN BÁSICO**

Las prestaciones que exige un sistema de ergometría en la actualidad son las normales en una PC comercialmente disponible, por lo que cualquier proveedor de computadoras debería estar en condiciones de suministrar una adecuada.

Sobre el sistema operativo que debe correr sobre la misma, al momento de la redacción del presente documento, el preferido de los fabricantes de equipos de ergometría es el Windows; las razones para tal elección son que, amén de contar con todos los elementos necesarios para la ejecución del software correspondiente, goza de una gran difusión entre los que son los usuarios finales.

Acerca de las impresoras, haremos una enumeración de los tipos disponibles al momento de

la confección del presente documento, mencionando las ventajas y desventajas que presentan en la actualidad. Descartaremos de la lista a las de tipo de registro de aguja, las de papel térmico y las de matriz de puntos, por ser sistemas perimidos y de alto costo de mantenimiento. La lista de opciones queda, entonces, conformada de la siguiente manera:

- Las impresoras láser blanco y negro son el tipo preferido. Tienen la ventaja de imprimir muy rápidamente en papel común (milimetrado incluido) y el costo por copia es el más bajo. Las razones mencionadas compensan con creces, en el juicio de la mayoría de los usuarios, la carencia de colores. Dada la gran cantidad de copias que insumen las ergometrías, a menudo, el costo de la compra de la impresora pasa a ser un tema menor, cuando se lo compara con los costos de mantenimiento, tóner y papel, que se van produciendo a través del tiempo. Tomando esto en cuenta, resulta recomendable al momento de elegir una impresora, optar por una robusta y confiable, aunque su precio sea superior a otras de menores cualidades; la diferencia de dinero se compensará luego con menores gastos de manutención.
- Las impresoras láser color resultan mucho más caras, tanto en el precio del equipo como en el costo por copia.
- Las impresoras de chorro de tinta, aunque tienen un precio, normalmente, más bajo que una láser, insumen un costo muy superior por copia; con el tiempo resultan siendo más caras. Además, son más lentas. Si bien podrían ser usadas como equipo secundario para hacer, esporádicamente, alguna impresión en la que se quiera tener colores, no conforman una opción recomendable para el uso cotidiano.

Asimismo, es una situación corriente en instituciones de salud, que haya varios sistemas de ergometría operando en forma simultánea. Es habitual, en estos casos, que todos los sistemas estén conectados a una red interna, compartiendo, a su vez, una o varias impresoras para la emisión de los informes.

### **ACERCA DEL DISPOSITIVO DE ADQUISICIÓN DE ECG**

Dadas las posibilidades de conexión que brindan las computadoras actuales, el dispositivo de adquisición de ECG puede ser un módulo de reducidas dimensiones, externo a la computadora, conectado a la misma con, a lo sumo, un cable USB. El hecho de que sea un dispositivo externo contrasta con las viejas plaquetas internas, que obligaban a abrir la computadora para ensamblar el sistema (operación no recomendable para personas sin conocimientos técnicos). En los sistemas actuales, siendo externo el módulo, la instalación es muy sencilla y realizable para un usuario medio: para su puesta en funcionamiento, sólo es menester conectar el módulo e instalar el software correspondiente; el sistema estará operando en unos cuantos minutos. Asimismo, si el usuario desea, pasado un tiempo, reemplazar la computadora, tan sólo repite el procedimiento y el sistema estará activo nuevamente.

Muy importante a tener en cuenta para valorar la calidad del equipo son las siguientes especificaciones:

- las muestras por segundo, y
- la resolución.

El significado de las mismas es el siguiente: La señal ECG está determinada por el potencial eléctrico entre los electrodos aplicados al paciente. Este potencial varía permanentemente, conformando las conocidas ondas del latido. El sistema computarizado de registro de ECG,

para poder procesar la señal, deberá dividirla en secciones muy pequeñas y guardar una muestra de cada una de ellas. La computadora, luego, utilizará dichas muestras para reconstituir, mediante puntos, la imagen del ECG. Para que la representación final sea de buena calidad, es preciso que el sistema tome alrededor de mil muestras por segundo (8).

Asimismo, también debe tenerse en cuenta la precisión con que se toma cada muestra. A ella se la denomina **resolución** y se la mide en **bits** (cuantos más bits, mejor resolución). Para obtener una señal de buena calidad, ésta debe ser de unos 14 bits, lo que determina una precisión para cada muestra de, aproximadamente, un 0,006% de la mayor variación que pueda tomar la señal.

Otras consideraciones a tener en cuenta para evaluar la calidad de un sistema de adquisición de ECG son su capacidad de filtrar la interferencia causada por la red eléctrica (50 Hz en Argentina), el ruido muscular y la derivación de la línea de base. Asimismo, debe poseer un alto rechazo de modo común (9).

Como valores deseables de estos parámetros, podríamos establecer:

- Filtro Pasa-Bajos: 150 Hz.
- Filtro Pasa-Altos: 0,05 Hz/0,15 Hz/0,5 Hz, de 3er Orden
- Filtro Muscular: 35 Hz @ - 3dB (-24 dB/oct).
- Filtro Desplazamiento línea de base: Seleccionable entre 0,05 y 0,15 Hz.
- Filtro de Ruido de Línea: 50Hz, 60dB mín.
- Relación de Rechazo de Modo Común: 100dB mín., desde DC hasta 50 Hz.

### ACERCA DEL SOFTWARE DE ERGOMETRÍA

Como resulta obvio, la función básica principal del software de ergometría será la de representar en pantalla el ECG del paciente. Asimismo, hay sistemas que permiten ver en pantalla, paralelamente al ECG en tiempo real, cualquier tramo del ECG registrado anteriormente durante el estudio (histórico). Por ejemplo, en una pantalla de un sistema de ergometría; en el panel izquierdo puede verse el ECG actual, mientras que el panel derecho muestra tiras de ECG de una etapa anterior. La barra de desplazamiento (típica de Windows) de la parte inferior, permite elegir qué tramo de ECG será representado en el panel "histórico".

Dependiendo de la calidad del sistema que se trate, el software puede llegar ser de una sofisticación bastante grande. Aparte de las funciones básicas de registro, representación e impresión del ECG, es de exigir de un sistema de ergometrías las siguientes prestaciones:

1. Posibilidad de representar en pantalla e imprimir el ECG en distintos formatos.
2. Confección de una base de datos con la información de los pacientes y de los estudios. Resulta útil poder conservar esta información, de modo de tenerla disponible en caso de necesitar emitir segundas copias de un informe, realizar el seguimiento de un paciente o revisar un estudio. Esta base de datos debe ser fácilmente manejable por el usuario. Asimismo, dado que el tamaño de los archivos de ECG recogido durante un estudio puede ser muy grande, resulta conveniente que el médico tenga la opción de guardar sólo las partes más importantes del estudio. De esta manera se logra almacenar más estudios dentro de una capacidad limitada de la computadora.
3. Editor de informes avanzado, que permita confeccionar informes eligiendo alternativas estándar dentro de menús de opciones, aparte de conservar la posibilidad de, simplemente, tippear el texto. Esta facilidad es conveniente sobre todo en caso de instituciones grandes,

donde son varios los profesionales que realizan e informan ergometrías. Utilizando los menús, se uniformiza el lenguaje y el “estilo” de las ergometrías. Este hecho apareja las siguientes ventajas:

- Fortalece la imagen de equipo del grupo profesional.
  - Hace más sencilla la comunicación dentro y fuera de la institución, ya que, en general, la claridad de los textos deja de depender de las cualidades de expresión escrita de cada profesional, encuadrándola en un conjunto de frases precisas, previamente acordadas. Igualmente, el software debe permitir la introducción de texto libre, para que el médico pueda reportar aquellas situaciones que salgan del común.
4. Guía y ayuda para el profesional a lo largo del protocolo: Los protocolos ergométricos se definen por el esfuerzo al que se somete al paciente en cada etapa del estudio. Sus cambios son totalmente rutinarios y predecibles, al igual que los momentos en que se mide la presión arterial y se toman muestras del ECG. Estos procedimientos involucran tareas que son proclives a la automatización o; al menos, que el sistema recuerde que algo debe hacerse. Estas tareas son:
    - Control de cambios en el mecanismo de esfuerzo: Existen pistas y bicicletas ergométricas con control remoto (10). El sistema de ergometría, en estos casos, deberá operarlas en manera automática de acuerdo al protocolo, relevando al médico de tal ocupación. En los casos en que el mecanismo de esfuerzo no tenga control remoto, el sistema deberá avisar al médico cada vez que deba ajustar los parámetros de dicho mecanismo (por ejemplo, cambiar la velocidad y la pendiente de la pista, o la carga de la bicicleta).
    - Registro de la presión arterial: La presión arterial se registra al final de cada etapa. Existen sistemas de registro de presión automáticos, aunque resultan bastante onerosos y no todos son confiables. Por ello, los profesionales que realizan ergometrías, en general, prefieren realizar esta medición en forma manual.
  5. Capacidad para modificar y agregar protocolos ergométricos: Tradicionalmente, existe un número de protocolos universalmente aceptados, que los médicos aplican a cada estudio de acuerdo a las características de los pacientes (Bruce, Bruce modificado, Naughton, Astrand, etc.). Sin embargo, estos protocolos, a veces, resultan inadecuados para pacientes especiales (como, por ejemplo, atletas de alto rendimiento). Por ello, el médico debe contar con la facilidad del programa para agregar nuevos protocolos.
  6. Realización de mediciones sobre cada uno de los latidos: Dado el elevado poder de procesamiento de datos de las computadoras actuales, es posible para un programa de ergometría identificar los latidos del paciente y realizar mediciones sobre los mismos.
  7. Armado del informe: El informe de una ergometría se compone, en general, de las siguientes partes:
    - Datos de filiación y antecedentes del paciente
    - Tabla resumen del desarrollo de la prueba. En esta tabla se enumeran todas las etapas cumplidas por el paciente, el esfuerzo al que estuvo sometido, la duración de cada etapa, la frecuencia cardíaca alcanzada, la presión arterial y los METs desarrollados
    - Interpretación y conclusiones de la prueba
    - Tiras de ECG de las secciones más representativas de la misma

Como hemos dicho anteriormente, la frecuencia cardíaca es uno de los parámetros que mide el software de ergometría en forma automática. No obstante, dado el continuo movimiento del paciente, deficiencias en el contacto de los electrodos por sudor, u otras causas, la señal electrocardiográfica es proclive a tener artefactos que pueden afectar esta medición. Por ello, es necesario que el software de ergometría permita ajustar los valores de la tabla. El mismo razonamiento se aplica a los valores de presión arterial.

Con respecto a los METs, estos son estimaciones del consumo de oxígeno del paciente, en cada etapa del estudio. Para los protocolos tradicionales, en general, existe un consenso de cuántos METs corresponden a cada etapa, variando estos valores de protocolo en protocolo. En el caso en que un usuario desarrolle un protocolo propio, el sistema de ergometría deberá proveer mecanismos para, o bien calcular los METs de cada etapa, o para que el usuario ingrese manualmente los METs que corresponden a cada una de ellas. Para cumplir con la opción primera, el cálculo de los METs se efectúa en base a fórmulas matemáticas; su resultado es un valor aproximado.

Hay sistemas que utilizan la técnica de “oversampling”, que consiste en, para cada muestra de la señal, realizar muchas mediciones. Luego, el sistema las procesará y guardará el valor más exacto de la muestra. El oversampling es una ventaja que mejora la calidad de la señal. Con esta idea, hay sistemas que, por ejemplo, toman 3000 muestras por segundo a 16 bits, para, luego, normalizar a 1000 muestras por segundo, 14 bits.

La Relación de Rechazo de Modo Común es un parámetro que mide la simetría del amplificador de la señal de ECG. Cuanto más simétrico, más inmune será el equipo a interferencias del tipo de las producidas por la red eléctrica (este parámetro complementa la acción del filtro de línea). Cuando se manejan señales tan pequeñas como las de ECG, un valor alto en este parámetro es fundamental.

En general, el control remoto se realiza a través de un puerto serie RS232.

### **ACERCA DEL SISTEMA MECÁNICO DE ESFUERZO**

Como hemos dicho antes, los elementos que inducirán el esfuerzo en el paciente pueden ser:

- Pistas ergométricas
- Bicicletas ergométricas

También hemos mencionado que existen elementos de estos tipos que pueden ser controlados directamente por la computadora que se utiliza para registrar el ECG; sin embargo, todavía hay muchos médicos que poseen dispositivos controlados manualmente para la realización del estudio ergométrico. Esto último implica una ocupación adicional para el médico al momento de realizarse la ergometría; de cualquier manera, un software de ergometría modular debe estar preparado para manejar esta posibilidad.

En general, cuando se cuenta con suficientes recursos, los médicos prefieren que el elemento de esfuerzo sea una pista. No obstante, su costo es bastante superior al de las bicicletas. Este último factor puede ser decisivo para algunos profesionales al momento de realizar su elección. Como caso ideal, sería deseable contar con ambos tipos de elementos conectados al sistema, de modo de poder optar la pista o la bicicleta al momento de realizar el estudio, según sean las características de cada paciente.



En las pistas, el grado de esfuerzo al que es sometido el paciente viene dado por la velocidad de la banda y por su elevación. La velocidad de la banda se mide en kilómetros por hora o en millas por hora; en general, en los protocolos de ergometría, la medida preferida es esta última. Por otro lado, la elevación se expresa en porcentajes. Al momento de la adquisición de la pista, deben tenerse en cuenta los parámetros que demandan los protocolos, ya que hay pistas comerciales cuyas especificaciones no alcanzan a estos valores máximos.

Por el otro lado, en las bicicletas ergométricas, el esfuerzo viene dado por la carga que se le coloca a la misma. Esta carga se mide en Watts o en kilográmetros (kgm). Del mismo modo a lo mencionado para con la pista, al momento de seleccionar la bicicleta, debe tenerse en cuenta que la capacidad máxima de carga de la misma sea igual o superior a las requeridas por los protocolos que se usarán en la misma.

### Fuentes consultadas

1. Para la realización de este artículo se tomaron algunas ideas del sitio de la American Heart Association: <http://www.americanheart.org>.
2. Sistema de ergometría ECG-PS, de la empresa Galix-GBI.
3. Bonus Medical comunicaciones.

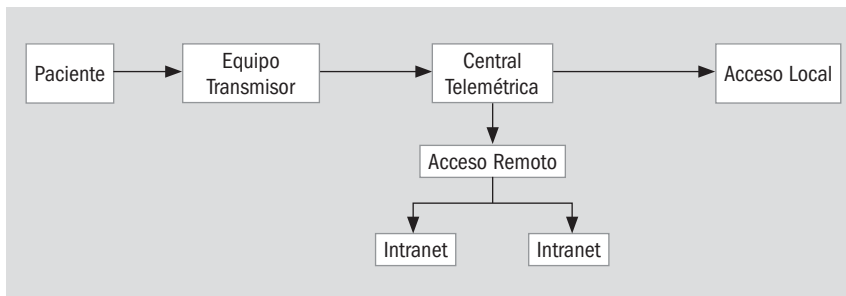
## SOFTWARE DE ERGOMETRÍA EN TELEMETRÍA Y TELEMEDICINA

### Introducción

La incorporación progresiva de la tecnología en comunicación de datos a corta y larga distancia en forma inalámbrica permite agregar funcionalidades a la PEG como la **PEG Telemétrica** o la incorporación simultánea de la PEG a un portal de **Telemedicina**.

### PEG Telemétrica

- **Definición:** PEG realizada mediante equipos con tecnología de transmisión de datos que permiten la realización de la prueba sin condicionar al paciente a la distancia establecida por los cables.
- **Utilidad:** A los distintos protocolos descriptos anteriormente, que pueden ser utilizados en forma inalámbrica o por medio de cables, se agrega la posibilidad de establecer en un futuro nuevos protocolos o modificaciones de los actuales donde se aproveche la posibilidad de tener al paciente con mayor movilidad y más naturalidad en el desarrollo de su actividad física. Como así también desarrollar pruebas específicas para determinadas poblaciones, como por ejemplo deportistas, donde se puede realizar una de mayor especificidad teniendo un test previo negativo o dudoso.
- **Esquema funcional:** El sistema requiere de un equipo transmisor inalámbrico de baja potencia de irradiación conectado a una central receptora de uno o más puestos de transmisión. En ésta se puede monitorear en tiempo real los estudios que se están realizando, como así también almacenarlos para su posterior revisión o publicarlos en un portal de telemedicina para realizar interconsultas.



Este esquema es básico y elemental, pudiéndose ampliar en todas direcciones en cuanto a sus posibilidades de comunicación de la información; poniendo de esta forma a disposición de una gran cantidad de profesionales todo lo referente a un caso particular para su discusión.

### Telemedicina

- **Definición:** La Asociación Americana de Telemedicina (ATA) define esta práctica como “el intercambio de información médica de un sitio a otro a través de comunicaciones electrónicas”. Aunque muchos médicos son escépticos y aseguran que la tecnología no debe reemplazar las consultas en persona, en EE.UU. la telemedicina es usada con más frecuencia en zonas rurales, asilos de ancianos, cruceros, prisiones, el Ejército y las misiones de la NASA (1).

En una concepción más actualizada el ing. Mario Kindelán Baró define la Telemedicina como la distribución de servicios de salud, en el que la distancia es un factor crítico y donde los profesionales de la salud usan información y tecnología de comunicaciones para el intercambio de información válida para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades o daños, investigación y evaluación; y para la educación continuada de los proveedores de salud pública, todo ello en interés del desarrollo de la salud del individuo y su comunidad (2).

El sistema permite a cualquier profesional sanitario autorizado a ello acceder a la información del servidor www independientemente de su localización, bien a través de la red local fija del centro supervisor, a través de Internet, o mediante terminales móviles dotados de la interfaz apropiada (3).

Su objetivo primordial es construir una interfaz común de acceso inalámbrico a redes de telecomunicaciones que permita el intercambio de voz y datos con gran fiabilidad, calidad y seguridad, con acceso a la historia clínica, estudios complementarios, así como a datos sobre el tratamiento y la medicación del paciente.

- **Soluciones que ofrece la telemedicina:** La Telemedicina ha explorado ya diferentes campos de salud (4-6) ofreciendo las soluciones fundamentales siguientes:
  - Asistencia médica de emergencia.
  - Consulta remota.
  - Administración y logística.
  - Supervisión y seguridad.
  - Educación y entrenamiento para profesionales y proveedores de la salud.

- **Ventajas de la telemedicina:** Las ventajas que se obtienen al aplicar la Telemedicina repercuten principalmente en los pacientes, los familiares de éstos, el personal médico, los hospitales, los estudiantes y los residentes.
  - **Pacientes**
    - Dispondrán de diagnóstico y tratamiento especializado más rápido.
  - **Familiares**
    - Estarán más cerca de los enfermos.
  - **Médicos**
    - Tendrán la posibilidad de consultar a los especialistas sin tener que desplazarse por este motivo.
    - Tendrán garantizada la educación continuada, así como el intercambio de información y producción científicas.
    - La cooperación entre atención primaria y la especialidad mejora considerablemente.
  - **Hospitales**
    - Reducción del peligro de pérdidas de imágenes.
    - Mayor rapidez y precisión en los tratamientos.
    - Utilización más eficaz de los servicios.
  - **Estudiantes y residentes**
    - Podrán asistir, por ejemplo, a intervenciones quirúrgicas realizadas en cualquier parte del mundo e incluso, comunicarse directamente con el cirujano.
- **Desventajas**
  - Posible resistencia del personal médico y paramédico a utilizar nuevas tecnologías que no dominan.
  - Se pierde un tanto la confidencialidad de los datos.
  - Bioética. El intercambio de criterios diagnósticos debe ser realizado con ética médica, con pleno acuerdo de las partes.
  - Rentabilidad (costo). Aunque visto desde el punto de vista social, esto se minimiza.

## **COMENTARIOS Y CONCLUSIONES**

---

La salud electrónica (e-Health) tiene una importancia capital, ya que puede mejorar el acceso a la asistencia sanitaria y multiplicar la calidad y la eficacia de los servicios ofrecidos. Por salud electrónica se entiende la aplicación de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la totalidad de las funciones que afectan al sector de la salud (7).

Entre las herramientas o soluciones asociadas a la salud electrónica figuran productos, sistemas y servicios que van más allá de las meras aplicaciones basadas en Internet. Incluyen herramientas para uso tanto de las autoridades sanitarias como de los profesionales, así como sistemas de salud personalizados para pacientes y ciudadanos. Sirvan de ejemplo las redes de información sanitaria, las historias clínicas informatizadas, los servicios de telemedicina, los sistemas de comunicación personales vestibles y transportables, los portales de salud y muchas otras herramientas basadas en las tecnologías de la información y las comunicaciones cuyo objetivo es facilitar la prevención, el diagnóstico, el tratamiento, el seguimiento de la salud y la gestión del estilo de vida.

Sin dejar de valorar la importancia en cardiopatía isquémica adherimos a lo publicado por el Dr. Juan Carlos Chachques recientemente en la Revista Argentina de Cardiología (8).

“La telemonitorización (home monitoring) establece un puente entre el clínico y el paciente por medio de nuevas tecnologías de comunicación. Las aplicaciones actuales de las telemonitorizaciones cardiológicas son: seguimiento continuo de pacientes en insuficiencia cardíaca (medición de frecuencia cardíaca, oximetría, presiones intracardíacas e impedancia pulmonar para diagnosticar edema), monitorización del funcionamiento de marcapasos y desfibriladores, monitorización de tratamientos farmacológicos de la hipertensión pulmonar, seguimiento de pacientes con apnea del sueño, prevención de la muerte súbita infantil y monitorización de pacientes portadores de prótesis valvulares cardíacas. La monitorización telefónica o a través de Internet es simple y no requiere ningún equipo excepcional en los hogares. Nuestro grupo investiga la aplicación de las tecnologías de RADAR en la monitorización cardiológica. La home monitoring tiene el potencial para ser aplicada en grandes poblaciones de pacientes y ser integrada en los sistemas actuales de asistencia médica. El objetivo final es mejorar los resultados de los tratamientos actuales y disminuir los gastos de salud”.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

1. Dr. Roberto Lombardo: XXV Congreso Nacional de Cardiología – Rosario 2006.
2. Ing. Mario Kindelán Baró: La Telemedicina, su estructura, objetivo y ventajas.
3. D Shanit, A Cheng and R A Greenbaum: Telecardiology: supporting the decision making process in general practice.
4. Conrath, D W et al. Evaluating telecommunications technology in medicine. Dedham, Massachusetts, Artech House, 1983.
5. Pérez Titos CB, Oliver Ramos MA. Utilización de la telemetría en la uniead de hospitalización de cardiología. Enferm Cardiol 2003; X: 41-4.
6. Victoria Ramos, Manuel Moreno, Oscar Moreno, Leopoldo Sánchez-Agudo, Carlos Jiménez, y J. L. Monteagudo-Proyecto AIRMED-Instituto de Salud Carlos III.
7. Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. COM (2004) 356 final –
8. Chachques JC, Bilich C, Figueroa M. Telemonitorizaciones en cardiología. Rev Argent Cardiol 2008;76:137-44.

## 4. B. INFORME ERGOMÉTRICO NORMAL

La prueba ergométrica representa un apremio cardiovascular en el cual se analizan parámetros clínicos, hemodinámicas y electrocardiográficos en reposo, esfuerzo y recuperación.

El informe ergométrico deberá constar, además de los datos identificatorios del paciente (edad, sexo, peso, altura IMC, etc.), la medicación si la hubiere, diagnóstico y/o motivo de la prueba, antecedentes, protocolo a emplear de acuerdo al tipo de ergómetro y los datos que devengan de la prueba desde el reposo hasta la recuperación, para que el médico derivante pueda a su vez interpretar adecuadamente los resultados tal como los presenta el operador.

Por tal motivo, se considerarán:

Parámetros clínicos: síntomas y/o signos durante el esfuerzo y recuperación como dolor, disnea, mareos, sudoración, claudicación, esfuerzo percibido, fenómenos auscultatorios, etc.

Parámetros hemodinámicos: como el comportamiento de la Presión Arterial y la Fr. Cardíaca y Doble producto en todo el apremio.

Parámetros Electrocardiográficos: modificaciones del ECG basal que puedan aparecer como desviaciones del segmento ST, aparición de arritmias o su desaparición, trastornos de conducción, etc.

Finalmente, y dado que se trata de una evaluación funcional, se debe informar sobre la capacidad funcional a través del consumo de oxígeno estimado en Mets y el motivo de detención. De lo actuado, surgirá una primera mención sobre el alcance de la prueba; siempre debe ser MÁXIMA, es decir, detenida por AGOTAMIENTO MUSCULAR, salvo que por algún motivo médico o por protocolos, sea detenida previamente (Máxima, Submáxima o Insuficiente), luego se analizará el alcance de la FC de acuerdo a los parámetros teóricos por tablas, considerando la FC máxima y Submáxima estimada para la edad según tablas y/o Escala de esfuerzo percibido y el porcentaje que corresponde según el máximo alcanzado.

Por último, la conclusión final que será NORMAL, para aquellos que no muestren ante un esfuerzo máximo alteraciones significativas en todo lo analizado.

En su defecto, ANORMAL, por los motivos que existieran.

## 4. C. INFORME ERGOMÉTRICO ANORMAL ESPECÍFICO

El informe de una prueba ergométrica anormal debe contener una descripción semiológica detallada de las modificaciones clínicas electrocardiográficas y hemodinámicas presentes durante el esfuerzo y la recuperación.

### 1. SÍNTOMAS

Al utilizar tests máximos el *agotamiento* es el motivo de detención. Constituye el síntoma más común y su nivel de aparición está íntimamente relacionado con el nivel de entrenamiento.

La *taquipnea* es frecuente y proporcional al esfuerzo alcanzado. La experiencia acumulada por el observador permite sospechar el origen patológico de una *disnea* desproporcionada al ejercicio. La presencia de ruidos respiratorios anormales o signos de insuficiencia cardíaca puede confirmar un diagnóstico, aunque, en ocasiones, es necesario realizar otras pruebas para determinar su eventual origen patológico. En ciertas circunstancias la disnea puede interpretarse como equivalente anginoso, más aún si va acompañada de cambios patológicos del segmento ST.

La aparición de *dolor precordial* hace necesario un interrogatorio profundo sobre sus características y la utilización de maniobras que permitan reconocer su etiología (compresión digital, movimientos respiratorios). La presencia de angor típico es predictiva de enfermedad coronaria, aunque su especificidad es menor si no se acompaña de cambios en el segmento ST. Por esta razón es preciso continuar el ejercicio en presencia de dolor sin ST para lograr caracterizarlo en forma más precisa y aumentar la posibilidad de aparición de cambios electrocardiográficos.

Es importante precisar y describir exactamente a qué frecuencia cardíaca y carga comienza el síntoma y la evolución de su intensidad durante el esfuerzo, y el momento en que cede en la recuperación. Habitualmente se utiliza una escala de intensidad de dolor con puntaje de 1 a 4, siendo 1 leve, 2 moderado, 3 fuerte y 4 extremadamente fuerte.

La *palidez extrema*, *sudoración fría*, *cianosis periférica* pueden indicar bajo flujo periférico debido a inadecuado volumen minuto con vasoconstricción. Su presencia obliga a detener el esfuerzo y a valorar otros signos que ayuden a identificar su etiología (caída de la presión sistólica y/o de la frecuencia cardíaca, tercer ruido u otras evidencias de falla ventricular).

### 2. MODIFICACIONES DEL SEGMENTO ST

La valoración del infradesnivel ST durante el ejercicio implica el estudio y la descripción de las siguientes variables:

- **Morfología:** el infradesnivel *lentamente ascendente* puede ocasionar dudas diagnósticas y debe valorarse en el contexto general de la prueba. Algunos autores sugieren aumentar el punto de corte para diagnóstico de isquemia a 1.5 mm para mejorar la exactitud diagnóstica. La morfología *horizontal* se asocia con mayor especificidad diagnóstica.

El desnivel *descendente* ofrece la mayor especificidad diagnóstica y el mayor valor predictivo para diagnóstico de enfermedad coronaria. La morfología descendente es de frecuente observación en el período posesfuerzo después de haber desarrollado un infradesnivel horizontal de características isquémicas durante el esfuerzo. Este fenómeno ofrece un

dato importante en la valoración diagnóstica en aquellos pacientes con desnivel del ST dudoso o límite durante el ejercicio.

La *supradesnivel del ST* en derivaciones sin ondas Q de secuela de infarto implica severidad de isquemia (transmural) y es un motivo de detención del esfuerzo y constituye una de las variables de alto riesgo ergométrico. Cuando ocurre en derivaciones con Q secuenciales puede atribuirse a disquinesia de la pared ventricular.

- **Magnitud:** la magnitud del desnivel tiene relación directa con la sensibilidad diagnóstica de la prueba. El valor considerado anormal es de 0.10 mV (1 mm), aunque es necesario considerar que se trata de una cifra empírica, por lo que pueden aparecer superposiciones entre sanos y enfermos en ese nivel. La mayor magnitud se asocia con mayor probabilidad de presentar enfermedad coronaria.
- **Momento de aparición:** la capacidad funcional límite es una de las variables más importantes en la estimación de severidad y pronóstico del paciente evaluado. Es indispensable informar exactamente a qué frecuencia cardíaca y carga aparecen los cambios del segmento ST (umbral isquémico). La aparición de evidencias isquémicas a menos de 4 METS constituye uno de los signos del alto riesgo ergométrico. El conocimiento de la capacidad funcional límite permite efectuar recomendaciones de ejercicio en términos de intensidad de esfuerzo y niveles de frecuencia cardíaca.
- **Número de derivaciones:** a mayor cantidad de derivaciones involucradas, mayor es la probabilidad de presentar enfermedad coronaria más severa.
- **Tiempo de normalización de los cambios del ST:** el tiempo que demora la normalización de los cambios del ejercicio está en relación directa con la severidad de la coronariopatía. En la recuperación es posible observar modificaciones del ST con respecto al esfuerzo. La morfología descendente con normalización del punto J después de un ST horizontal en el ejercicio, si bien puede corresponder a una mayor severidad, implica una de las morfologías habituales de recuperación de la isquemia

### 3. RESPUESTA HEMODINÁMICA

- **Frecuencia cardíaca:** La incompetencia cronotrópica o escaso incremento cronotrópico durante el ejercicio ha demostrado ser una variable predictora de riesgo para enfermedad coronaria y muerte, luego del ajuste por edad, capacidad funcional y alteraciones en la perfusión miocárdica. Puede ser definida de dos formas:
  1. incapacidad para alcanzar el 85% de la frecuencia cardíaca máxima prevista según sexo y edad y
  2. índice de respuesta cronotrópica que utiliza la reserva de frecuencia cardíaca ajustada según edad y valor de reposo, según la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{FC máxima} - \text{FC de reposo})}{(220 - \text{edad} - \text{FC de reposo})} \times 100 \text{ (valor normal } >80\%).$$

En pacientes que reciben drogas cronotrópicas negativas pierde valor y es importante su aclaración en el informe, describiendo que el escaso incremento cronotrópico sea “probablemente secundario” a efecto farmacológico.

El descenso de la frecuencia cardíaca inmediatamente después de un ejercicio es función de la reactivación del sistema nervioso parasimpático, que durante el ejercicio se encuentra deprimido, en combinación con activación del sistema nervioso simpático.

La disminución de la actividad vagal está asociada a mayor mortalidad cardiovascular y fue postulado que el descenso lento de la frecuencia cardíaca en la recuperación del ejercicio podría ser un signo de peor pronóstico.

La recuperación de la frecuencia cardíaca fue definida como los valores de descenso desde el pico del esfuerzo al primer minuto de recuperación. Se considera como valor normal a la reducción mayor a 12 latidos por minuto. Si bien no forma parte del informe ergométrico de rutina, debe considerarse frente al paciente a los fines de la estratificación de riesgo y pronóstico.

- **Tensión arterial:** La caída de la presión arterial sistólica durante el desarrollo de una prueba es un signo de alto valor en pacientes coronarios, ya que puede significar una disfunción ventricular izquierda generada por isquemia. Su presencia tiene más importancia si está acompañada de otras variables isquémicas. Su valor predictivo para el desarrollo de eventos ha sido demostrado y constituye una de las variables de alto riesgo al asociarse a desnivel del ST y/o angor. Constituye una de las causas de detención del ejercicio y debe describirse en el informe ergométrico.

La presencia de un desnivel del ST que aumenta su magnitud en post esfuerzo puede corresponder a agravamiento de la isquemia, más aún si se asocia a respuesta hipertensiva y aumento de intensidad o aparición de angor.

### **A CONTINUACIÓN SE RESUMEN LOS CONTENIDOS DEL INFORME ERGOMÉTRICO DE UNA PRUEBA ANORMAL PARA DIAGNÓSTICO DE ISQUEMIA**

*Prueba ergométrica máxima/submáxima detenida por: \_\_\_\_\_*

*Presentó angor de intensidad \_\_\_\_\_ a partir de los \_\_\_\_\_ lpm y/o a \_\_\_\_\_ mets, progresando o no con el esfuerzo, alcanzando máxima intensidad a los \_\_\_\_\_ METs, con una FC máx de \_\_\_\_\_, que cedió en el \_\_\_\_\_ minuto de la recuperación.*

*Presentó infradesnivel del segmento ST desde los \_\_\_\_\_ lpm y/o a \_\_\_\_\_ mets, en las derivaciones \_\_\_\_\_, de morfología \_\_\_\_\_, que alcanzó una magnitud de \_\_\_\_\_ mm, progresando o no con el esfuerzo, alcanzando \_\_\_\_\_ mm, a los \_\_\_\_\_ Mets con una FC de \_\_\_\_\_ y niveló en el \_\_\_\_\_ minuto de la recuperación.*

*Respuesta cronotrópica normal/ anormal.*

*Respuesta adecuada/paradojal de la tensión arterial al esfuerzo y/o post esfuerzo.*

*Conclusión: Prueba máxima/submáxima que sugiere o no isquemia miocárdica a alta/intermedia/baja capacidad funcional\*.*

*\*Baja Capacidad funcional: <4,5 METs. Intermedia Capacidad funcional: 5-9 METs. Alta Capacidad funcional: >10 METs*



#### 4. D. INFORME ALTO RIESGO ERGOMÉTRICO

El clásico término “alto riesgo ergométrico” está relacionado con la aparición de evidencias isquémicas durante la prueba de ejercicio que sugieren elevada probabilidad de evento coronario en el corto plazo. Las evidencias sobre el valor pronóstico de la ergometría se basan en estudios observacionales.

Existen diferentes publicaciones y consensos que determinan criterios de riesgo en ergometría. Los más reconocidos, y con mayores demostraciones en las diferentes presentaciones clínicas de la cardiopatía isquémica, son el índice de Duke (1), los criterios del Colegio Americano de Cardiología/Asociación Americana del Corazón (2), y el índice de la Sociedad Española de Cardiología (3). El “score de Duke” ha sido aplicado, y aún modificado, en pacientes con angina estable e inestable y en unidades de dolor torácico (4-6).

Estos consensos otorgan valoraciones de riesgo anuales en el paciente sometido a una prueba de ejercicio. En la presente publicación, el concepto de “alto riesgo ergométrico” está asociado a la suspensión de la prueba de esfuerzo y la indicación de una intervención precoz, que va desde la internación inmediata a la propuesta de diagnóstico anatómico en el corto plazo para definir conductas terapéuticas.

El ejercicio físico que genera isquemia en etapas precoces de su desarrollo constituye un elemento de peso en el momento de determinar pronóstico. Por otra parte, la aparición de angor y/o arritmias ventriculares asociadas al desnivel del segmento ST incrementan de riesgo de enfermedad coronaria significativa.

Para la determinación de alto riesgo ergométrico, concepto asociado a enfermedad significativa del tronco izquierdo, de 3 vasos o de 2 vasos con lesión de la arteria descendente anterior proximal, al menos una de las siguientes variables debe estar presente:

1. Angor asociado a infradesnivel del segmento ST a capacidad funcional inferior a los 4 METs.
2. Arritmia ventricular compleja a baja capacidad funcional.
3. Supradesnivel del segmento ST mayor de 1 mm en derivaciones sin ondas Q (secuela).
4. Caída de presión arterial sistólica mayor a 10 mmHg asociada a evidencias ergométricas de isquemia.

La presencia de dos o más de estas variables son indicadores de mayor severidad.

## ***BIBLIOGRAFÍA***

---

1. Mark DB, Hlatky MA, Harrell FE Jr, Lee KL, Califf RM, Pryor DB. Exercise treadmill score for predicting prognosis in coronary artery disease. *Ann Intern Med* 1987; 106: 793-800.
2. Schlant RC, Blomqvist CG, Brandenburg RO, Debusk R, Ellestad MH, Fletcher GF, et al. Guidelines for exercise testing. A report of the Joint American College of Cardiology/American Heart Association task Force on Assessment of cardiovascular Procedures (subcommittee on exercise testing). *Circulation* 1986; 74: 653A-667A
3. Arós F, Boraita A, Alegría E, Alonso AM, Bardají A, Lamiel R, et al. [Guidelines of the Spanish Society of Cardiology for clinical practice in exercise testing]. *Rev Esp Cardiol* 2000; 53: 1063-94.
4. Johnson GG, Decker WW, Lobl JK, Laudon DA, Hess JJ, Lohse CM, et al. Risk stratification of patients in an emergency department chest pain unit: prognostic value of exercise treadmill testing using the Duke score. *Int J Emerg Med* 2008; 1: 91-5.
5. Alvarez Tamargo JA, Martin-Ambrosio ES, Tarin ER, Fernandez MM, De la Tassa CM. Significance of the treadmill scores and high-risk criteria for exercise testing in non - high-risk patients with unstable angina and an intermediate Duke treadmill score. *Acta Cardiol.* 2008; 63: 557-64.
6. Rafie AH, Dewey FE, Myers J, Froelicher VF. Age-adjusted modification of the Duke Treadmill Score nomogram. *Am Heart J* 2008; 155: 1033-8.

## 4. E. INFORMES EN POBLACIONES ESPECIALES

### 4. E. 1. MUJER

La primera causa de muerte en la mujer a nivel global es la enfermedad cardiovascular (1), por lo tanto los métodos de screening y prevención de la misma deben ser aplicados en igual medida que en hombres.

La ergometría es un test sencillo, reproducible y no invasivo adecuado para la detección tanto en pacientes sintomáticas como asintomáticas.

El problema reside en la sensibilidad. Si bien la enfermedad cardiovascular encabeza las causas de mortalidad femenina, ésta es de baja prevalencia o por lo menos menor que en el hombre. La sensibilidad del test en general ronda el 60-70% para el análisis de la depresión del segmento ST. Esta sensibilidad disminuye en mujeres. Esto ocurre porque desde el punto de vista del análisis bayesiano al ser la probabilidad pre test baja, el estudio aportaría pocos datos. Según las series, en mujeres la sensibilidad disminuiría un 10% respecto de los hombres (2) por lo que sigue justificándose el uso de este método.

Respecto de las modificaciones del segmento ST al esfuerzo, en las mujeres existe en promedio una liberación catecolaminérgica mayor, por lo que muchos de los casos supuestamente positivos deben ser analizados cuidadosamente para determinar si se trata de isquemia genuina o responde a los cambios en la frecuencia cardíaca.(3) Además, esta liberación catecolaminérgica aumentada podría favorecer la vasoconstricción coronaria dando como resultado un estudio positivo pero no por obstrucción coronaria fija.

Deben diferenciarse dos situaciones, la de la mujer que tiene síntomas y la que no. Respecto de la calidad del síntoma, en el sexo femenino parece ser más inespecífico o incharacterístico, además de ser diferente el umbral del dolor.

En el caso de las mujeres asintomáticas debe tenerse en cuenta el riesgo Framingham. La tasa combinada de muerte o infarto es menor al 0.6%, entre 0.6 y 2% y más del 2% para el bajo, moderado y alto riesgo respectivamente. Esto corresponde a mujeres premenopáusicas (4). Por lo tanto, en este grupo la ergometría tendría menor valor.

Para las mujeres postmenopáusicas los estudios han revelado que cada 10 años aumenta el riesgo. Así se estableció que un 4, 13 y 47% de las mujeres de 50 a 59, 60 a 69 y 70 a 79 están en riesgo moderado o alto, con una tasa anual de muerte o infarto mayor al 0.6%.(5).

En cuanto a las mujeres sintomáticas, según el análisis bayesiano la posibilidad post test está altamente influenciada por la probabilidad pretest. Según esto, las mujeres con un factor de riesgo o ninguno que están sintomáticas arrojarán una alta tasa de estudios falsos positivos. Sin embargo, la ergometría ha demostrado guiar el posterior manejo de estas pacientes.

Estos conceptos se aplican a lo referente a los cambios en el segmento ST, pero cabe recordar que el método aporta otros datos que complementan el diagnóstico de isquemia e inclusive se extienden a otras patologías, como son el comportamiento hemodinámico, la sintomatología y la respuesta eléctrica.

La presencia de sintomatología al esfuerzo tiene un valor limitado en las mujeres.

Los informes ergométricos deben incluir capacidad de esfuerzo, score de Duke. Ésta, asociada al heart rate recovery (tasa de recuperación de la frecuencia cardíaca post esfuerzo) (6) permitirá estimar un pronóstico de manera más específica.

En última instancia, la limitación mayor según estos informes es el menor alcance de la capacidad aeróbica máxima por parte de la mujer (7).

En este sentido debe recomendarse que en aquellos casos donde la paciente no puede alcanzar los 5 METs en banda, se desestime este estudio y se acompañe de un apremio farmacológico (8).

De todas formas y por lo antedicho, si bien con valores de sensibilidad menores que para sus pares hombres, la prueba ergométrica en la mujer tiene la misma utilidad pronóstica y diagnóstica (9). De esto se desprende que las indicaciones para su realización son las mismas que en hombres.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American Heart Association. Heart disease and stroke statistics-2005 update. Dallas Tex.
2. Okin PM, Kligfield P. Gender specific criteria and performance of the exercise electrocardiogram. *Circulation* 1995; 92: 1209-16.
3. Roger VL, Jacobsen SK, Pellika PA, Miller TD, Bailey KR, Gersh BJ. Gender differences in use of stress testing and coronary heart disease mortality: a population based study in Olmsted country, Minnesota. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32: 345-52.
4. Califf RM, Armstrong PW, Carver JR, D'Agostino RB 36th Bethesda Conference.
5. Pasternak RC, Abrahams J, Greeland P, Smaha LA, Wilson P, 36th Bethesda Conference. Identification of coronary heart disease risk: Is there a detection gap?.
6. Panzer C, Lauer MS, Brieke A, Blackstone E, Hoogwerf B. Association of fasting plasma glucose with heart rate recovery in healthy adults: a population based study. *Diabetes* 2002; 51: 803-7.
7. Gibbons RJ, Balady GJ, Beasley J, Bricker T, Duvernoy WF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA Guidelines For Exercise Testing: Executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice Guidelines (Committee on exercise testing) *Circulation* 1997; 96: 345-54.
8. Hlatky MA, Boineau RE, Higginbotham MB, Lee KL, Mark DB, Califf RM, et al. A brief self administered questionnaire to determine functional capacity (the Duke Activity Status Index) *Am J Cardiol* 1989; 64: 651-4.
9. Mieres JH, Shaw LJ, Arai A, Budoff MJ, Flamm SD, Hundley WG, et al. Cardiac Imaging Committee, Council on Clinical Cardiology, and the Cardiovascular Imaging and Intervention Committee, Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, American Heart Association. Role of noninvasive testing in the clinical evaluation of women with suspected coronary artery disease: Consensus from the cardiac imaging committee, Council on clinical cardiology, and the cardiovascular imaging and intervention committee, council on cardiovascular radiology and intervention, American Heart Association. *Circulation* 2005; 111: 682-696.

## ERGOMETRÍA EN LA PACIENTE EMBARAZADA

### Modificaciones hemodinámicas durante el embarazo

Durante el embarazo ocurren diferentes cambios fisiológicos que requieren de la adaptación del sistema cardiovascular. El volumen sanguíneo aumenta en forma continua desde las primeras semanas de la gestación a expensas fundamentalmente del aumento del volumen plasmático. Este incremento es más marcado a partir de la segunda mitad del embarazo, mo-

mento en que puede alcanzar hasta un 50% por encima de los valores previos a la gestación. Uno de los fenómenos hemodinámicos más significativos se relaciona con las modificaciones del gasto cardíaco, el cual comienza a aumentar desde el primer trimestre, alrededor de la semana 10, alcanzando el pico máximo entre las semanas 20-24 y persistiendo elevado hasta el puerperio. El incremento total se estima en 30-50% por encima del nivel previo a la gestación y se relaciona inicialmente con un aumento en el volumen sistólico. A medida que el embarazo avanza, la frecuencia cardíaca aumenta progresivamente, hasta 10-20 latidos por encima del valor previo, siendo este el factor predominante en el incremento del gasto cardíaco hacia finales de la gestación.

El embarazo normal se asocia además a un fenómeno hemodinámico único y particular: las modificaciones en el gasto cardíaco con los cambios posturales. A partir de la segunda mitad de la gestación, el efecto compresivo que ejerce el útero grávido sobre la vena cava inferior en posición supina, determina una disminución significativa del retorno venoso y con él, del volumen minuto cardíaco, que puede asociarse a taquicardia sinusal e hipotensión sintomática supina.

La presión arterial también se modifica. Desde las primeras semanas del embarazo y a lo largo del segundo trimestre disminuye la tensión arterial y retorna a los niveles previos a la concepción en el tercer trimestre. La presión del pulso aumenta, debido a una caída en las resistencias vasculares sistémicas, siendo más marcado el descenso en la tensión arterial diastólica. El consumo de oxígeno en reposo aumenta progresivamente a lo largo del embarazo con un pico de 20-30% cerca del término, y esta modificación puede atribuirse a un incremento en las necesidades metabólicas maternas y del feto en crecimiento.

Durante el trabajo de parto, la frecuencia cardíaca y el gasto cardíaco se incrementan. Luego del período expulsivo ocurre un súbito incremento en el retorno venoso, porque ya no ejerce el útero un efecto compresivo sobre la vena cava inferior y se suma además la redistribución del flujo sanguíneo uterino por la contracción posterior al alumbramiento. Todas estas modificaciones son bien toleradas en la embarazada normal.

### **Respuesta cardiovascular en ejercicio durante el embarazo**

Las modificaciones circulatorias y metabólicas que ocurren en respuesta al ejercicio son similares a las que se observan frente al estrés hipoxémico, con incremento en el gasto cardíaco y en el consumo de oxígeno. Pero en este punto, es importante destacar que el volumen minuto alcanzado en el ejercicio en etapas tempranas de la gestación difiere del alcanzado durante la segunda mitad del embarazo y que, además, hay una significativa reducción en su respuesta frente al ejercicio en el tercer trimestre de la gestación. Estas variaciones en la respuesta del gasto cardíaco conforme avanza la gestación podrían vincularse con la disminución en el retorno venoso, que es más marcado durante el esfuerzo físico. En síntesis, si bien no se dispone de información concluyente, el gasto cardíaco se incrementa menos que el esperado a altas cargas de trabajo ergométrico.

La respuesta en la frecuencia cardíaca es variable en embarazadas, y el empleo de las tablas clásicas de frecuencia cardíaca máxima esperada para la edad, puede ser errónea.

La variación en la presión arterial observada durante el ejercicio en pacientes embarazadas es similar a las pacientes no gestantes.

Las modificaciones anatómicas que ocurren en el embarazo, elevación del diafragma y au-

mento del diámetro abdominal, se asocian a una disminución en la reserva espiratoria y en la capacidad funcional residual. En reposo, la hiperventilación compensa estas modificaciones. Durante el ejercicio moderado e intenso, el incremento en la ventilación no es proporcional a la magnitud del esfuerzo realizado y esta ineficiencia relativa se ve reflejada en un menor incremento en el consumo de oxígeno comparado con pacientes no gestantes.

Otra diferencia importante a considerar en la paciente embarazada es una mayor tendencia a la hipoglucemia con el ejercicio intenso, debido al consumo preferencial de carbohidratos.

### **Respuesta fetal frente al ejercicio materno**

Los cambios hemodinámicos que ocurren en el ejercicio, redistribución del flujo sanguíneo a los músculos ejercitados y la alcalosis materna por hiperventilación, pueden potencialmente afectar al feto. En madres sanas, sin cardiopatía, raramente el ejercicio leve o moderado pueda poner en riesgo a fetos sanos, pero el riesgo de injuria materno-fetal se incrementa con el ejercicio extenuante, en especial en madres con cardiopatía o en presencia de sufrimiento fetal. Durante el ejercicio, la frecuencia cardíaca fetal se incrementa en 10-30 latidos por minuto en repuesta al incremento de la actividad simpática materna, y esta respuesta parece ser independiente de la edad gestacional. Por otra parte, el riesgo de bradicardia fetal es bajo con el ejercicio materno no extenuante en madres y fetos sanos.

En síntesis, el ejercicio moderado puede ser bien tolerado en pacientes embarazadas sanas, pero la actividad física intensa y extenuante puede llevar consigo un riesgo materno-fetal potencial y aporta más riesgos que beneficios en madres comprometidas.

### **Valor de la ergometría en el embarazo**

En la paciente sana, la ergometría tiene escaso valor para definir el riesgo cardiovascular en el embarazo, dado que se trata ésta de una situación fisiológica para la cual el sistema cardiovascular cuenta con la posibilidad de adaptarse a las modificaciones hemodinámicas que le imprime la gestación, el parto y el puerperio. Pero por otra parte, la vía de finalización del embarazo, esto es parto vaginal u operación cesárea, se define en general en base a parámetros obstétricos, siendo contadas las ocasiones en que el cardiólogo es el que debe indicar la forma de finalizar el mismo.

Actualmente, la posibilidad de enfermedad cardíaca en embarazadas se ha incrementado, debido en parte al avance en las técnicas de fertilización que permiten el embarazo en madres añosas con mayor riesgo de poseer enfermedad cardíaca e hipertensión arterial. Por otra parte, la cirugía cardiovascular permite hoy corregir parcial o totalmente ciertas cardiopatías congénitas en niñas que de este modo alcanzan la edad fértil. En nuestro medio, la enfermedad valvular reumática corregida o no, las cardiopatías congénitas y la hipertensión arterial son las causas más frecuentes de enfermedad cardíaca materna junto a la enfermedad trombo-embólica, siendo menos frecuente la enfermedad coronaria.

Debido a los cambios hemodinámicos que se generan en el embarazo, las pacientes con disfunción ventricular, enfermedad valvular obstructiva, hipertensión pulmonar y cianosis tienen un riesgo mayor de complicaciones cardiovasculares, en especial a partir de la segunda mitad del embarazo. Idealmente estas pacientes debieran ser evaluadas en forma previa a la concepción para establecer el riesgo materno-fetal, la posibilidad de llegar a término y la vía de finalización. La realización de una ergometría para definir la tolerancia al esfuerzo y la

respuesta del gasto cardíaco frente al estrés tendría un valor potencial en el estudio previo a la gestación planificada en estas pacientes, pero en este sentido el ecodoppler cardíaco adquiere mayor relevancia ya que permite estimar el área valvular, la función ventricular y la presión pulmonar. En la paciente con cardiopatía embarazada la disminución de la actividad física suele indicarse para evitar la taquicardia y las mayores demandas de gasto cardíaco, en un corazón enfermo ya de por sí exigido.

En las pacientes con hipertensión arterial, la disminución de la actividad física es uno de los pilares del tratamiento, en especial en la hipertensión gestacional y en el síndrome de preeclampsia-eclampsia, por lo cual la realización de una ergometría no está indicada en la evaluación de estas pacientes, ya que no aporta beneficios y puede asociarse a un riesgo potencial. La hipertensión arterial crónica, en general tiende a mostrar cierta mejoría en especial en la primera mitad del embarazo, lo cual permite en ocasiones suspender el tratamiento con drogas hipotensoras. La hipertensión arterial asociada al embarazo es una entidad diferente, que se presenta a partir de la segunda mitad del embarazo y conforma un síndrome clínico y de laboratorio que puede complicar el curso de una gestación hasta entonces normal y cuya definición de riesgo materno-fetal se basa en parámetros clínicos y de laboratorio.

## **CONCLUSIÓN**

---

1. En pacientes sanas embarazadas, la ergometría es un test que no está contraindicado pero que aporta escasos datos en términos de riesgo cardiovascular.
2. Solo en situaciones ocasionales la ergometría puede definir la vía de finalización del embarazo.
3. Dado que la posibilidad de enfermedad cardíaca en embarazadas se ha incrementado, debido en parte al avance en las técnicas de fertilización que permiten el embarazo en madres añosas, con mayor riesgo de poseer enfermedad cardíaca e hipertensión arterial, la realización de un test ergométrico puede tener valor en la evaluación preconcepcional de pacientes con cardiopatía.
4. La realización de una ergometría para definir la tolerancia al esfuerzo y la respuesta del gasto cardíaco frente al estrés tendría un valor potencial en el estudio previo a la gestación planificada.
5. En pacientes embarazadas con hipertensión arterial, en especial aquella vinculada al embarazo, la ergometría puede llegar a ser perjudicial.

## **4. E. 2. GERONTE**

---

### **ERGOMETRÍA EN PERSONAS MAYORES DE 75 AÑOS**

Los adultos mayores son aquellas personas de  $\geq 75$  años o aquellas personas entre los 60 y 74 años de edad con patología crónica o limitación física que impida los movimientos, limite la capacidad funcional o performance.

En este particular grupo etario existen diferencias entre la edad cronológica y biológica, por esto las pruebas han de ser individualizadas para optimizar sus resultados y conclusiones.

La edad en sí es un factor de riesgo para la enfermedad cardiovascular, en particular en hombres mayores de 45 años y mujeres de más de 55 años. Por ello es importante realizar

un examen exhaustivo previo a que comiencen o continúen con un plan de ejercicio físico o deporte intenso ( $\geq 60\%$  del  $\text{VO}_2$  máx. o de 6 METS) y que incluya una ergometría máxima, en especial en presencia de otros factores de riesgo para ECV.

- La ergometría aporta información diagnóstica y pronóstica.
- La probabilidad pretest de Enfermedad Arterial Coronaria (EAC) en hombres y mujeres  $\geq$  de 75 años:
  - Probabilidad alta  $>90\%$  con angina típica.
  - Probabilidad intermedia (10 a 90%) con angina atípica o probable.
  - Probabilidad baja  $<10\%$  para los asintomáticos.

Este grupo está en expansión por el incremento en la expectativa de vida y es interesante el conocimiento de sus características particulares en el área del rendimiento.

### **Cambios cronobiológicos en el sistema cardiovascular**

#### **Reducción**

- Frecuencia cardíaca máxima.
- $\text{VO}_2$  máx. 50%.
- Diferencia arteriovenosa de  $\text{O}_2$  25%.
- Volumen minuto 25%.
- Frecuencia cardíaca 25%.
- Volumen sistólico hasta 15%.
- Capacidad vital.
- Fuerza muscular, tiempo de reacción, flexibilidad.
- Masa magra y ósea.

#### **Incrementos**

- Incrementos del volumen de fin de diástole hasta 30% y de sístole hasta de 150%.
- % grasa corporal.
- Tiempo de recuperación.

La selección del modo de ejercicio para la ergometría (bicicleta o cinta) se debe hacer considerando sus beneficios y o perjuicios de cada modo.

La bicicleta es mejor si se tienen dificultades para caminar, mantener el equilibrio o de coordinación, el ECG es más estable; debemos recordar que las personas pueden estar menos familiarizadas con este método, cansa más los muslos, eleva más la presión arterial.

En la banda sin fin se ejerce un stress mayor sobre el sistema cardiovascular dado que se utilizan más y mayores masas musculares, las personas están más familiarizadas con caminar. La ergometría con los brazos está reservada para personas con problemas ortopédicos, neurológicos, o arteriopatía periférica.

La ergometría y el ecocardiograma stress han demostrado ser superiores al ECG de reposo para predecir eventos o muerte cardíaca, de mayor interés es aún la valoración de la capacidad funcional, tanto en  $\geq$  o  $\leq$  de 75 años. En esta población la sensibilidad es cercana al 85% y la especificidad del 70%.

Los falsos positivos se hallan aumentados debido a la mayor frecuencia de hipertrofia ventricular izquierda y trastornos de conducción.



No existen criterios de terminación específicos para este grupo, incluso algunos superan la FC teórica máxima; este hecho ha de tenerse en cuenta para no utilizar este dato teórico y subestimar la capacidad funcional al dar por terminada la prueba.

### MODIFICACIONES QUE SE PUEDEN REALIZAR AL METODO PARA OPTIMIZAR LA PRUEBA

CARACTERÍSTICA	MODIFICACIÓN SUGERIDA
Bajo VO <sub>2</sub> máx.	Comenzar con baja carga 2 a 3 mets
Requiere mas tiempo al steady state	Entrada en calor de ± de 3 minutos, incrementos de carga de 0,5 a 1 MET o etapa de 3 minutos
Fácil fatigabilidad	Limitar la duración a 12 minutos o utilizar protocolo intervalado.
Mejor control de ECG, PA, FC	Bicicleta > Cinta > Step.
Poco equilibrio, Poca fuerza, Poca coordinación.	Bicicleta > Cinta > Step Cinta con incremento de pendiente velocidad hasta 5 Km.
Poca fuerza de los brazos	Bicicleta - cinta sin pendiente
Problemas de comprensión o neuromuscular	Realizar pequeñas prácticas o considerar otro método
Visión disminuida	Bicicleta > Cinta > Step
Audición disminuida	Cinta evita la instrucción de cadencia
Problemas de Pie o Tobillo	Bicicleta.

**La cinta ergométrica** en personas mayores debe considerar las dificultades concernientes a la fatigabilidad, fuerza, coordinación, por lo que puede requerir que la persona, para su confort se sostenga de la baranda con el consiguiente aumento en el costo energético.

El protocolo de Bruce en cinta es el más utilizado en la población general, sin embargo en esta población no se sugiere dado sus incrementos de carga de 3 MET por etapa y duración de 3 minutos por etapa.

Para este grupo poblacional se sugiere el protocolo de Naughton o Balke donde los incrementos entre etapas son de 1 MET.

Considerar incrementos de pendiente de 1 a 3% y una velocidad máxima de hasta 6 km. Ya que la velocidad de caminata promedio de este grupo se encuentra en los 4 km. hora.

**La bicicleta** es preferible para personas con problemas de equilibrio, poca coordinación, dificultad visual, problemas de marcha o problemas de pie o tobillo.

Los incrementos de carga pueden ser de hasta 10 a 15 watts por minuto.

### 4. E. 3. NIÑOS

---

La Ergometría o Prueba de Esfuerzo Graduada en niños es un método de estudio útil para la evaluación de niños sanos o con afecciones cardiológicas.

Permite conocer la capacidad física o funcional (CF) para el esfuerzo, estimar el consumo máximo de  $O_2$  ( $VO_2$  máx.) y estudiar variables fisiológicas, como Frecuencia Cardíaca (FC), y Presión Arterial (PA), que constituyen los elementos fundamentales para la interpretación de la prueba.

Los primeros protocolos para ergometrías en niños, fueron desarrollados por pediatras europeos, norteamericanos y canadienses. En Argentina, la primera ergometría se realizó a fines de la década de 1970 en el Hospital de Niños “Ricardo Gutiérrez”. Se efectuó en un niño con examen cardiovascular y electroencefalograma normales en reposo, que había padecido varios episodios de síncope durante el esfuerzo. En la ergometría se registró una arritmia grave con frecuentes extrasístoles ventriculares; este hallazgo fue el estímulo para desarrollar este método de estudio en la División Cardiología del Hospital de Niños. Es un estudio complementario, el cual, no reemplaza al interrogatorio, el examen físico ni el electrocardiograma de reposo (ECG).

#### INDICACIONES

1. Síntomas inespecíficos: palpitaciones, disnea, precordialgia atípica, síncope, cianosis sin causa aparente.
2. Evaluación de la capacidad funcional en niños sanos, deportistas y pre y post cirugía cardíaca.
3. Evaluación del comportamiento de la PA durante el esfuerzo: diagnóstico y tratamiento.
4. En arritmias: detección, seguimiento y tratamiento.
5. En valvulopatías: en el seguimiento clínico como en el pre y post quirúrgico.
6. En las cardiopatías congénitas, cianóticas y acianóticas.
7. En las miocardiopatías.
8. En enfermedades como Diabetes, Lupus, Enf. de Kawasaki, etc.

#### CONTRAINDICACIONES

- Síntomas como mareos, fiebre, cefaleas, fiebre reumática en actividad, enfermedades infecciosas, crisis asmática.
- Arritmias graves en reposo.
- Bloqueo aurículoventricular de alto grado, con bradicardia severa.
- Embarazo.

#### INSTRUMENTAL

El equipamiento del gabinete de ergometría no difiere del de adultos, aunque hay algunos elementos para ser tenidos en cuenta:

- Electrodo pediátricos.
- Tensiómetro con diferentes manguitos pediátricos.
- Balanza y altímetro (importante conocer la superficie corporal ya que los valores de PA también están percentilados de acuerdo a ella).
- Equipo completo de reanimación cardiopulmonar que incluya materiales pediátricos.

El paciente debe concurrir con una orden escrita del médico que solicita el estudio con el motivo del pedido y un breve resumen de la historia clínica. En el momento de la citación se le entrega un formulario de consentimiento que debe ser completado (Tabla 1). Si el paciente recibe medicación no debe suspenderla, ya que se evalúa también la eficacia del tratamiento. Se debe ingerir un desayuno liviano y concurrir con ropa cómoda y zapatillas. Antes de iniciar el estudio y para ganar su confianza y obtener el máximo de la colaboración del paciente, se explicará al niño en qué consiste el estudio y si es necesario se hará una breve demostración de cómo debe caminar en la cinta.

**Tabla 1.**

HOSPITAL DE NIÑOS "RICARDO GUTIÉRREZ"
<p><b>División Cardiología- Sector Ergometría</b></p> <p>Sres. Padres:</p> <p>Su hijo/a _____ de _____ años de edad, realizará una Prueba de Esfuerzo o Ergometría. Es una prueba no invasiva con fines diagnósticos y/o pronósticos para pacientes con enfermedades del corazón o sospecha de ellas.</p> <p>La prueba permite comprobar la respuesta del corazón al ejercicio físico controlado. En el niño y adolescente se utiliza para valorar la respuesta al ejercicio de las diferentes cardiopatías congénitas, arritmias, evaluar capacidad funcional, comportamiento de la presión arterial, y detección de isquemia cardíaca que puede aparecer con el ejercicio en algunas cardiopatías.</p> <p>En nuestro Hospital, la prueba se realiza caminando entre 7 y 15 minutos en una banda deslizante o treadmill, en la cual se va aumentando la velocidad y la pendiente progresivamente.</p> <p>Durante la prueba se controla la presión arterial, la frecuencia cardíaca y el electrocardiograma. Se suspende si aparecen signos o síntomas que lo justifiquen. A medida que el paciente realiza el esfuerzo aumentan la frecuencia cardíaca y la presión arterial. Se detiene por cansancio muscular, dolores en las piernas o fatiga, que desaparecen o se alivian al cesar el esfuerzo. Puede haber cambios en el electrocardiograma que no implican ningún riesgo. Durante el esfuerzo pueden aparecer: palpitaciones, mareos, cansancio y/o calambres en las piernas.</p> <p>Ante síntomas como: dolor de pecho, síncope y arritmias ventriculares, se decide la finalización de la prueba. Si aparecen complicaciones, el personal a cargo está capacitado y dispone de medios para resolverlas.</p> <p>Habiendo comprendido el procedimiento y sus riesgos, por la presente AUTORIZO que mi hijo/a _____ realice la Ergometría, el día _____ de _____ del año _____.</p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p style="text-align: center;">Firma Padre, madre o Tutor Aclaración de la Firma.</p>

## METODOLOGÍA

1. **Cicloergómetro:** si bien es muy utilizado en otros medios, en nuestro criterio tiene algunos inconvenientes:
  - El paciente debe medir más de 1,30 cm. para alcanzar los pedales de la bicicleta.
  - Debe estar familiarizado con el uso de la misma.
  - El escaso desarrollo muscular de los niños produce agotamiento precoz sin haber alcanzado la FC máxima esperada.
  - No es un trabajo impuesto, por ello no es tan conveniente para ser utilizado en niños.
2. **Banda deslizante o Treadmill:** Es un método mejor para ser utilizado en pediatría, ya que la marcha es una actividad habitual. El ejercicio es impuesto, entonces podemos estar seguros que todos caminan a la misma velocidad. Se puede realizar a partir de los 3 años, cuando el nivel de maduración neuromuscular lo permita.

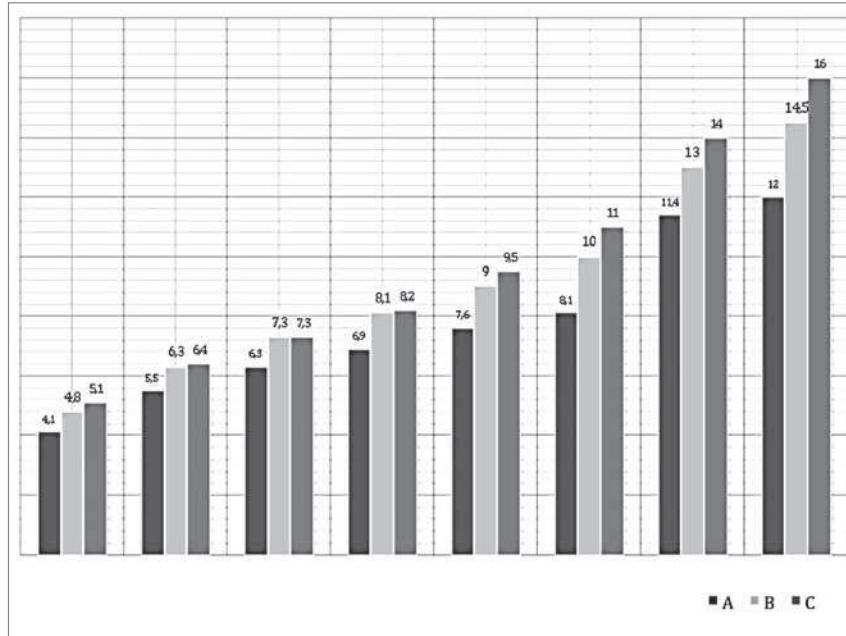
## PROTOCOLOS

- a. **Protocolo de Bruce:** Ampliamente usado en Pediatría, se lleva a cabo igual que en el adulto.
- b. **Protocolos del Hospital de Niños “R. Gutiérrez”:** buscando representar mejor el tipo de actividad que realizan los niños (carreras cortas) y dado que el tiempo de atención de los niños es más corto que el de los adultos, se han desarrollado protocolos de trabajo de 7,30 min. de duración y 3 min. de recuperación. Estos protocolos denominados “A”, “B” y “C” establecen como punto de corte la talla y el grado de entrenamiento de los pacientes. Constan de una entrada en calor de 6 min. y una carrera corta de 1,30 min. Durante los primeros 6 minutos, a una velocidad constante y diferente para cada protocolo, se eleva la pendiente, que comienza en 0% aumentando 4% por etapa hasta alcanzar los 20% en la sexta etapa; luego, estando la cinta en 20% se incrementa la velocidad para la carrera corta de acuerdo a la estipulada para cada protocolo (Tabla 2). Se realizó un trabajo con niños normales midiendo directamente el consumo de oxígeno a fin de determinar el costo energético de cada etapa de estos tres protocolos (Tabla 3).

**Tabla 2.**

PROTOCOLO	ESTATURA	MARCHA	%	TROTE	%
A	<1,50	2,5 MPH	0 - 20%	4 MPH	20%
B	>1,50	3 MPH	0 - 20%	4,5 MPH	20%
C	entrenados	3,5 MPH	0 - 20%	5 MPH	

**Tabla 3.**



**Protocolo A** del Hospital de Niños “Ricardo Gutiérrez”

TIEMPO	VELOCIDAD (millas/hora)	PENDIENTE %	METS
1 min	2,5	0	4,1
2 min	2,5	4	5,5
3 min	2,5	8	6,3
4 min	2,5	12	6,9
5 min	2,5	16	7,6
6 min	4	20	8,1
7 min	4	20	11,4
7/30 seg	4	20	12
Recuperación 30 seg	—	—	—
1 min	—	—	—
3 min	—	—	—

**Protocolo B** del Hospital de Niños “Ricardo Gutiérrez”

TIEMPO	VELOCIDAD (millas/hora)	PENDIENTE %	METS
1 min	3	0	4,8
2 min	3	4	6,3
3 min	3	8	7,3
4 min	3	12	8,1
5 min	3	16	9
6 min	4,5	20	10
7 min	4,5	20	13
7/30 seg	4,5	20	14
Recuperación 30 seg	—	—	—
1 min	—	—	—
3 min	—	—	—

**Protocolo C** del Hospital de Niños “Ricardo Gutiérrez”

TIEMPO	VELOCIDAD (millas/hora)	PENDIENTE %	METS
1 min	3,5	0	5,1
2 min	3,5	4	6,4
3 min	3,5	8	7,3
4 min	3,5	12	8,2
5 min	3,5	16	9,5
6 min	5	20	11
7 min	5	20	14
7/30 seg	5	20	16
Recuperación 30 seg	—	—	—
1 min	—	—	—
3 min	—	—	—

En nuestra experiencia, el uso de estos protocolos ha sido muy útil porque reduce el tiempo de esfuerzo, y como dijimos antes, reproduce mejor el tipo de actividad que realizan los niños (carreras cortas), quienes alcanzan esfuerzos máximos. Esto los diferencia del Protocolo de Bruce que es un protocolo de resistencia.

En cualquiera de los protocolos, el paciente se sujeta a la baranda de la banda deslizante, se efectúa un ECG basal, se toma la presión arterial y se monitorea el ECG de 12 derivaciones en forma constante. Durante el esfuerzo, la FC se registra minuto a minuto y la PA cada 3 minutos. Al finalizar el esfuerzo, los controles de FC y PA son en el inmediato post – esfuerzo, al minuto y a los 3 minutos; salvo que sea necesario continuar con ellos, a los 3 minutos post – esfuerzo finaliza la prueba, ya que los niños se recuperan totalmente mucho más rápido que los adultos.

El máximo esfuerzo coincide con el consumo máximo de oxígeno y la FC máxima alcanzada.

### **Causas de suspensión de la prueba**

- No patológicas:
  - Agotamiento de miembros inferiores.
  - Llanto (muy común en pediatría).
  - Negativa del paciente a seguir caminando.
- Patológicas:
  - Disnea desproporcionada al esfuerzo.
  - Taquicardia desproporcionada al esfuerzo.
  - HTA inducida por el esfuerzo (sistólica mayor de 200 mmHg y diastólica mayor de 100 mmHg).
  - Comportamiento paradójico de la PA.
  - Hipotensión arterial sistólica intraesfuerzo (interpretada como falla de bomba).
  - Rales pulmonares.
  - Cianosis, saturación de O<sub>2</sub>% menor a 55%.
  - Mareos.
  - Dolor de pecho.
  - Palidez intensa, sudoración.
  - Síncope.
  - Arritmias graves: fibrilación ventricular, taquicardia ventricular, fibrilación auricular, duplas ventriculares, taquicardia supraventricular.
  - Disminución de la FC en los bloqueos aurículoventriculares.
  - Infradesnivel del ST mayor de 3 mm o supradesnivel.

Es muy importante interrogar al paciente durante la prueba sobre la aparición de síntomas. La detención del estudio no debe ser brusca, pero es más rápida que en los adultos debido a la rápida recuperación de la FC y PA que tienen los niños.

Como se trabaja con niños de diferentes edades, en ocasiones muy pequeños, es necesario estar muy atentos durante todo el estudio. Con frecuencia los niños no manifiestan sus síntomas, por lo que se debe prestar particular atención a la aparición de signos y síntomas como disnea, tiraje, palidez, sudoración y cianosis.

### **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

Los resultados surgen de analizar la capacidad funcional, evolución de la frecuencia cardíaca, comportamiento de la presión arterial durante el esfuerzo, y saturometría, los signos y síntomas, las alteraciones del ritmo y del electrocardiograma, la cardiopatía de base y la respuesta al tratamiento.

- **CAPACIDAD FUNCIONAL (CF):** si es normal, o si está disminuida, valorar en qué porcentaje con respecto a la población normal. (para ello contamos con percentilos por sexo). El consumo máximo de  $O_2$  ( $VO_2$  Máx.) es el valor máximo alcanzado de  $VO_2$  durante el esfuerzo a partir del cual no se producen cambios aun cuando el esfuerzo continúe. Depende de la entrada, transporte, aporte, y utilización de oxígeno. Varía según la edad, el sexo, factores hereditarios, el contenido de hemoglobina y el entrenamiento. El  $VO_2$  se relaciona con el volumen minuto y con la diferencia arteriovenosa de  $O_2$ . Cuanto mayor sea el  $VO_2$  máx., mayor será la tolerancia al ejercicio prolongado. Además, el ejercicio que interesa a una masa muscular mayor produce un mayor  $VO_2$  máx.
- **FRECUENCIA CARDÍACA (FC):** La misma aumenta paulatinamente desde el comienzo del ejercicio y luego más rápidamente hasta alcanzar la FC Máxima esperada en el Máximo esfuerzo; durante los primeros 30 seg. de la recuperación la FC baja rápidamente, este hecho común en pacientes entrenados es habitual en niños pre-púberes aunque no lo estén. La FC máxima prevista en pediatría es  $200 + - 10$  Lat/min., es una constante hasta los 16 años como ha sido demostrado. Algunos también proponen 200 menos la edad del paciente. En los niños no se utiliza la Tabla de Robinson ya que no tiene valores de edad pediátrica.

El incremento de la FC que no guarda relación con el nivel de carga es un hallazgo anormal. En ocasiones, corresponde simplemente a desentrenamiento físico, en otros casos es una manifestación precoz de insuficiencia cardíaca, anemia o hipertiroidismo. La falta de incremento adecuado de la FC se llama insuficiencia cronotrópica. Las causas más comunes son el estado vagotónico, efectos medicamentosos (Ej.: betabloqueantes, amiodarona, digital), la enfermedad del nódulo sinusal, y las cardiopatías congénitas cianóticas.
- **PRESIÓN ARTERIAL (PA):** La PA sistólica se eleva aproximadamente 10 mmHg en cada etapa del ejercicio. Es habitual observar que los niños no experimenten grandes cambios de PA por la gran elasticidad de su sistema vascular. En pediatría el escaso incremento de la misma no puede ser valorado igual que en los adultos en los que puede indicar compromiso de la función sistólica.

La PA diastólica varía poco, en ocasiones se eleva algo.

En pediatría se confeccionaron Percentilos de presión arterial para niños entre 3 y 16 años, por edad y por superficie corporal que utilizamos como valores de referencia. Se informa comportamiento adecuado de la PA si está dentro de los percentilos de presión por edad o superficie corporal. Puede ocurrir que la misma sea superior al Percentilo 90, e informamos hipertensión arterial inducida por el esfuerzo. Puede haber una caída de la PAS durante el esfuerzo, causa de suspensión de la prueba por falla de bomba. Puede aumentar la presión diferencial como ocurre en las insuficiencias aórticas (aumento exagerado de la sistólica y disminución muy importante de la diastólica). Se denomina comportamiento paradójico de la PA a la falta de incremento o descenso de los valores durante el ejercicio o bien la reacción hipertensiva en el post – esfuerzo.

Es muy importante recordar que en los pacientes pediátricos, a causa de este escaso aumento de la PA con el esfuerzo, no se informa el ITTM. Es un dato que no está adaptado a la población pediátrica.
- **SATURACIÓN DE  $O_2$ :** Durante la ergometría se puede utilizar el saturómetro de pulso para medir los cambios de saturación. En pediatría es un dato indispensable en cardiopatías



congénitas cianóticas o que provoquen cianosis con el esfuerzo, como la Hipertensión Pulmonar Primaria, la Enfermedad de Ebstein, etc.

## RESULTADO EN LAS DIFERENTES PATOLOGÍAS

- **Arritmias:** se utiliza en detección, seguimiento y evaluación del tratamiento.
  - Bloqueos: Bloqueo de 1º y 2º grado, por lo general la respuesta al esfuerzo es una mejoría del grado de bloqueo. En los bloqueos de 3º grado se busca el porcentaje de aumento de la FC durante el esfuerzo; cuanto mayor porcentaje, mejor es el pronóstico. Además, en las disociaciones AV puede mejorar la conducción, o sea conducir con un grado menor de bloqueo (2º, 1º grado o sinusal), pero pueden también aparecer arritmias ventriculares o disminución de la FC con el esfuerzo, lo que significa un mal pronóstico.
  - Extrasístoles supraventriculares (ESV) o ventriculares (EV) en reposo: pueden desaparecer con el esfuerzo (benignas) o no, y hacerse más frecuentes, polimorfos y con formas repetitivas; que requieren ser más estudiadas y probablemente medicadas.
  - La taquicardia ventricular (TV) adrenérgica (taquicardia ventricular inducida por el esfuerzo) nos obliga a pensar en la necesidad de un cardiodesfibrilador.
  - Síndrome de preexcitación: se evalúa la FC en la que desaparece la conducción a través de la vía anómala. Esto tiene valor en cuanto al período refractario de la vía, la persistencia de preexcitación con FC elevadas sugiere un período refractario menor y ensombrece el pronóstico.
  - Síndrome de QT largo y síndrome de Brugada: hay que evaluar la aparición de arritmias inducidas por el esfuerzo y el comportamiento del QT.
- **Cardiopatías congénitas acianóticas:** en CIA, CIV, Ductus, anomalía parcial del retorno venoso pulmonar, y anomalía total del retorno venoso pulmonar, la capacidad funcional se encuentra dentro de límites normales. Los pacientes operados de CIA, APRVP o ATRVP pueden presentar extrasístoles supraventriculares, ritmos ectópicos o enfermedad del nódulo sinusal debido al agrandamiento de la aurícula derecha. Si se practicó un cerclaje o una ventriculotomía a un paciente operado de CIV, pueden detectarse arritmias ventriculares durante el esfuerzo.
 

En los pacientes operados de Coartación de Aorta, durante la prueba se puede detectar hipertensión arterial inducida por el esfuerzo, y si se toma la PA en miembros superiores e inferiores, se puede diagnosticar recoartación de aorta (en caso que la PAS en miembros superiores sea mayor que la presión en los miembros inferiores).
- **Cardiopatías congénitas cianóticas:** En la Tetralogía de Fallot se evalúa la CF, que si no hay patología residual importante por lo general es normal. La insuficiencia pulmonar severa es la causa más importante de disminución de la CF en este grupo de pacientes. Además, es frecuente la aparición de arritmias ventriculares y supraventriculares con distinto grado de severidad. En cuanto a los trastornos de conducción es frecuente el BCRD, a veces asociado a Bloqueo AV de 1º y en casos más raros a HBAI.

En la transposición completa de los grandes vasos operados con técnica auricular (Senning o Mustard) son frecuentes las bradicardias sinusales severas por enfermedad del

nódulo sinusal, que a veces requieren la colocación de un marcapasos definitivo. La CF, si no hay patología residual es normal, pero disminuye si hay dilatación del ventrículo sistémico con insuficiencia de la válvula aurículoventricular.

En los pacientes operados con la técnica de “Switch” la CF es normal pero hay que controlar signos de isquemia con el esfuerzo (por el reimplante de las arterias coronarias) y la aparición de arritmias ventriculares (que pueden observarse en pacientes con reestenosis pulmonar).

En la Atresia tricuspídea y en los ventrículos únicos, antes de ser operados con by pass total de ventrículo derecho, se realiza ergometría para descartar arritmias inducidas por el esfuerzo (que contraindican la cirugía) y para evaluar la CF, con el fin de determinar el momento apropiado para la intervención. En estos pacientes, la CF está severamente disminuida durante el esfuerzo con un gran descenso de la saturación de O<sub>2</sub>%. En los pacientes operados con by pass total de ventrículo derecho la CF es siempre subnormal, en la mayoría de los casos se observa insuficiencia cronotrópica y la arritmia que se asocia con más frecuencia es la Taquicardia auricular reentrante (por la gran dilatación de la aurícula derecha en los pacientes con anastomosis atriopulmonar). También se observa un ligero descenso de la saturación de oxígeno en pacientes con by pass de VD con tubo extracardiaco fenestrado.

- **Miocardiopatías:** en las hipertróficas se evalúa la CF y la detección de arritmias con el esfuerzo (indicador pronóstico).

En las miocardiopatías dilatadas la CF puede estar disminuida, la FC aumenta rápidamente con el esfuerzo, ya que la contractilidad miocárdica alterada hace que estos pacientes no puedan mantener un volumen minuto adecuado durante el esfuerzo.

- **Valvulopatías:** se evalúa la CF, el comportamiento de la PA (caída, incremento de la diferencial) y la aparición de signos (ritmo de galope, rales crepitantes, cambios electrocardiográficos y arritmias) y síntomas (disnea, dolor precordial, palpitaciones) considerados indicadores pronósticos que se tienen en cuenta a la hora de indicar un procedimiento quirúrgico. En la estenosis aórtica se da gran importancia a la determinación de isquemia (desnivel del ST mayor de 2 mm con 0,08 s de duración) y síntomas (disnea, dolor precordial y palpitaciones).
- **Enfermedad de Ebstein:** se puede observar disminución de la CF, aumento de la cianosis (por incremento de la presión en la aurícula derecha y cortocircuito a través del foramen oval), objetivada por saturimetría, y también pueden observarse arritmias supraventriculares (por dilatación de la aurícula derecha).
- **Enfermedad de Kawasaki:** se evalúan principalmente signos de isquemia (desnivel ST).

## COMPORTAMIENTO DEL CORAZÓN ANTE EL ESFUERZO

### Diferencias entre el niño y el adulto

Las diferencias fisiológicas entre el niño y el adulto se relacionan con las etapas del crecimiento y el desarrollo del menor.

Durante el crecimiento hay un aumento del consumo de oxígeno, del gasto cardíaco y de la capacidad para el esfuerzo. El volumen minuto de un niño es menor que el del adulto y está compensado por una mayor diferencia arterio-venosa, el volumen sistólico es más bajo y la frecuencia cardíaca más alta.

La capacidad funcional va variando con la edad y el crecimiento, lo mismo que la presión arterial; en cambio, la frecuencia cardíaca máxima en el esfuerzo es constante, mientras que en los adultos tiende a disminuir con los años.

La presión arterial sistólica en reposo tiene relación directa con la superficie corporal y con la edad, durante el esfuerzo aumenta en cada etapa entre 3 y 8 mmHg; esto en el adulto se considera insuficiencia inotrópica.

El desnivel del segmento ST en el niño es poco frecuente, ya que la enfermedad coronaria constituye una rareza (salvo en la anomalía de implantación de la coronaria izquierda y Enfermedad de Kawasaki). En los adultos el principal objetivo es la detección de isquemia miocárdica.

En el niño no se calcula el ITT o doble producto, ya que por el escaso aumento de la presión arterial no resulta significativo.

El aumento exagerado de la frecuencia cardíaca, igual que en el adulto, puede deberse a falta de entrenamiento, aumento de las catecolaminas o insuficiencia cardíaca.

La incapacidad para incrementar la frecuencia cardíaca durante el esfuerzo o no llegar a la máxima prevista (salvo en los atletas), puede tener varias causas: efectos farmacológicos, hipertonía vagal, enfermedad del nódulo sinusal, y cardiopatías cianóticas operadas.

En el niño y en el adulto, la caída de la presión arterial en el intraesfuerzo evidencia compromiso de la función ventricular. La falta de incremento de la presión arterial, el descenso en el intraesfuerzo, o la hipertensión arterial en el posesfuerzo, se denominan comportamiento paradójico de la presión arterial.

## **COMPORTAMIENTO DEL CORAZÓN EN EL POST ESFUERZO**

### **Diferencias entre el niño y el adulto**

La frecuencia cardíaca en el primer minuto de la recuperación baja entre  $60 \pm 20$  latidos, continuando el descenso hasta llegar a los valores basales. Como en el adulto, en el niño no entrenado se puede observar recuperación tardía.

La presión arterial en el reposo tiene descenso paulatino y alcanza cifras menores que las basales. En el adulto, generalmente, comienza a recuperarse al tercer minuto del posesfuerzo.

## **4. E. 4. DEPORTES**

---

La prueba ergométrica graduada (PEG), puede ofrecer información valiosa para conocer el estado del deportista en lo referente a su aptitud cardiovascular y eventuales limitaciones de origen cardiovascular para la práctica deportiva, como así también permite conocer aspectos relacionados con la "performance" deportiva especialmente en deportes con alta demanda del sistema aeróbico. Los datos aportados por la PEG pueden además utilizarse para la planificación y seguimiento del entrenamiento.

Para cumplir con estos objetivos es necesario considerar algunos puntos relevantes en la confección del informe final de la PEG de un deportista (1, 2, 3, 4).

### **APTITUD CARDIOVASCULAR PARA LA PRÁCTICA DEPORTIVA**

En el desarrollo de este consenso se ha comentado extensamente la utilidad de la PEG, como herramienta de diagnóstico y pronóstico en diferentes cardiopatías, por lo que no nos

extenderemos en este punto. En el informe final de la PEG de un deportista, este aspecto debe contemplarse señalando si la misma evidencia alguna patología y potenciales límites para la práctica deportiva. Del mismo modo, si la patología lo requiere, señalar la carga ergométrica en la que se manifiesta la misma (capacidad funcional límite). Se sugiere la utilización del Consenso “Corazón y Deporte” publicado por El Comité de Cardiología y Deporte (Sociedad Argentina de Cardiología) para la prescripción de la actividad física utilizando la PEG.

- **Ergómetro:** El tipo de ergómetro utilizado es determinante para que los datos relacionados con la “performance” deportiva sean representativos de la realidad del atleta; como ya se describió al referenciar los protocolos ergométricos para deportistas, es necesario utilizar el ergómetro más específico posible. En el informe final se debe especificar las características del ergómetro con el que se realizó la prueba.
- **Protocolo:** El protocolo debe ser detallado de manera clara en lo referente a duración de la prueba, duración y carga de trabajo de cada etapa, evolución de cada variable medida en cada etapa. Es importante que el protocolo reproduzca de la forma más cercana posible la exigencia a la que el deportista es sometido en su actividad.
- **Estado del sujeto:** es importante conocer la adaptación y cooperación del atleta a la prueba, entrenamiento en las últimas 48hs, así también síntomas que eventualmente el atleta refiera. Informar si el ejercicio fue máximo o, submáximo.
- **Consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2\text{máx}}$ ):** El mismo se puede determinar de manera directa o indirecta, mediante fórmulas descriptas al hablar de protocolos. Su valor se relaciona directamente con la “performance” aeróbica del atleta, se puede expresar en  $ml/minuto$ , METS o en  $ml/kg.min$  siendo esta última la modalidad más utilizada en el deporte.
- **Umbral anaeróbico:** Se determina cuando la medición del  $VO_{2\text{máx}}$  se realiza en forma directa, su valor es importante para conocer el nivel de “performance” aeróbica, permite en tests sucesivos evaluar la respuesta al entrenamiento de dicha capacidad; del mismo modo este parámetro puede ser usado en la planificación del entrenamiento.
- **Velocidad aeróbica máxima (VAM):** es la velocidad a la que se alcanza el  $VO_{2\text{máx}}$ , de utilidad en la prescripción del entrenamiento y en el seguimiento del atleta en test sucesivos, da información acerca de la eficiencia mecánica del deportista.
- **Velocidad umbral:** es la velocidad en la que ocurre el punto de inflexión en la curva de  $VO_{2\text{máx}}$  (umbral anaeróbico), de utilidad en la prescripción del entrenamiento y en el seguimiento de la evolución del atleta.
- **Frecuencia cardíaca máxima:** el conocimiento de la frecuencia cardíaca máxima del test, nos informa si el atleta alcanzó su máxima exigencia cardiovascular, y es un parámetro muy útil en la prescripción y monitoreo del entrenamiento.
- **Frecuencia cardíaca umbral:** se refiere al valor de la frecuencia cardíaca cuando se alcanza el umbral anaeróbico, se utiliza en la prescripción de las cargas de entrenamiento. Su valor es algo discutido debido a la influencia de otros factores en el aumento de la frecuencia cardíaca que acompaña al incremento del  $VO_{2\text{máx}}$  durante el ejercicio. (descarga adrenérgica, hidratación, temperatura y humedad ambiente, etc.)
- **Recuperación de la Frecuencia Cardíaca:** este dato tiene valor en la valoración del estado aeróbico del evaluado y del progreso en el desarrollo de esta cualidad; un descenso en 20 – 25 latidos en el primer minuto de recuperación es considerado como

óptimo. Del mismo modo la falta de descenso de la FC en el primer minuto se asocia a un mayor riesgo de evento cardiovascular. Se debe informar el valor de FC hasta el 5° minuto de recuperación.

- **Pulso de oxígeno (VO<sub>2</sub>/FC):** se obtiene simplemente dividiendo el VO<sub>2</sub> máximo por la frecuencia cardíaca máxima; nos indica los mililitros de oxígeno consumidos por latido cardíaco y es indicador de la eficiencia cardiovascular del atleta.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Comité de Cardiología del Deporte del Consejo de Ergometría y Rehabilitación Cardiovascular “Dr. José Menna”. Consenso Corazón y Deporte. Rev Argent Cardiol 2007; 75 Supl 4: 1-30.
2. Medicina, Ejercicio y Deportes. Roberto Peidro, Arnaldo Angelino. Centro Editor de la Fundación Favalaro 1996.
3. Manual de Pruebas de ejercicio y Rehabilitación Cardíaca y pulmonar. Dr Donald Zabala, Dr. Juan Antonio Mazzei. Centro Editor de la Fundación Favalaro 1996.
4. Fisiología de la Actividad Física y del deporte. Javier Gonzalez Gallego. Interamericana McGraw-Hill 1992.
5. Fisiología del esfuerzo y del deporte. Jack Wilmore – David Costill 6ta edición. Editorial Paidotribo 2006.

## 4. E. 5. ARRITMIAS

---

### A. BRADIARRITMIAS

La prueba ergométrica tiene una importancia capital en *las bradiarritmias* ya que permite evaluar en forma objetiva a los pacientes con enfermedad del nódulo sinusal y/o bloqueo AV. En el primer caso se estudia la reserva cronotrópica, **por lo que se debe informar la frecuencia auricular máxima alcanzada durante la prueba.**

En el bloqueo AV interesa la medición del intervalo AV. Si durante el esfuerzo se observa una disminución del intervalo AV se considerara que el bloqueo es suprahisiano. La presencia de un bloqueo de 2 grados tipo Movitz I a baja frecuencia auricular o el Movitz 2 indicarán un deterioro de la conducción supra o infrahisiano pero que en cualquier caso requerirá atención.

**Debe informar frecuencia máxima y la medición del intervalo AV con respecto al ECG basal.**

### B. TAQUIARRITMIAS WPW

#### FA

#### TV En corazón sano, en cardiopatía y en el QT.

La prueba ergométrica tiene poco valor en el diagnóstico de las *taquicardias supraventriculares*, excepto que estén relacionadas con el esfuerzo físico.

En el caso del *síndrome de WPW* la ergometría puede aportar datos útiles. La presencia de una preexcitación intermitente en el ECG basal o la prolongación del intervalo PR con desaparición brusca de la onda delta durante el ejercicio indica un período refractario

anterógrado de la vía accesoria largo, generalmente superior a 300 msg, por lo tanto, una baja probabilidad de muerte súbita por conducción rápida de taquiarritmias supraventriculares a través de la vía accesoria. Sin embargo, aunque se considera que la prueba de esfuerzo es el mejor método no invasivo para la evaluación del riesgo de muerte súbita en pacientes con síndrome de Wolff-Parkinson-White, se han descrito casos con bloqueo anterógrado de la vía accesoria durante el ejercicio, con respuestas ventriculares rápidas durante la fibrilación auricular.

**El informe debería constar de la presencia de preexcitación basal, intermitente o no y la frecuencia a la cual se alcanza la desaparición de la misma, relatando la forma brusca o no y el PR medido y comparado con el basal.**

*La fibrilación auricular* es una de las arritmias más frecuentes que se presentan en la clínica diaria y muchas veces es necesario establecer la eficacia de un tratamiento.

Los estudios han demostrado que en los pacientes de más de 60 años, con factores de riesgo de recurrencia de FA, el control de frecuencia es igual de beneficioso que el control de ritmo, por lo que la evaluación del control de la frecuencia es importante tanto en reposo como en esfuerzo, y conocer la capacidad física en estos pacientes y su correlación con la frecuencia cardíaca alcanzada puede ser de máxima utilidad.

**El informe debe constar de FC Basal, Máxima y la capacidad física del paciente, para poder realizar un buen seguimiento de estos parámetros.**

La utilidad de la ergometría en el estudio de la *Taquicardia Ventricular* se basa en su reproducibilidad, por lo que en el caso de las TV sin cardiopatía la utilidad es máxima y se debe informar frecuencia, modo de inicio, eje eléctrico, imagen de bloqueo de rama en el caso de las monomorfas, su característica autolimitada o no, repetitiva o no, y tolerancia clínica. Para ello es imprescindible la realización de un registro en 12 derivaciones. Se incluyen en esta categoría las TV del tracto de salida, las fasciculares con origen en ventrículo izquierdo, y las polimórficas en los síndromes de QT.

En el caso de las TV con cardiopatía estructural, la presencia de esta arritmia permite una estratificación más adecuada a cada patología. **Se debe informar: Su aparición con el esfuerzo o durante la recuperación, síntomas asociados, alteraciones isquémicas del segmento ST y si es sostenida y/o autolimitada, monomorfa o polimorfa.**

**En los pacientes con QT se debe informar el QT corregido con la fórmula de Bazet basal y compararlo con el QT en la máxima frecuencia alcanzada, así como se debe informar la aparición de arritmias con el esfuerzo.**

**En el informe debe constar frecuencia, modo de inicio, eje eléctrico, imagen de bloqueo de rama en el caso de las monomorfas, su característica autolimitada o no, repetitiva o no y tolerancia clínica.**

## C. MARCAPASOS VVI

DDD

CRT

**Defibriladores**

*Los marcapasos* presentan distinto modo de estimulación, lo que hace al informe particular dependiendo del tipo de marcapaso que se esté estudiando. Por lo que la lectura del marcapaso ayuda a la comprensión de los fenómenos que ocurren durante la prueba.

En el caso de los marcapasos VVIR (marcapasos que estimulan y sensan solo en el ventrículo y permiten una aceleración de la frecuencia cardíaca por intermedio de distintos sensores) **interesará conocer la frecuencia auricular y compararla con la frecuencia del dispositivo**, con lo cual podremos adaptar la respuesta en frecuencia del marcapaso a los requerimientos del organismo, ya que la frecuencia sinusal es el mejor sensor. **También será de interés conocer si la frecuencia máxima o la mínima es alcanzada por su ritmo propio o por el marcapaso.**

En el caso de los marcapasos DDDR el operador **deberá informar la frecuencia cardíaca máxima alcanzada por la aurícula** con seguimiento 1:1 por el ventrículo, y en el caso de presentarse un 2:1 de inicio brusco informarlo, así como **en el caso de presentar un seudo Wenckebach del marcapaso informar a qué frecuencia auricular lo realizó.** Muchas veces estos eventos se aprecian mejor durante la recuperación.

**Informar si el PR** es inadecuadamente largo y se observa una caída de la TA en cuyo caso podemos estar en presencia de un síndrome de marcapaso.

Raramente se puede ver una **taquicardia mediada por marcapaso, en cuyo caso el ventrículo es marcapaseado a la frecuencia máxima programada**, la cual prosigue luego de cesado el esfuerzo cortándose solo por algún mecanismo de protección del marcapaso, por la utilización de un imán o raramente espontáneamente de un latido a otro.

**Los marcapasos para resincronización ventricular, tricameral**, cumplen con las mismas expectativas que los DDD y además se espera que mejoren la suficiencia cardíaca, para lo cual es importante que pueda marcapasear ambos ventrículos más del 90% del tiempo. **Por lo tanto, es muy importante distinguir si en la máxima FC están estimulados el VD y el VI. Para ello la imagen típica en V1 y el eje eléctrico, son de fundamental importancia.**

Los pacientes con disfunción del nódulo sinusal generalmente tienen marcapasos con Respuesta en Frecuencia (VVIR o DDDR) y la valoración en una prueba ergométrica se limita a verificar el ascenso de la frecuencia cardíaca y la mejor capacidad funcional posible para el paciente.

En el caso de **los defibriladores se debe medir la frecuencia máxima sinusal**, ya que en la mayoría de los casos se utiliza la prueba para corroborar que no exista una superposición entre la frecuencia máxima del paciente en ritmo sinusal y la de la arritmia con la finalidad de evitar los choques inadecuados.

**En el caso de los marcapasos y los defibriladores es de importancia contemplar: Frecuencia A, Frecuencia V, Frecuencia de espiga A, Frecuencia de espiga V y la relación entre ellas.**

**En todos los casos se puede verificar la presencia de arritmias ya sean estas supraventriculares o ventriculares, en cuyo caso cabe informar el tipo de arritmia, su frecuencia, la morfología de la onda P en las primeras y la morfología del QRS en las segundas (ej: imagen de Bloqueo de rama derecha eje a, etc.).**





# RESUMEN GENERAL

## PROTOCOLOS EN ERGOMETRÍA

### 1. A. PROTOCOLOS EN ENFERMEDAD CORONARIA

#### ▪ Clase 1

Pacientes con dolor precordial, para diagnosticar enfermedad coronaria con probabilidad pretest intermedia (nivel de evidencia A). Usar Protocolo de Bruce en Banda y de Astrand en bicicleta. En ancianos o con baja capacidad funcional, usar Protocolo de Bruce Modificado o Sheffield.

#### ▪ Clase 2

Pacientes con dolor precordial, para diagnosticar enfermedad coronaria con probabilidad baja o alta (nivel de evidencia B). Usar Protocolo de Bruce en Banda y de Astrand en bicicleta. En ancianos o con baja capacidad funcional, usar Protocolo de Bruce Modificado o Sheffield y de Astrand o de Storer-Davis en bicicleta.

#### ▪ Clase 3

Pacientes con electrocardiograma basal alterado, ej.: Marcapaso , BCRizq , etc.

### 1. B. PROTOCOLOS EN INSUFICIENCIA CARDÍACA

#### ▪ Clase I (evidencia C)

- a. En pacientes con baja capacidad funcional, descartar presencia de cardiopatía isquémica asociada o para el ingreso a un plan de RHCV, usar protocolo de Naughton en banda o *de Storer-Davis en bicicleta*.
- b. Evaluación de pacientes para ser puestos en lista para trasplante: usar test con medición de consumo directo de oxígeno con protocolo de rampa fija.

#### ▪ Clase II (evidencia B)

- a. En pacientes con muy baja capacidad funcional usar protocolo de Naughton Modificado en banda o Astrand Modificado o de Storer-Davis en bicicleta. Evaluación objetiva de la CF para clasificar los pacientes de mayor riesgo.
- b. Evaluación del pronóstico, reevaluación de pacientes en lista de espera de trasplante, usar Test con medición de consumo directo de oxígeno con protocolo de rampa fija.

#### ▪ Clase III

Contraindicado en pacientes con insuficiencia cardíaca descompensada.

## 1. C. PROTOCOLOS DE ENFERMEDAD VALVULAR

### Insuficiencia Mitral

- **Clase I**  
Evaluar la capacidad funcional y tolerancia al ejercicio de pacientes con insuficiencia mitral severa, asintomático y con función sistólica del ventrículo izquierdo conservada **(C)**.  
Pacientes con insuficiencia mitral severa y síntomas de difícil caracterización **(C)**.
- **Clase II**  
Pacientes asintomáticos, con insuficiencia mitral moderada y función sistólica conservada **(C)**.
- **Clase III**  
Pacientes sintomáticos con insuficiencia mitral severa **(C)**.

### Estenosis Mitral

- **Clase I**  
Evaluación dificultosa de la capacidad funcional por el interrogatorio **(C)**.  
Falta de la correlación entre síntomas y la gravedad de la enfermedad **(C)**.
- **Clase III**  
Capacidad funcional bien definida **(C)**.

### Insuficiencia aórtica

- **Clase II**  
Evaluación de la capacidad al ejercicio en pacientes con insuficiencia aórtica crónica moderada-severa, oligosintomáticos o sintomáticos **(B)**.  
Evaluación de la capacidad funcional en pacientes con insuficiencia aórtica moderada-severa en quienes la verdadera clase funcional es difícil de definir **(B)**.
- **Clase III**  
Insuficiencia severa aórtica sintomática bien definida **(C)**.  
Diagnóstico y estratificación de la enfermedad coronaria asociada **(C)**.

### Estenosis aórtica

- **Clase I**  
Estenosis aórtica leve a moderada y síntomas de dudosa etiología **(B)**.  
Estenosis aórtica severa asintomática en pacientes sedentarios **(C)**.
- **Clase II**  
Estenosis aórtica severa asintomática en pacientes físicamente activos **(C)**.  
Estenosis aórtica moderada asintomática **(B)**.
- **Clase III**  
Estenosis severa sintomática **(C)**.  
Diagnóstico de enfermedad coronaria asociada **(B)**.

### Protocolos más empleados

En pacientes con buena capacidad funcional, asintomáticos y con valvulopatías caracterizadas por ecocardiografía como leves, se pueden emplear protocolos convencionales. Aquellos con buena capacidad funcional con valvulopatía severa por eco, síntomas atípi-

cos, capacidad funcional de difícil evaluación y valvulopatías moderadas a severas, deben ser sometidos a pruebas lentas y progresivas como:

Ellestad modificado, Bruce modificado, Naughton modificado, con protocolos de 5 min de duración entre carga y carga, o protocolos tipo rampeados con puesta en calor de 3 min y luego incrementos minutados de 60 kgm, tanto en banda como en cicloergómetro.

### 1. C. PROTOCOLOS EN UDT Y GUARDIA

#### ▪ Clase I

Pacientes que consultan a la guardia por dolor precordial que evolucionan asintomáticos sin inestabilidad hemodinámica y sin anomalías en los marcadores cardíacos ni cambios electrocardiográficos después de 6 horas de observación y con ECG de características normales (**evidencia B**). Usar Protocolo de Bruce o de Astrand.

#### ▪ Clase II

Pacientes que consultan a la guardia por dolor precordial que evolucionan asintomáticos sin inestabilidad hemodinámica y sin anomalías en los marcadores cardíacos con cambios electrocardiográficos inespecíficos y después de 6 horas de observación (**evidencia C**). Usar Protocolo de Bruce o de Astrand.

#### ▪ Clase III

Pacientes con ECG alterado de base como BCRI, HVI, WPW, etc.

Pacientes con criterios de alto riesgo:

- Inestabilidad hemodinámica
- Arritmias graves
- Enfermedad cardíaca o pulmonar severa
- Evidencias de SCA

### 1. E. PROTOCOLOS CHEQUEO PREVENTIVO

#### ▪ Clase I

Pacientes de alto riesgo que incluyen aquellos con antecedentes de enfermedad arterioesclerótica (arteriopatía periférica, aneurisma de aorta abdominal, TIA, enfermedad carotídea), pacientes de edad media o añosos con DBT II o múltiples factores de riesgo, en plan de ejercicios (**evidencia A**).

Valoración de pacientes diabéticos de cualquier edad, en plan de realización de actividad física (**evidencia A**).

Varones de más de 45 años y mujeres de más de 55 años en plan de realización de actividad física vigorosa, riesgo laboral que implique la seguridad pública u otro riesgo vascular: IRC, DBT (**evidencia B**).

#### ▪ Clase IIa

Pacientes con múltiples factores de riesgo en quienes la terapéutica de reducción de riesgo desea ser monitoreada (**evidencia B**).

#### ▪ Clase III

Uso de screening rutinario en la totalidad de la población.

Los protocolos a emplear suelen ser de etapas de 2 minutos cada una:

- En ciclo-ergómetros:
  - Se suele comenzar con pedaleo libre, “etapa de precalentamiento”.

Incremento de 300 gm/min en pacientes bien entrenados o 150 kgm min en pacientes con baja clase funcional o de bajo riesgo.

- En cicloergómetros electromecánicos se pueden realizar etapas de 200 kgm
- En cinta los protocolos más utilizados son:  
Bruce, para pacientes entrenados  
Bruce modificado, para aquellos no entrenados.

## 1. F. PROTOCOLOS EN REHABILITACIÓN

### ▪ Clase I: Ergometría en Rehabilitación Cardiovascular.

#### A. Pacientes que ingresan a un Programa de Rehabilitación Cardiovascular:

a quienes se les prescribe un programa de ejercicios físicos.

##### 1. Prueba Ergométrica Graduada limitada por síntomas:

Antes de iniciar el programa, con el objeto de:

- Determinar la Capacidad Funcional Útil.
- Establecer la intensidad de ejercicio del tratamiento en forma segura y eficaz.
- Determinar el nivel requerido de vigilancia y supervisión durante las sesiones.
- Proporcionar información al paciente.

##### 2. En los pacientes que no tienen una prueba ergométrica previa a su ingreso:

Se debe trabajar con frecuencias cardíacas que no superen los 20 a 30 latidos por arriba de la frecuencia cardíaca basal y deben ser monitorizados. Igualmente se debería insistir que todo paciente tenga una evaluación funcional antes de comenzar el tratamiento.

##### 3. Tipos de Protocolos a utilizar:

La prueba ergométrica debe ser graduada, con períodos de 3 minutos en cada etapa o con protocolos rampeados en pacientes de baja capacidad funcional.

Los Protocolos más utilizados son:

- En treadmill:  
Bruce, Bruce modificado, Naughton, Balke Ware.
- En cicloergómetro:  
Utilizar etapas de 3 min, con cargas progresivas escaleriformes de a 150 kgm por etapa.
- Siempre el test empleado se elegirá de acuerdo a las características clínicas de cada paciente.

#### B. Indicación de Ergometría en pacientes ya dentro de un plan de Rehabilitación Cardiovascular, para la progresión de la intensidad de trabajo.

En períodos de cada 15 semanas se debe re-estratificar a nuestros pacientes, con el objeto de re-diseñar la estrategia de entrenamiento.

Durante la fase II se pueden realizar Test de ejercicios detenidos por síntomas, test farmacológicos o sensibilizados.

Durante las fases III y/o IV se los puede dividir por clase funcional o por tipo de calistenia prescrita.

En los pacientes en calistenia III, se recomienda un control bimensual.

En lo pacientes en calistenia II, la re-estratificación durante el primer año debe ser como máximo semestral.

En los pacientes en calistenia I o a partir del primer año y cardiológicamente estables, el primer año semestral y luego anual.

## 1. G. PROTOCOLOS EN DIFERENTES DEPORTES

### ▪ Clase I

Este tipo de situación se encuentra en los casos de individuos sanos activos o sedentarios, situación antes verificada por el examen de salud.

**Deportes cíclicos, predominantemente aeróbico:** son aquellos que repiten los ciclos de movimiento en forma sistemática. Permiten ser más predecibles en los test de Consumo Máximo de  $VO_2$  máx.

**Deportes Acíclicos, combinación de diferentes porcentajes de ambos sistemas, aeróbicos-anaeróbicos:** Pertenece a estos la mayoría de los deportes de conjunto y de lucha. Los test de Consumo Máximo de  $VO_2$  máx, son más variables dependiendo del tipo de juego y puesto.

### ▪ Clase II

**Ila.** En los casos de pacientes que presentan factores de riesgo o en casos de prevención secundaria con clases funcionales más de 7 METS. Usar Protocolo de Bruce en banda o de Astrand en Bicicleta.

**Ilb.** En los casos de prevención secundaria con baja capacidad funcional, con capacidad inferior a 7 METS. Usar Protocolo de Bruce Modificado o Astrand Modificado.

### ▪ Clase III

Corresponde a quienes en el examen de salud tengan una capacidad inferior a 4 METS, ya que este capítulo se refiere a los protocolos que pertenecen a la práctica de deportes y no hay ninguno que se encuentre encuadrado en esta característica.

## ERGOMETRÍA EN LOS DIFERENTES MÉTODOS

### 2. A. ECOSTRESS

#### ▪ Clase I

Diagnóstico, estratificación de riesgo y pronóstico de la cardiopatía isquémica, especialmente con pretest de probabilidad intermedia de enfermedad coronaria.

Evaluación de dolor de pecho con ECG no interpretable o con PEG previa con resultado equívoco.

Estratificación de enfermedad valvular asintomática cuando hay disociación entre síntomas y severidad de la valvulopatía.

Evaluación de función diastólica en paciente con disnea de causa desconocida.

#### ▪ Clase II

Post síndrome coronario agudo en pacientes de riesgo bajo o intermedio (con paciente estabilizado).

Evaluación de viabilidad (únicamente con bicicleta supina).

Valoración riesgo pre-operatorio (si tiene capacidad de hacer ejercicio).

Pacientes con antecedentes de revascularización luego del año de la intervención.

En pacientes coronarios estables, controles cada 2 años.

- **Clase III**

Ventana ultrasónica subóptima e imposibilidad de utilizar contraste.  
 Paciente con muy baja capacidad o con imposibilidad de realizar ejercicio.  
 Pacientes asintomáticos con bajo riesgo de enfermedad coronaria.  
 Valvulopatía severa sintomática.  
 Estenosis aórtica con disfunción sistólica severa.  
 Inestabilidad hemodinámica.  
 IAM en las primeras 72 h.  
 Angina inestable.  
 Severa hipertensión.  
 Anemia.  
 Miocarditis aguda.

## 2. B. CAMARA GAMA

- **Clase I**

**Detección de enfermedad arterial coronaria en:** pacientes con una probabilidad pre-test intermedia de EAC basada en la edad, el género y los síntomas y en pacientes con factores de riesgo alto para enfermedad coronaria (por ejemplo, diabetes mellitus, o enfermedad vascular periférica o cerebral) **(evidencia A)**.

**Estratificación de riesgo en pacientes post infarto de miocardio:** antes del alta (prueba Submáxima entre 4-6 días post IAM), precoz (síntoma limitado entre 14-21 días) o tardía (síntoma limitado a 3-6 semanas) después del alta **(evidencia A)**.

**Estratificación del riesgo de los pacientes** con EAC estable y crónica en una categoría de bajo riesgo que puede ser manejado médicamente, o en una categoría de alto riesgo que deben considerarse para la revascularización coronaria **(evidencia A)**.

**Estratificación de bajo riesgo en pacientes con síndrome coronario agudo** (sin isquemia activa y / o insuficiencia cardíaca 6-12 horas después de la presentación) y en los pacientes de riesgo intermedio 1-3 días después de la presentación (sin isquemia activa y / o síntomas de insuficiencia cardíaca) **(evidencia A)**.

**Estratificación del riesgo antes de la cirugía no cardíaca** en pacientes con EAC o aquellos con factores de riesgo con elevada probabilidad de EAC **(evidencia A)**.

- **Clase II**

Para evaluar la eficacia de intervenciones terapéuticas (drogas anti-isquémicas o terapia de revascularización coronaria) y en el seguimiento posterior basando el riesgo en los hallazgos de la perfusión miocárdica en pacientes con EAC conocida Nivel de **evidencia A**.

- **Clase III**

Angina inestable de alto riesgo. Sin embargo, los pacientes con sospecha de angina inestable en la presentación, que permanecen estables y sin dolor, pueden someterse al ejercicio.

Insuficiencia cardíaca congestiva descompensada o mal controlada.

Hipertensión arterial no controlada (presión arterial >200/110 mmHg).

Arritmias cardíacas no controladas (sintomática o con compromiso hemodinámico).

Estenosis aórtica grave sintomática.

Embolia pulmonar aguda.

Miocarditis aguda o pericarditis.  
 Disección aórtica aguda.  
 Hipertensión pulmonar severa.  
 Infarto agudo de miocardio (<4 días).

## 2. C. CONSUMO DE OXÍGENO

### ▪ Clase I

#### sanos (evidencia A)

Disnea sin causa orgánica demostrada.  
 Deportistas en los que se desea precisar su capacidad aeróbica y el efecto del entrenamiento.

#### Con enfermedad pulmonar (evidencia B)

Medición del grado de limitación funcional.  
 Cuantificar la relación entre la ventilación y la perfusión: V/Q.  
 Evaluación de la desaturación arterial durante el ejercicio.  
 Valoración del riesgo en la cirugía torácica.  
 Asma inducido por el ejercicio.

#### Con enfermedad Cardíaca (evidencia C)

Evaluación pre trasplante cardíaco.

### ▪ Clase IIa

#### Con enfermedad cardíaca (evidencia B)

Valoración de la respuesta al tratamiento en la insuficiencia cardíaca.  
 Prescripción y valoración de resultados de planes de rehabilitación.  
 Como complemento, en la decisión del tiempo quirúrgico en las valvulopatías.  
 Valoración del grado de incapacidad laboral.

## 2. D. VENTILÓMETRO/OXIMETRÍA

### VENTILOMETRÍA

### ▪ Clase I

1. Determinar disfunción ventilatoria en enfermedad cardíaca (B).
1. Determinar ventilación pulmonar máxima y umbral ventilatorio en actividades físicas deportivas recreativas (B).

### ▪ Clase II A

1. Determinar disfunción ventilatoria en enfermedad pulmonar (B).
1. Determinar ventilación pulmonar máxima y umbral ventilatorio en actividades físicas deportivas competitivas (B).

### ▪ Clase II B

1. Determinar disfunción ventilatoria subclínica por microangiopatía pulmonar en la diabetes (C).

### ▪ Clase III

Determinar enfermedad cardiopulmonar.

### OXIMETRÍA

### ▪ Clase I

1. Determinar hipoxemia inducida por el ejercicio (A).

1. Determinar nivel de saturación de oxígeno en esfuerzo para programar rehabilitación pulmonar con o sin suplementación de oxígeno **(A)**.
- **Clase II A**
  1. Disnea de causa indeterminada **(B)**.
  1. Determinar hipoxemia en enfermedad pulmonar crónica obstructiva y/o restrictiva **(A)**.
- **Clase II B**
  1. Evaluar existencia de arritmias y/o isquemia miocárdica en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas obstructivas y/o restrictivas **(C)**.
- **Clase III**  
Determinar enfermedad cardiopulmonar.

## 2. E. TEST DE MARCHA

- **Clase I (evidencia A)**  
Tiene buena correlación con el consumo de oxígeno máximo ( $VO_2$  máx) y con la calidad de vida relacionada con la salud. Es predictora de morbimortalidad en EPOC, Hipertensión pulmonar e Insuficiencia cardíaca ya que evalúa la capacidad funcional, que es un fuerte predictor

## ERGOMETRÍA EN POBLACIONES ESPECIALES

### 3. A. CDI/WPW/RESINCRONIZADORES CDI Y RESINCRONIZADORES

- **Clase IIb**  
Para evaluar la adecuada programación de la respuesta en frecuencia de los marcapasos, para analizar la seguridad de los cardiodesfibriladores (en particular en pacientes con choques espúreos sin causa aparente) y para documentar la persistencia de estimulación del ventrículo izquierdo o de la estimulación biventricular durante el esfuerzo en pacientes con dispositivos de resincronización **(evidencia B)**.
- **Clase III**  
Como práctica de rutina en pacientes portadores de dispositivos implantables. W.PW.
- **Clase IIa**  
A la **desaparición súbita de la onda delta** entre un latido y el latido siguiente, quedando de manifiesto el bloqueo anterógrado del haz accesorio y el avance de los impulsos exclusivamente a través del sistema His-Purkinje. La frecuencia cardíaca a la que ello ocurre se correlaciona con el período refractario efectivo (PRE) anterógrado del haz accesorio **(evidencia B)**.

### 3. B. TRASPLANTE CARDÍACO

- **Clase IIa**  
Los protocolos de ergometría más recomendados son aquellos que incrementan las etapas en forma más lenta (incrementos de velocidad cada 5 minutos y menos pendiente). Es por ello que los protocolos para valvulares y escaleriformes son los indicados para esta población, si se considera la necesidad de realizar la actividad



física en forma progresiva debido a la denervación, las primeras evaluaciones deben ser realizadas como mínimo luego de 6 meses de realizado el trasplante, debido a la necesidad de una recuperación de la masa muscular, mejor acondicionamiento físico y a todos los inconvenientes que padece el paciente en esos primeros meses (desnutrición pretrasplante, pérdida de peso, pérdida de masa muscular, cirugía, drogas inmunosupresoras, etc.). Al igual que en el individuo no trasplantado, la caída de la presión arterial, o una disminución de la frecuencia cardíaca pueden implicar enfermedad coronaria grave.

En la competencia internacional (World Transplant Game Federation) se solicita un mínimo de 11 meses posteriores al trasplante para poder competir en alguna de las actividades de esta competencia y es el plazo establecido para poder realizar una ergometría de capacidad, así como para comenzar activamente con el entrenamiento deportivo.

### **3. C. EPOC Y ENFERMEDADES RESPIRATORIAS**

#### **Pruebas Progresivas en Esfuerzo (PPE)**

##### **▪ Clase I (evidencia B)**

- Evaluación de la tolerancia al ejercicio y potenciales factores limitantes del mismo.
- Identificación de la limitación y discriminación entre las causas de la intolerancia.
- Discriminación entre disnea de causa respiratoria y cardíaca.
- Estudio de disnea no explicada por pruebas en reposo.
- Valoración clínica, funcional y pronóstica en enfermedades respiratorias crónicas: enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), enfermedad vascular pulmonar, fibrosis quística, intersticiopatía.
- Valoración de grado de discapacidad.
- Diagnóstico de asma inducido por ejercicio.
- Prescripción de esquemas de rehabilitación respiratoria.
- Valoración del riesgo preoperatorio de causa pulmonar en: cirugías resectivas pulmonares, cirugías cardíacas centrales y en cirugías extratorácicas.
- Evaluación de trasplante pulmonar y cardiopulmonar.
- Valoración de los efectos de una intervención terapéutica farmacológica y no farmacológica.

#### **Prueba de marcha o caminata de 6 minutos**

##### **▪ Clase I (evidencia A)**

- La distancia recorrida predice supervivencia en la EPOC independientemente de otras variables y distingue pacientes con mayor porcentaje de ingresos hospitalarios por agudización.
- Posee alto valor predictivo de evolución postoperatoria en cirugía de reducción volumétrica pulmonar (CRVP).
- Tiene buena correlación con el consumo de oxígeno máximo ( $VO_2$  máx) y con la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS)
- Posee alta sensibilidad para detectar cambios posintervención, por ejemplo, rehabilitación respiratoria.
- Los cambios en la prueba se correlacionan con cambios en la percepción de la disnea.
- La mínima diferencia significativa entre 2 pruebas es de 54 metros.
- Es predictora de morbimortalidad en EPOC, HTP e IC.

**Shuttle test o prueba de la lanzadera (4)**

- **Clase I (evidencia A)**

Se correlaciona bien con:

Consumo de O<sub>2</sub> máximo (VO<sub>2</sub> máx) de la PECP.

Distancia total recorrida en la prueba de marcha de los 6 minutos.

Test de calidad de vida relacionado con la salud.

**Prueba de ejercicio cardiopulmonar (PECP)**

- **Clase I (evidencia A)**

Presencia y naturaleza de las limitaciones ventilatorias al esfuerzo.

Presencia y naturaleza de las limitaciones cardiovasculares al esfuerzo.

Extensión del acondicionamiento y desacondicionamiento físico.

Carga máxima tolerada y los niveles seguros para el ejercicio diario.

Extensión de la incapacidad.

La desaturación de O<sub>2</sub> y los niveles apropiados de administración de oxígeno suplementario.

**Protocolos**

La prueba de ejercicio cardiopulmonar se puede dividir en dos categorías generales dependiendo del tipo de protocolo utilizado:

1. Pruebas de esfuerzo progresivo o incremental.
2. Pruebas de esfuerzo constantes (*steady state*).

Las pruebas incrementales se pueden hacer en:

1. Cinta: protocolos de Bruce, Balke, Jones y manual.
2. Bicicleta: protocolos de Astrand, "Ramp", Jones y manual.

- **Clase III (evidencia B) – Contraindicaciones**

Presión parcial de oxígeno en sangre arterial (PaO<sub>2</sub>) <40 mmHg respirando aire ambiente.

Presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial (PaCO<sub>2</sub>) >70 mmHg respirando aire ambiente.

Volumen espiratorio forzado en el 1° segundo (FEV1) <30%.

Infarto agudo de miocardio reciente (<4 semanas).

Alteraciones electrocardiográficas sugestivas de isquemia coronaria aguda.

Angor inestable.

Arritmia cardíaca no controlada.

Bloqueo auriculoventricular (AV) de 2° – 3° grado.

Estenosis aórtica severa y/o aneurisma aórtico disecante conocido.

Perimiocarditis.

Insuficiencia cardíaca (IC) no controlada.

Hipertensión arterial (HTA) no controlada (TA sistólica >180 mmHg; TA diastólica >120 mmHg).

Hipertensión pulmonar (HTP) severa.

Trombosis venosa profunda en miembros inferiores/trombo intracavitario.

Endocarditis aguda.

Síndrome febril agudo.

Metabolopatía descompensada.

Patología psiquiátrica severa.

Paciente poco colaborador.

Valvulopatía descompensada.  
 Aneurisma ventricular.  
 Taquicardia en reposo >120/lpm.  
 Extrasístoles ventriculares frecuentes o colgajos de taquicardia.  
 Diabetes no controlada.  
 Miocardiopatía hipertrófica.  
 Enfermedad cerebro vascular.  
 Epilepsia.  
 Embarazo avanzado o complicado.  
 Alteración hidroelectrolítica severa.  
 Deterioro cognitivo o incoordinación/dificultad motora.  
 Enfermedad reumática o muscular que empeore con la actividad física.  
 Accidente cerebrovascular reciente.

### 3. D. VASCULOPATÍAS PERIFÉRICAS

#### ▪ Clase I

Se recomienda la prueba ergométrica en banda deslizante con el fin de colaborar en el diagnóstico funcional de enfermedad vascular periférica, cuando el índice tobillo/brazo (ITB) en reposo es normal o no evaluable (**evidencia B**).

Se recomienda la prueba ergométrica en banda deslizante para documentar objetivamente la magnitud de la incapacidad funcional (**evidencia B**).

Se debería utilizar un protocolo de ejercicio estandarizado en banda deslizante (de preferencia con carga graduada) para asegurar la reproducibilidad de las mediciones de la distancia de claudicación inicial y distancia de claudicación absoluta (**evidencia B**).

#### ▪ Clase IIb

En determinadas poblaciones, en las que no es factible realizar la PEG en banda, las alternativas son: la prueba de flexión plantar, el cicloergómetro y la caminata de 6 minutos. Todas ellas han demostrado una excelente correlación con la banda deslizante y podrían considerarse buenas opciones (**evidencia B**).

#### ▪ Clase III

La prueba ergométrica en banda deslizante no está indicada para el monitoreo poblacional (*screening*) y/o diagnóstico de enfermedad arterial periférica como primer estudio, antes de efectuar un ITB o examen por ultrasonido Doppler (**evidencia C**).

### 3. E. DISCAPACITADOS MOTORES

#### ▪ Clase I (evidencia B)

Las mismas que para las ergometrías convencionales, en pacientes hemipléjicos, con ACV isquémico o hemorrágico por rotura vascular en la hipertensión arterial sin recurrencia en los últimos 6 meses y con la hipertensión arterial tratada, controlada y estable, teniendo en cuenta que las principales causas de mortalidad en el ACV isquémico o hemorrágico es el *stroke* recurrente y la cardiopatía isquémica.

#### ▪ Clase II (evidencia B)

1. Las mismas que para las ergometrías convencionales en pacientes hemipléjicos.
2. ACV hemorrágicos por rotura vascular en la hipertensión arterial sin recurrencia

a los 3 a 6 meses del episodio con hipertensión arterial tratada, controlada y estable.

- **Clase III (evidencia B)**
  1. Las mismas que para las ergometrías convencionales.
  2. Los ACV hemorrágicos por:
    - aneurismas, malformaciones arteriovenosas, de causas tumorales, por diátesis hemorrágica, arteritis, angiopatía amiloide, excepto en los casos en que la patología haya sido totalmente resuelta. En los ACV hemorrágicos por rotura vascular en la hipertensión arterial cuyo evento data de menos de 3 meses y/o la hipertensión arterial no está tratada, controlada y estable.

### 3. F. PACIENTE CHAGÁSICO

- **Clase I**  
Se realizará una prueba ergométrica graduada con esfuerzo a todos los pacientes con serología positiva para Chagas (evidencia B). Usar protocolos convencionales.
- **Clase IIa**  
Se realizará una prueba ergométrica graduada con esfuerzo para evaluar la capacidad funcional y las arritmias en los pacientes con serología de Chagas y cardiopatía asociada.

### 3. G. ERGOMETRÍA EN LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL

- **Clase I**  
La prueba de esfuerzo es útil para mejorar la prescripción de ejercicio ya que el beneficio se consigue entrenando cerca del umbral anaeróbico (**evidencia A**).
- **Clase II**
  - **IIa**  
La repuesta presora al ejercicio podría tener un valor para que en el futuro un porcentaje de pacientes desarrolle HTA (**evidencia B**).  
Su significancia para evaluar daño orgánico, y para evaluar el daño de órgano blanco subclínico es discutido (**evidencia C**).  
Para valorar la eficacia del tratamiento antihipertensivo (**evidencia C**).
  - **IIb**  
Para el diagnóstico de HTA de guardapolvo y enmascarada (**evidencia C**).
- **Clase III**  
En pacientes con hipertensión arterial descontrolada.

### 3. H. OTROS: ALTURA Y MONTANISMO

#### Ergometría en personas sanas que van a realizar Montañismo

- **Clase I (evidencia B)**  
Test de ejercicio cardiopulmonar.

#### Ergometría en personas con cardiopatías que se expondrán a la altura

- **Clase I (evidencia A)**  
En todos los casos estratificar cardiopatía al esfuerzo.  
Usar Protocolos de Bruce y Astrand y Test de ejercicio cardiopulmonar.

- **Clase IIa (evidencia B)**  
Pacientes con enfermedad cardíaca estable, nueva ergometría.  
Test de ejercicio cardiopulmonar de rutina.

**Es posible predecir en el llano quien enferma de patologías relacionadas con la hipoxia en la altura**

- **Clase IIa (evidencia C)**  
Ecoestrés.  
Valoración de la función endotelial a través del test de vasodilatación mediada por acetilcolina.  
Test de ejercicio cardiopulmonar.
- **Clase IIb (evidencia C)**  
Test de la Hipoxia.

**3. I. DERECHO Y ERGOMETRÍA**

- **Clase I**
  - I. El Consentimiento**
  - II. La información**
    1. Existe una información en general.  
Es la que el paciente –que puede no estar enfermo– pide, dirigida a tomar decisiones a futuro, como ser casarse, sacar un seguro, etc. La información se agota después del chequeo médico.
    2. La información como parte del tratamiento.  
En este caso es la información que debe dar el médico a los efectos que el paciente – enfermo-pueda conocer su enfermedad a los efectos en general de la colaboración del paciente en el tratamiento.
    3. La información como requisito del consentimiento.  
En este caso es la información a los efectos de que se pueda dar el consentimiento adecuado.
  - III. Requisitos del consentimiento**
    1. Anteriores a la manifestación del consentimiento.
    2. Concomitantes al consentimiento.
    3. Posteriores al consentimiento, pero antes de la intervención médica.
  - IV. La prueba de esfuerzo**
  - V. Síntesis**
  - VI. Consecuencias**
    1. Formulario de Consentimiento informado.

**3. J. CUIDADOS PSICOLÓGICOS ERGOMÉTRICOS**

- **Clase I (evidencia C)**  
En todos los casos:  
La información previa es fundamental.  
En casos de primera vez:  
Sería conveniente hacer una demostración previa del estudio.

- **Clase IIa (evidencia C)**

Calmar su estado de temor explicándole los síntomas.

Luego de efectuada la prueba, la ansiedad se concentrará en el resultado, lo cual exige explicaciones adicionales.

## INFORME ERGOMÉTRICO

### 4. A. SOFTWARE 12 DERIVACIONES

La base de un sistema moderno de ergometría es una computadora de tipo personal, a la que se le conecta un dispositivo de registro de ECG y un software especializado.

Para que el paciente realice el esfuerzo gradual que el estudio requiere, se cuenta con un elemento mecánico adecuado. En la actualidad se usan, exclusivamente, las pistas ergométricas (en mayor grado) y las bicicletas ergométricas. Todos los protocolos estandarizados al momento se refieren a uno u otro dispositivo.

Asimismo, también debe tenerse en cuenta la **resolución** y se la mide en **bits** (cuantos más bits, mejor resolución). Para obtener una señal de buena calidad, ésta debe ser de unos 14 bits. Otras consideraciones a tener en cuenta para evaluar la calidad de un sistema de adquisición de ECG son su capacidad de filtrar la interferencia causada por la red eléctrica (50 Hz en Argentina), el ruido muscular y la derivación de la línea de base. Dependiendo de la calidad del sistema que se trate, el software puede llegar a ser de una sofisticación bastante grande. Aparte de las funciones básicas de registro, representación e impresión del ECG, es de exigir de un sistema de ergometrías las siguientes prestaciones: Posibilidad de representar en pantalla e imprimir el ECG en distintos formatos. Confección de una base de datos con la información de los pacientes y de los estudios.

La incorporación progresiva de la tecnología en comunicación de datos a corta y larga distancia en forma inalámbrica permite agregar funcionalidades a la PEG como la PEG Telemétrica o la incorporación simultánea de la PEG a un portal de **Telemedicina**.

### 4. B. INFORME ERGOMÉTRICO NORMAL

Parámetros clínicos: síntomas y/o signos durante el esfuerzo y recuperación como dolor, disnea, mareos, sudoración, claudicación, esfuerzo percibido, fenómenos auscultatorios, etc.

Parámetros hemodinámicos: como el comportamiento de la Presión Arterial y la Fr. Cardíaca y Doble producto en todo el apremio.

Parámetros Electrocardiográficos: modificaciones del ECG basal que puedan aparecer como desviaciones del segmento ST, aparición de arritmias o su desaparición, trastornos de conducción, etc.

### 4. C. INFORME ERGOMETRICO ANORMAL ESPECÍFICO

*Prueba ergométrica máxima/submáxima detenida por: \_\_\_\_\_*

*Presentó angor desde \_\_\_\_\_ (frecuencia cardíaca y capacidad funcional) de intensidad \_\_\_\_\_ que cedió en el \_\_\_\_ minuto de la recuperación.*

*Presentó infradesnivel del segmento ST desde \_\_\_\_\_ (frecuencia cardíaca y capacidad funcional) en las derivaciones \_\_\_\_\_, de morfología \_\_\_\_\_, que alcanzó*

una magnitud de \_\_\_\_\_ mm y niveló en el \_\_\_\_ minuto de la recuperación.

*Respuesta cronotrópica normal/ anormal.*

*Respuesta adecuada/paradojal de la tensión arterial.*

*Conclusión: Prueba máxima/submáxima que sugiere isquemia miocárdica a alta/intermedia/baja capacidad funcional.*

#### **4. D. INFORME ALTO RIESGO ERGOMÉTRICO**

- Los elementos que definen este cuadro son:
- Aparición de ST y/o angor a muy baja carga, menos de 3 mets o a baja FC menos de 100 lpm.
- Infra ST de más de 5 mm.
- Supra ST sin Q, de más de 2 mm en cualquier territorio.
- Presencia de arritmia ventricular compleja sostenida.
- Angor rápidamente progresivo a 10/10
- Caída de la TA intraesfuerzo a más de 20 mm de Hg.
- La presencia de más de dos elementos combinados agravan el pronóstico

#### **4. E. INFORMES EN POBLACIONES ESPECIALES**

##### **4. E. 1. MUJER**

Si bien con valores de sensibilidad menores que para sus pares hombres, la prueba ergométrica en la mujer tiene la misma utilidad pronóstica y diagnóstica, la limitación mayor es el menor alcance de la capacidad aeróbica máxima por parte de la mujer. De esto se desprende que las indicaciones para su realización y los protocolos a elegir, son los mismos que en hombres.

Los informes ergométricos también deben incluir capacidad de esfuerzo, FC máxima y heart rate *recovery* (tasa de recuperación de la frecuencia cardíaca post esfuerzo) que permitirá estimar un pronóstico de manera más específica, la presencia de sintomatología al esfuerzo tiene un valor limitado en las mujeres.

##### ▪ **Ergometría en la paciente embarazada**

En pacientes sanas embarazadas, la ergometría es un test que no está contraindicado pero que aporta escasos datos en términos de riesgo cardiovascular.

Solo en situaciones ocasionales la ergometría puede definir la vía de finalización del embarazo.

Dado que la posibilidad de enfermedad cardíaca en embarazadas se ha incrementado, debido en parte al avance en las técnicas de fertilización que permiten el embarazo en madres añosas con mayor riesgo de poseer enfermedad cardíaca e hipertensión arterial, la realización de un test ergométrico puede tener valor en la evaluación preconcepcional de pacientes con cardiopatía.

La realización de una ergometría para definir la tolerancia al esfuerzo y la respuesta del gasto cardíaco frente al estrés tendría un valor potencial en el estudio previo a la gestación planificada.

En pacientes embarazadas con hipertensión arterial en especial aquella vinculada al embarazo la ergometría puede llegar a ser perjudicial.

- **4. E. 2. GERONTE**

Este grupo está en expansión por el incremento en la expectativa de vida y es interesante el conocimiento de sus características particulares en el área del rendimiento.

La bicicleta es mejor si se tienen dificultades para caminar, mantener el equilibrio, o de coordinación, el ECG es más estable, debemos recordar que con este método, las personas pueden estar menos familiarizadas, cansa más los muslos, eleva más la presión arterial. Los incrementos de carga pueden ser de hasta 10 a 15 Watts por minuto.

En la banda sin fin se ejerce un stress mayor sobre el sistema cardiovascular dado que se utilizan más y mayores masas musculares, pero las personas están más familiarizadas con caminar. Para este grupo poblacional se sugiere el protocolo de Naughton o Balke donde los incrementos entre etapas son de 1 MET. Considerar incrementos de pendiente de 1% a 3% y una velocidad máxima de hasta 6 Km. Ya que la velocidad de caminata promedio de este grupo se encuentra en los 4 km. hora.

Los falsos positivos se hallan aumentados debido a la mayor frecuencia de hipertrofia ventricular izquierda y trastornos de conducción.

- **4. E. 3. NIÑOS**

- **Ciclo ergómetro o bicicleta ergométrica.** En pediatría, tiene algunos inconvenientes:

- El paciente debe medir más de 1,30 cm para llegar a los pedales de la bicicleta. Debe estar familiarizado con el uso de la bicicleta.

- **Banda deslizante o cinta.** Es el mejor método al que el niño puede adaptarse, la caminata se asemeja a la cinta y brinda la oportunidad de completar pruebas máximas. Se puede realizar a partir de los 4 años, cuando el nivel de maduración neuromuscular lo permite.

- **Protocolo de Bruce:** cuando se selecciona este protocolo de trabajo se lleva a cabo igual que en el adulto. El resto del estudio es tal cual como en los adultos. En bicicleta se recomienda Astrand.

- Los resultados surgen de analizar la capacidad funcional, la evolución de la FC y de la PA durante el esfuerzo, los signos y síntomas, las alteraciones del ritmo, la cardiopatía de base y la respuesta al tratamiento.

- Las palpitations intraesfuerzo o posesfuerzo obligan a descartar las arritmias supraventriculares o ventriculares. La disnea es un indicador de la capacidad funcional. Un síncope durante el esfuerzo puede ser una manifestación de arritmias graves o de cardiopatía estructural; se sugiere realizar la ergometría después de haber descartado una patología estructural con un ecocardiograma. En los niños, es posible detectar aumento del tono vagal con caída de la FC o de la PA en situaciones de temor. Describir las alteraciones del ritmo cardíaco.

- **4. E. 4. DEPORTES**

En el informe final de la PEG de un deportista, hay que evaluar si la misma evidencia alguna patología y los potenciales límites para la práctica deportiva. Del mismo modo, si la patología lo requiere, señalar la carga ergométrica en la que se manifiesta la misma (capacidad funcional límite). También la ergometría se utiliza para la prescripción de la actividad física. El tipo de ergómetro utilizado es determinante para que los datos rela-



cionados con la “performance” deportiva sean representativos de la realidad del atleta. Es importante que el protocolo reproduzca de la forma más cercana posible la exigencia a la que el deportista es sometido en su actividad. El consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$ máx) se puede determinar de manera directa o indirecta, mediante fórmulas ya descriptas al hablar de protocolos. Su valor se relaciona directamente con la “performance” aeróbica del atleta.

#### ■ 4. E. 5. ARRITMIAS

##### ■ **Bradiarritmias**

La prueba ergométrica tiene una importancia capital en *las bradiarritmias* ya que permite evaluar en forma objetiva a los pacientes con enfermedad del nódulo sinusal y/o bloqueo AV. En el primer caso se estudia la reserva cronotrópica por lo que se debe: Informar la frecuencia auricular máxima alcanzada durante la prueba.

Informar frecuencia máxima y la medición del intervalo AV con respecto al ECG basal.

##### ■ **Taquiarritmias**

- **W.P.W:** El informe debería constar de la presencia de preexcitación basal, intermitente o no, y la frecuencia a la cual se alcanza la desaparición de la misma, relatando la forma brusca o no y el PR medido y comparado con el basal.

- **Fibrilación auricular:** El informe debe constar FC Basal Máxima y la capacidad física del paciente para poder realizar un buen seguimiento de estos parámetros.

- **Taquicardia Ventricular:** En el caso de las TV con cardiopatía estructural, la presencia de esta arritmia permite una estratificación más adecuada a cada patología. Se debe informar su aparición con el esfuerzo o durante la recuperación, síntomas asociados, alteraciones isquémicas del segmento ST y si es sostenida y/o autolimitada, monomorfa o polimorfa.

En los pacientes con **QT prolongado**, se debe informar el QT corregido con la fórmula de Bazet basal y compararlo con el QT en la máxima frecuencia alcanzada, así como se debe informar la aparición de arritmias con el esfuerzo.

El informe en presencia de arritmias, debe constar frecuencia, modo de inicio, eje eléctrico, imagen de bloqueo de rama en el caso de las monomorfas, su característica autolimitada o no, repetitiva o no y tolerancia clínica.

##### ■ **Marcapasos**

En el caso de los **marcapasos VVIR** (Marcapasos que estimulan y sensan solo en el ventrículo y permiten una aceleración de la frecuencia cardíaca por intermedio de distintos sensores) interesará conocer la frecuencia auricular y compararla con la frecuencia del dispositivo, con lo cual podremos adaptar la respuesta en frecuencia del marcapaso a los requerimiento del organismo, ya que la frecuencia sinusal es el mejor sensor. También será de interés conocer si la frecuencia máxima o la mínima se alcanza por su ritmo propio o por el marcapasos.

En el caso de los **marcapasos DDDR** el operador deberá informar la frecuencia cardíaca máxima alcanzada por la aurícula con seguimiento 1:1 por el ventrículo, y en el caso de presentarse un 2:1 de inicio brusco informarlo.

Informar si el PR es inadecuadamente largo y se observa una caída de la TA en cuyo caso podemos estar en presencia de un síndrome de marcapasos.

**Los marcapasos para resincronización ventricular tricameral**, cumplen con las mismas expectativas que los DDD y además se espera que mejoren la suficiencia cardíaca, para lo cual es importante que puedan marcapasear ambos ventrículos más del 90% del tiempo. Por lo tanto, es muy importante distinguir si en la máxima FC están estimulados el VD y el VI. Para ello la imagen típica en V1 y el eje eléctrico, son de fundamental importancia.

## CONSENSOS

### DEFINICIÓN

Se trata de documentos más amplios sobre patologías o grupos de patologías cardiovasculares, en los que se acordarán conclusiones después de un extenso debate entre numerosos colegas expertos en el tema en cuestión. La elaboración requiere de la participación de representantes de las distintas subespecialidades que intervienen en el tema, e inclusive de otras especialidades fuera de la cardiología. La realización de un consenso deberá ser aprobada de la CD de la SAC, pudiéndose convocar a otras asociaciones científicas a integrar el comité organizador en conjunto con la CNC.

### OBJETIVOS

1. Unificar criterios y conductas frente al paciente con enfermedad cardiovascular.
2. Propender al uso racional de los recursos diagnósticos y terapéuticos, optimizando la calidad de atención médica.
3. Desarrollar guías y fijar pautas para el seguimiento clínico, la evaluación pronóstica y la elección del tratamiento adecuado.
4. Enfatizar el papel y valor de las guías como fuente educacional, promoviendo a través de ellas el intercambio de experiencias entre los especialistas y estimulando el desarrollo de nuevos estudios con adecuada metodología en aquellos temas que lo requieran.
5. Estas guías no serán dogmáticas sino más bien flexibles y dirigidas a la comunidad cardiológica argentina, para lo cual deberían adaptarse a las condiciones actuales de planificación, disposición y utilización de recursos diagnósticos y terapéuticos en nuestro país.

### METODOLOGÍA

1. **Comisiones de trabajo:** se conformarán comisiones de trabajo para analizar los puntos principales de cada subtema. Cada una de las comisiones de este consenso estará integrada por distintos especialistas y subespecialistas elegidos por sus antecedentes académicos, rigor científico y experiencia en el tema. Será coordinada, salvo excepciones, por un cardiólogo clínico de reconocida trayectoria. Un médico joven podrá ser elegido por el coordinador para actuar como secretario de la Comisión.
2. **Elaboración del temario:** el encuadre del tema no deberá tener la extensión del desarrollo completo de un capítulo, sino que tratará principalmente los puntos fundamentales en la toma de decisiones, diagnóstico, evaluación y tratamiento de la patología en cuestión. Para ello se elaborará un índice temático general que deberá ser respetado en la medida de lo posible.

3. **Proceso de consenso:** se arribará a conclusiones mediante la discusión por parte de los miembros de la comisión de trabajo basada en las evidencias bibliográficas y la experiencia y criterio de los participantes. El desarrollo de las reuniones de trabajo deberá cumplir con la siguiente metodología:
- En cada uno de los temas se deberá expresar el grado de consenso alcanzado de acuerdo a la clasificación que ya fuera utilizada en el Consenso de Cardiopatía Isquémica (Rev Arg Cardiol 1997; 65 (supl II): 7-8).
  - **Clase I:** condiciones para las cuales hay acuerdo general en que el método/procedimiento está justificado/indicado. Una indicación clase I no significa que el procedimiento es el único aceptable.
    - **Clase II:** Condiciones para las cuales hay divergencias de opinión con respecto a la justificación del método/procedimiento en términos de valor y propiedad. Aceptable, de eficacia incierta, puede ser controvertida.
    - **Clase III:** Condiciones para las cuales hay acuerdo general que el método/procedimiento no está habitualmente indicado y/o puede ser peligroso.
- Asimismo se hará referencia al tipo de evidencia en que se basa la recomendación consensuada, para lo cual se empleará el siguiente esquema:
- a. Evidencia sólida, proveniente de estudios clínicos randomizados o de cohortes, con diseño adecuado para alcanzar conclusiones estadísticamente correctas y biológicamente significativas.
  - b. Evidencia débil, derivada de otro tipo de estudios.
  - c. Opinión de expertos.