

Consenso Argentino de Prueba Ergométrica Graduada

Versión resumida

COMITÉ EJECUTIVO

Director

Dr. Arnaldo Angelino

Subdirectores

Dra. Graciela Brion

Dr. Roberto Esper

Coordinador General

Dr. Gustavo Castiello

Por Área de Normatización

y Consensos SAC

Dr. Juan Gagliardi

Secretarios

Dr. Raúl Bianco

Dr. Roberto Schenna (h)

Secretarios por CONAREC

Dr. Diego Lowenstein

Dr. Enrique González Naya

Secretarios por Consejo de Técnicos

TPC Liliana González

TPC Andrea Martin

Área de Consensos y Normas

Director 2008/09

Dr. Jorge Ubaldini

Director 2010/11

Dr. Eduardo Sampó

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 Redacción

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. González,

Néstor Galizio

TEMARIO GENERAL Y COMISIONES DE TRABAJO

Introducción

Dr. Domingo Turri

Conceptos generales

TPC Liliana González

TPC Andrea Martin

Comisión de Trabajo 1

PROTOSCOLOS 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 Yébara

Colaboradora: Dra. Verónica La Cossa

1.E. *Protocolos en 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, Dr. Martín Bruzzese

Comisión de Trabajo 2

ERGOMETRÍA EN LOS DIFERENTES MÉTODOS

Coordinador: Dr. José L. Castellano

Secretario: Dr. Carlos Miller

Temario:

2.A. *Eco estrés*

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. Prueba 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. Discapitados 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 Schenna (p)**Colaboradores:** Dr. Jorge Altamirano, Dr. Roberto Schenna (h), Dra. Graciana Ciambrone*3.H. Otros: altura, 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**Secretaria:** Dra. Norma Ruggiero

Temario:

*4.A. Software 12 derivaciones***Coordinador:** Ing. Ricardo Tomsic**Colaboradores:** Dr. Tirso 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 de riesgo ergométrico alto***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. Inés Abella, Dra. Isabel Torres*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**INTRODUCCIÓN**

La Sociedad Argentina de Cardiología ha designado un Comité de Redacción especial 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 evaluación clínica y a la cinecoronariografía cuando la cardiopatía isquémica iniciaba la proyección de su desarrollo en los finales de la década de los sesenta y mantuvo ese papel 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 elec-

trocardiográficos sencillos permitió con la PEG el estudio de la isquemia miocárdica y de la insuficiencia coronaria crónica, que sirvió primero a 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, con el desarrollo de ese conocimiento, la PEG tiene indicaciones precisas en las que aporta el máximo de su confiabilidad y tal como se concibe en el estudio ergométrico tradicional, se asocia con metodologías por imágenes gammagráficas o ultrasónicas para definir segmentos de miocardio hipoperfundidos y motilidad regional alterada por desequilibrio isquémico. Por otro lado, basta con observar los títulos de este Consenso para comprender la amplitud de los campos en los 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 neuromusculoesquelético, 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 se emplea sistemáticamente para evaluar el entrenamiento físico en la rehabilitación de pacientes y las prácticas deportivas de competición, en especial cuando requieren alta demanda aeróbica. El aumento del gasto energético durante el esfuerzo revela las nuevas condiciones del organismo con un corazón trasplantado, 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.

Asociada con la medición directa del consumo de oxígeno y con la posibilidad de definir diferentes índices de intercambio gaseoso y ventilométricos surgió la prueba 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 pará-

metros evaluativos y pronósticos en los pacientes con insuficiencia cardíaca. Un protocolo mucho más modesto como la prueba de marcha de 6 minutos encuentra fácil aplicación para estimar el rendimiento físico integral sin otras precisiones sofisticadas.

La utilidad de la PEG depende de la población en la 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 no es un método de conclusión definitiva, sino dependiente de la probabilidad previa de tener la enfermedad, por lo que crea 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 de 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. 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 y las personas correctamente identificadas son muy pocas y con altísimo costo de pesquisa, por lo que la relación costo-efectividad no es beneficiosa en asintomáticos con riesgo clínico bajo.

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 y no característico; así construyeron Forrester y Diamond las diferentes probabilidades de la verdadera o falsa depresión ST. 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, son necesarias

las pruebas de labilidad del ST-T para desenmascarar ondas de repolarización ventricular fácilmente reversibles.

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 el valor predictivo de muerte súbita, pero resaltando que es así al asociarse con 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).

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 un fuerte predictor de mortalidad alejada. 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 decirle “Usted está un poco desentrenado” a la persona con bajo rendimiento ergométrico, habría que tomar esa condición como un verdadero factor de riesgo.

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

La mayor contribución de la PEG se encuentra probablemente en la evaluación del riesgo de cardiopatía isquémica crónica. La información que agrega es significativa, pues en los pacientes con angina de pecho de 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 a los pacientes de riesgo elevado como a 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 hay mucho beneficio en obtener ese examen. El riesgo bajo en el seguimiento de la Universidad de Duke significó superar un puntaje de 5, para el Registro del CASS alcanzar o superar en *treadmill* la etapa 3 y una depresión ST menor de 1 mm 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; todos evolucionaron con una mortalidad baja, de entre el 0,5% y el 1% por año. 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 de evaluación y cuándo derivar a mayor complejidad. Es probable que la comparación de la PEG con una prueba considerada superior como la cámara gamma haya inclinado la práctica hacia un uso mayor de esta última, pero extremando los recaudos metodológicos de la prueba 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 a pacientes en riesgo bajo e indicarles esquemas farmacológicos antiisquémicos y de prevención secundaria junto con estrategias intensivas de estilo de vida saludable.

La frecuencia cardíaca, la presión arterial y su doble producto manifiestan el estrés miocárdico alcanzado por la carga hemodinámica. Cuando además de depresión ST isquémica el esfuerzo graduado induce angor, la enfermedad de múltiples vasos es mucho más frecuente y evoluciona con una incidencia mayor de progresión de angina, de aparición de infarto y de muerte cardíaca. La isquemia precoz (4 METS o menos) duplica la tasa de eventos en comparación con la aparecida a los 8 o 9 METS y se correlaciona con enfermedad de tres vasos en el 70% de los casos y con enfermedad del tronco de la coronaria izquierda hasta casi en el 30%. En el seguimiento del Hospital Argerich, la isquemia precoz evolucionó con una mortalidad anual del 4% y el comportamiento hipotensivo al primer año fue del 7% y al segundo año, del 19%; se trata de respuestas de riesgo alto que contribuyen a la indicación directa de una cinecoronariografía.

Las respuestas anormales pueden ser pronósticas por simple presencia aislada, por adición o por integrarse en índices que estratifican mejor el pronóstico y reclasifican a pacientes inicialmente en riesgo menor.

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, lo cual deterioró la aplicación del concepto de “capacidad funcional útil”, que permanece vigente en la evaluación de los pacientes coronarios en rehabilitación. No hay estudios determinantes que indiquen la necesidad de discontinuar las drogas antiisquémicas; el bloqueo betaadrenérgico, 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 sis-

temática criteriosa y gradual del tratamiento puede efectuarse con seguridad en la angina de grado I-II y en el Consenso está bien detallado 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 a quienes necesitan un estudio más complejo con imágenes de esfuerzo. Es necesario reposicionar la PEG en el chequeo preventivo y en el de salud cardiovascular, asociándola con las estrategias de evaluación global del riesgo clínico y con la información que brindan marcadores microinflamatorios y de mecánica vascular. 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 siempre fueron invocadas como beneficios en favor del uso y expansión del procedimiento. Sin embargo, las mismas condiciones –junto con la baja remuneración del examen– pueden menguar la rigurosidad de su aplicación e interpretación reduciéndolo a una práctica de rutina y de baja confiabilidad. Se conocen las grandes variaciones de sensibilidad y especificidad debidas a diferencias en la población evaluada, en protocolos, cantidad de derivaciones, criterios de positividad, etc., y está comprobada en metaanálisis la afectación adversa que genera comparar la PEG con un recurso considerado mejor, en el sentido de brindar mayor atención a este último que al electrocardiográfico. 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. Se han registrado el 0,05% de complicaciones y el 0,02% de mortalidad sobre 28.000 estudios en los que el 22% de los pacientes tenían enfermedad coronaria conocida; esto enfatiza la importancia de las condiciones de pronta detención del ejercicio y el valor de los momentos previos al inicio de la prueba, cuando se evalúan las contraindicaciones absolutas y las relativas, jerarquizándolas en un interrogatorio minucioso y con un ECG previo a la vista.

1. PROTOCOLOS EN ERGOMETRÍA

1.A. Protocolos en enfermedad coronaria

Clase I

- Pacientes con dolor precordial, para diagnosticar enfermedad coronaria con probabilidad preprueba 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 de 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 de Sheffield y de Astrand o de Storer-Davis en bicicleta.

Clase III

- Pacientes con electrocardiograma basal alterado; por ejemplo, marcapasos, BCR izquierda, etc.

1.B. Protocolos en insuficiencia cardíaca

Clase I (nivel de evidencia C)

- a) En pacientes con baja capacidad funcional, descartar presencia de cardiopatía isquémica asociada o para el ingreso en un plan de rehabilitación cardiovascular, usar protocolo de Naughton en banda o de Storer-Davis en bicicleta.
- b) Evaluación de pacientes para ser puestos en lista para trasplante, usar prueba con medición de consumo directo de oxígeno con protocolo de rampa fija.

Clase II (nivel de evidencia B)

- a) En pacientes con muy baja capacidad funcional, usar protocolo de Naughton modificado en banda o de Astrand modificado o de Storer-Davis en bicicleta. Evaluación objetiva de la CF para clasificar a los pacientes de mayor riesgo.
- b) Evaluación del pronóstico, reevaluación de pacientes en lista de espera de trasplante, usar prueba con medición de consumo directo de oxígeno con protocolo de rampa fija.

Clase III

- Contraindicado en pacientes con insuficiencia cardíaca descompensada.

1.C. Protocolos en enfermedad valvular

Insuficiencia mitral

Clase I

- Evaluar la capacidad funcional y tolerancia al ejercicio de pacientes con insuficiencia mitral grave, asintomáticos y con función sistólica del ventrículo izquierdo conservada (C).
- Pacientes con insuficiencia mitral grave 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 grave (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-grave, oligosintomáticos o sintomáticos (B).
- Evaluación de la capacidad funcional en pacientes con insuficiencia aórtica moderada-grave en quienes la verdadera clase funcional es difícil de definir (B).

Clase III

- Insuficiencia aórtica grave 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 grave asintomática en pacientes sedentarios (C).

Clase II

- Estenosis aórtica grave asintomática en pacientes físicamente activos (C).
- Estenosis aórtica moderada asintomática (B).

Clase III

- Estenosis grave sintomática (C).
- Diagnóstico de enfermedad coronaria asociada (B).

Protocolos más empleados

En pacientes con buena capacidad funcional, asintomáticos y valvulopatías caracterizadas como leves por ecocardiografía se pueden emplear protocolos convencionales.

Aquellos con buena capacidad funcional con valvulopatía grave por eco, síntomas atípicos, capacidad funcional de difícil evaluación y valvulopatías moderadas a graves 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.D. Protocolos en UDT y Guardia*Clase I*

- Pacientes que consultan en la Guardia por dolor precordial que evolucionan asintomáticos sin inestabilidad hemodinámica y sin anormalidades 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 en la Guardia por dolor precordial que evolucionan asintomáticos sin inestabilidad hemodinámica y sin anormalidades 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 base alterado, como BCRI, HVI, WPW, etc.
- Pacientes con criterios de riesgo alto:
 - Inestabilidad hemodinámica.
 - Arritmias graves.
 - Enfermedad cardíaca o pulmonar grave.
 - Evidencias de SCA.

1.E. Protocolos en chequeo preventivo*Clase I*

- Pacientes de alto riesgo que incluyen aquellos con antecedentes de enfermedad arteriosclerótica (arteriopatía periférica, aneurisma de la aorta abdominal, TIA, enfermedad carotídea), pacientes de edad mediana o añosos con diabetes mellitus (DM) 2 o múltiples factores de riesgo, en plan de ejercicios (nivel de evidencia A).
- Evaluación de pacientes diabéticos de cualquier edad, en plan de realización de actividad física (nivel de 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, DM (nivel de evidencia B).

Clase IIa

- Pacientes con múltiples factores de riesgo en quienes se desea monitorizar la terapéutica de reducción de riesgo (nivel de evidencia B).

Clase III

- Uso de *screening* de rutina en la totalidad de la población.

Los protocolos a emplear suelen ser de etapas de 2 minutos cada una:

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 o de riesgo bajo.
 - En cicloergómetros electromecánicos se pueden realizar etapas de 200 kgm.
- En cinta, los protocolos más utilizados son:
- Bruce, para pacientes entrenados.
 - Bruce modificado, para los no entrenados.

1.F. Protocolos en rehabilitación

Clase I

Ergometría en rehabilitación cardiovascular

A. Pacientes que ingresan en 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 del ejercicio en forma segura y eficaz del tratamiento.
 - 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.
- La prueba empleada siempre se elegirá de acuerdo con 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.

- Cada 15 semanas se debe reestratificar a los pacientes, con el objeto de rediseñar la estrategia de entrenamiento.

- Durante la fase II se pueden realizar pruebas de ejercicios detenidas por síntomas, pruebas farmacológicas o sensibilizadas.
- Durante las fases III y/o IV se pueden dividir por clase funcional o por tipo de calistenia prescrita.
- En los pacientes en calistenia III se recomienda un control bimensual.
- En los pacientes en calistenia II, la reestratificación 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 verificada antes por el examen de salud.

- Deportes cíclicos, predominantemente aeróbicos: son aquellos que repiten los ciclos de movimiento en forma sistemática. Permiten que sean más predecibles en las pruebas de consumo máximo de oxígeno.
- Deportes acíclicos, combinación de diferentes porcentajes de ambos sistemas, aeróbicos-anaeróbicos: pertenecen a éstos la mayoría de los deportes de conjunto y de lucha. Las pruebas de consumo máximo de oxígeno son más variables, con dependencia del tipo de juego y puesto.

Clase IIa

- En los casos de pacientes que presentan factores de riesgo o en casos de prevención secundaria con capacidad funcional superior a 7 METS, usar protocolo de Bruce en banda o de Astrand en bicicleta.

Clase IIb

- En los casos de prevención secundaria con baja capacidad funcional, con capacidad inferior a 7 METS, usar protocolo de Bruce modificado o de 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.

2. ERGOMETRÍA EN LOS DIFERENTES MÉTODOS

2.A. Eco estrés

Clase I

- Diagnóstico, estratificación de riesgo y pronóstico de la cardiopatía isquémica, especialmente con

preprueba 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 gravedad de la valvulopatía.
- Evaluación de la función diastólica en pacientes con disnea de causa desconocida.

Clase II

- Postsíndrome coronario agudo en pacientes de riesgo bajo o intermedio (con paciente estabilizado).
- Evaluación de viabilidad (únicamente con bicicleta supina).
- Evaluación de riesgo preoperatorio (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 riesgo bajo de enfermedad coronaria.
- Valvulopatía grave sintomática.
- Estenosis aórtica con disfunción sistólica grave.
- Inestabilidad hemodinámica.
- IAM en las primeras 72 horas.
- Angina inestable.
- Hipertensión grave.
- Anemia.
- Miocarditis aguda.

2.B. Cámara gamma

Clase I

- **Detección de enfermedad arterial coronaria** en pacientes con una probabilidad preprueba intermedia de EAC basada en la edad, el sexo y los síntomas y en pacientes con factores de riesgo alto para enfermedad coronaria (p. ej., diabetes mellitus o enfermedad vascular periférica o cerebral) (nivel de evidencia A).
- **Estratificación de riesgo en pacientes posinfarto de miocardio** antes del alta (prueba submáxima 4-6 días pos-IAM), precoz (síntoma limitado a 14-21 días) o tardía (síntoma limitado a 3-6 semanas) después del alta (nivel de evidencia A).
- **Estratificación del riesgo de los pacientes con EAC estable y crónica** en una categoría de riesgo bajo que pueden ser manejados médicamente o en una categoría de riesgo alto que deben con-

siderarse para la revascularización coronaria (nivel de evidencia A).

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

Clase II

- Para evaluar la eficacia de intervenciones terapéuticas (drogas antiisquémicas 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 riesgo alto. Sin embargo, los pacientes con sospecha de angina inestable en la presentación, que permanecen estables y sin dolor pueden someterse a la prueba de ejercicio.
- Insuficiencia cardíaca congestiva descompensada o mal controlada.
- Hipertensión arterial no controlada (presión arterial > 200/110 mm Hg).
- Arritmias cardíacas no controladas (sintomáticas o con compromiso hemodinámico).
- Estenosis aórtica grave sintomática.
- Embolia pulmonar aguda.
- Miocarditis aguda o pericarditis.
- Disección aórtica aguda.
- Hipertensión pulmonar grave.
- Infarto agudo de miocardio (< 4 días).

2.C. Consumo de oxígeno

Clase I

- A. Sanos** (nivel 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** (nivel de 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.
 - Evaluación del riesgo en la cirugía torácica.
 - Asma inducida por el ejercicio.
- C. Con enfermedad cardíaca** (nivel de evidencia C)
 - Evaluación pretrasplante cardíaco.

*Clase IIa***Con enfermedad cardíaca** (nivel de evidencia B).

- Evaluación de la respuesta al tratamiento en la insuficiencia cardíaca.
- Prescripción y evaluación de resultados de planes de rehabilitación.
- Como complemento en la decisión del tiempo quirúrgico en las valvulopatías.
- Evaluación del grado de incapacidad laboral.

2.D. Ventilometría / oximetría*Ventilometría**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 IIa

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

Clase IIb

- 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**).
2. Determinar nivel de saturación de oxígeno en esfuerzo para programar rehabilitación pulmonar con o sin suplementación de oxígeno (**A**).

Clase IIa

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

Clase IIb

- 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. Prueba de marcha*Clase I* (nivel de evidencia A)

- Tiene buena correlación con el consumo de oxígeno máximo ($VO_{2\text{máx}}$) y con la calidad de vida rela-

cionada 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.

3. ERGOMETRÍA EN POBLACIONES ESPECIALES**3.A. CDI / WPW / Resincronizadores***CDI y Resincronizadores**Clase IIb*

- Para evaluar la programación adecuada de la respuesta en frecuencia de los marcapasos, para analizar la seguridad de los cardiodesfibriladores (en particular en pacientes con choques espurios 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 (nivel de evidencia B).

Clase III

- Como práctica de rutina en pacientes portadores de dispositivos implantables.

*WPW**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 (nivel de evidencia B).

3.B. Trasplante cardíaco*Clase IIa*

Los protocolos de ergometría más recomendados son los 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 desnervación, las primeras evaluaciones deben realizarse como mínimo luego de 6 meses de efectuado el trasplante, debido a la necesidad de una recuperación de la masa muscular, mejor acondicionamiento físico y a todos los inconvenientes que sufre 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 (nivel de evidencia B)

- Evaluación de la tolerancia al ejercicio y potencia los factores limitantes de éste.
- 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.
- Evaluación clínica, funcional y pronóstica en enfermedades respiratorias crónicas: enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), enfermedad vascular pulmonar, fibrosis quística, intersticiopatía.
- Evaluación del grado de discapacidad.
- Diagnóstico de asma inducida por ejercicio.
- Prescripción de esquemas de rehabilitación respiratoria.
- Evaluación del riesgo preoperatorio de causa pulmonar en cirugías resectivas pulmonares, cirugías cardíacas centrales y en cirugías extratorácicas.
- Evaluación de trasplante pulmonar y cardiopulmonar.
- Evaluación de los efectos de una intervención terapéutica farmacológica y no farmacológica.

Prueba de marcha o caminata de 6 minutos

Clase I (nivel de 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 posoperatoria en cirugía de reducción volumétrica pulmonar (CRVP).
- Tiene buena correlación con el consumo de oxígeno máximo ($VO_{2m\acute{a}x}$) 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 dos pruebas es de 54 metros.
- Es predictora de morbilidad en EPOC, HTP e IC.

Shuttle test o prueba de la lanzadera

Clase I (nivel de evidencia A)

Se correlaciona bien con:

- Consumo de O_2 máximo ($VO_{2m\acute{a}x}$) de la PECP.
- Distancia total recorrida en la prueba de marcha de 6 minutos.
- Prueba de calidad de vida relacionada con la salud.

Prueba de ejercicio cardiopulmonar (PECP)

Clase I (nivel de 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_2 y los niveles apropiados de administración de oxígeno suplementario.

Protocolos

La prueba de ejercicio cardiopulmonar se puede dividir en dos categorías generales, con dependencia 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 (nivel de evidencia B) - **Contraindicaciones**

- Presión parcial de oxígeno en sangre arterial (PaO_2) < 40 mm Hg respirando aire ambiente.
- Presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial ($PaCO_2$) > 70 mm Hg respirando aire ambiente.
- Volumen espiratorio forzado en el 1.º segundo (FEV_1) < 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.º-3.º grado.
- Estenosis aórtica grave y/o aneurisma disecante de la aorta conocido.
- Perimiocarditis.
- Insuficiencia cardíaca (IC) no controlada.
- Hipertensión arterial (HTA) no controlada (TA sistólica > 180 mm Hg; TA diastólica > 120 mm Hg).
- Hipertensión pulmonar (HTP) grave.
- Trombosis venosa profunda en miembros inferiores/trombo intracavitario.

- Endocarditis aguda.
- Síndrome febril agudo.
- Metabolopatía descompensada.
- Patología psiquiátrica grave.
- 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 cerebrovascular.
- Epilepsia.
- Embarazo avanzado o complicado.
- Alteración hidroelectrolítica grave.
- 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 (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 la 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 monitorización poblacional (*screening*) y/o diagnóstico de enfermedad arterial periférica como primer estudio, antes de efectuar un ITB o examen por ultrasonido Doppler (nivel evidencia C).

3.E. Discapacitados motores

Clase I (nivel de 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 (nivel de 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 (nivel de 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 los que la patología se haya resuelto totalmente. 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 en todos los pacientes con serología positiva para Chagas (nivel de 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 positiva para 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 (nivel de evidencia A).

Clase IIa

- La respuesta presora al ejercicio podría tener un valor para que en el futuro un porcentaje de pacientes desarrolle HTA (nivel de evidencia B).
- Su significación para evaluar daño orgánico y para evaluar el daño de órgano blanco subclínico es discutido (nivel de evidencia C).
- Para evaluar la eficacia del tratamiento antihipertensivo (nivel de evidencia C).

Clase IIb

- Para el diagnóstico de HTA de guardapolvo blanco y enmascarada (nivel de evidencia C).

Clase III

- En pacientes con hipertensión arterial descontrolada.

3.H. Altura y montañismo**Ergometría en personas sanas que van a realizar montañismo***Clase I* (nivel de evidencia B)

- Prueba de ejercicio cardiopulmonar.

Ergometría en personas con cardiopatías que se expondrán a la altura*Clase I* (nivel de evidencia A)

- En todos los casos estratificar cardiopatía al esfuerzo.
- Usar protocolos de Bruce y de Astrand y prueba de ejercicio cardiopulmonar.

Clase IIa (nivel de evidencia B)

- Pacientes con enfermedad cardíaca estable, nueva ergometría.
- Prueba de ejercicio cardiopulmonar de rutina.

Es posible predecir en el llano quién enferma de patologías relacionadas con la hipoxia en la altura.

Clase IIa (nivel de evidencia C)

- Eco estrés.
- Evaluación de la función endotelial a través de la prueba de vasodilatación mediada por acetilcolina.
- Prueba de ejercicio cardiopulmonar.

Clase IIb (nivel de evidencia C)

- Prueba de la hipoxia.

3.I. Derecho y ergometría*Clase I***I. La información**

- A. Existe una información en general
Es la que el paciente pide –que puede no estar enfermo– dirigidas a tomar decisiones a futuro, como casarse, contratar un seguro, etc. La información se agota después del chequeo médico.

- B. La información como parte del tratamiento
En este caso es la información que debe dar el médico a los efectos de que el paciente –enfermo– pueda conocer su enfermedad con el propósito en general de la colaboración del paciente en el tratamiento.
- C. La información como requisito del consentimiento
En este caso es la información a los efectos de que se pueda dar el consentimiento adecuado.

II. Requisitos del consentimiento

- A. Anteriores a la manifestación del consentimiento.
B. Concomitantes al consentimiento.
C. Posteriores al consentimiento, pero antes de la intervención médica.

3.J. Cuidados psicológicos ergométricos*Clase I* (nivel de 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 (nivel de 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.

4. 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 hasta el momento se refieren a uno u otro dispositivo.

Asimismo, también debe tenerse en cuenta la **resolución** y se mide en **bits** (cuantos más bits, mejor resolución). Para obtener una señal de buena calidad, ésta debe ser de unos 14 bits. Otras consideraciones para 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 la Argentina), el ruido muscular y la derivación de la línea de base. Con dependencia de la calidad del sistema de 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, son de exigir de un sistema de ergo-

metrías 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**.

Fuentes consultadas

Para la realización de este artículo se tomaron algunas ideas del sitio de la American Heart Association: <http://www.americanheart.org>.

Sistema de ergometría ECG-PS, de la empresa Galix-GBI.

Bonus Medical Comunicaciones.

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 frecuencia 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 ergométrico anormal específico

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/paradójica de la tensión arterial al esfuerzo y/o posesfuerzo.

*Conclusión: Prueba máxima/submáxima que sugiere o no isquemia miocárdica a capacidad funcional alta/intermedia/baja.**

* Capacidad funcional baja: < 4,5 METS.

Capacidad funcional intermedia: 5-9 METS.

Capacidad funcional alta: > 10 METS.

4.D. Informe de riesgo ergométrico alto

Los elementos que definen este cuadro son:

- Aparición de ST y/o angor a muy baja carga, menos de 3 METS o a FC baja, 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 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 las mismas que para los hombres.

Los informes ergométricos también deben incluir capacidad de esfuerzo, FC máxima y *heart rate recovery* (tasa de recuperación de la frecuencia cardíaca posesfuerzo), 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 una prueba que no está contraindicada, pero que aporta escasos datos en términos de riesgo cardiovascular.

Sólo 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 mujeres arias con mayor riesgo de poseer enfermedad cardíaca e hipertensión arterial, la realización de una prueba ergométrica 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 la vinculada con el embarazo, la ergometría puede llegar a ser perjudicial.

4.E.2. Geronte

Este grupo está en aumento 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 y el ECG es más estable. Debe tenerse en cuenta que las personas pueden estar menos familiarizadas con este método, 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 estrés 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 el de Balke en los que 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 de trastornos de conducción.

4.E.3. Niños (Tablas 1 y 2)

Cicloergómetro o bicicleta ergométrica. En pediatría, tiene algunos inconvenientes. El paciente debe medir más de 130 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 como en los adultos. En bicicleta se recomienda el protocolo de Astrand.

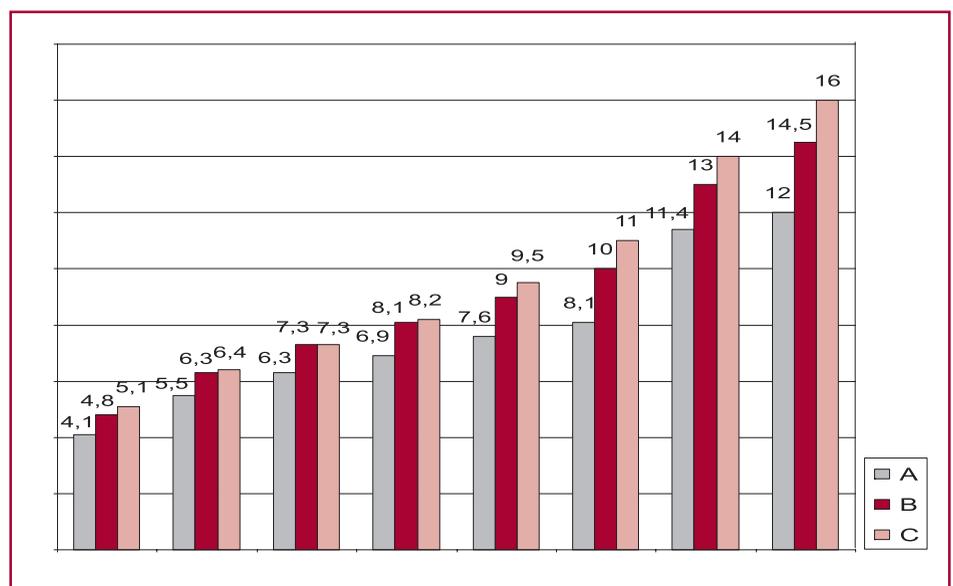
Los resultados surgen de analizar la capacidad funcional, la evolución de la FC y de la PA durante el esfuerzo, los signos y los síntomas, las alteraciones del ritmo, la cardiopatía de base y la respuesta al tratamiento.

Las palpitaciones intraesfuerzo o posesfuerzo obligan a descartar 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.

Tabla 1. Características de los protocolos A, B y C del Hospital de Niños "Dr. Ricardo Gutiérrez"

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 2. Protocolos del Hospital de Niños "Dr. Ricardo Gutiérrez"



(Continúa)

(Continuación Tabla 2)

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 A

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 B

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			

Protocolo C

4.E.4. Deportes

En el informe final de la PEG de un deportista hay que evaluar si la prueba 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 (capacidad funcional límite). La ergometría también se utiliza

para la prescripción de la actividad física. El tipo de ergómetro utilizado es determinante para que los datos relacionados 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

($VO_{2m\acute{a}x}$) 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

WPW: el informe debería constar de la presencia de preexcitación basal, intermitente o no y la frecuencia a la cual se alcanza su desaparición, registrando la forma brusca o no y el PR medido y comparado con el basal.

Fibrilación auricular: en el informe deben constar la 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 deben 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 al-

canzada, como también registrar la aparición de arritmias con el esfuerzo.

En presencia de arritmias, en el informe deben constar la frecuencia, el modo de inicio, el eje eléctrico, la imagen de bloqueo de rama en el caso de las monomorfas, su característica autolimitada o no, repetitiva o no y la tolerancia clínica.

Marcapasos

En el caso de los **marcapasos VVIR** (marcapasos que estimulan y sensan sólo 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 se podrá adaptar la respuesta en frecuencia del marcapasos 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 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 si se observa una caída de la TA, en cuyo caso es posible que se esté 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 FC máxima están estimulados el VD y el VI. Para ello son de fundamental importancia la imagen típica en V1 y el eje eléctrico.