



Revista Argentina de Cardiología

Argentine Journal of Cardiology

Julio 2026

Vol. 94 SUPL. 8

ISSN 0034-7000

www.rac.sac.org.ar

Documento de posición

Prueba ergométrica

SOCIEDAD ARGENTINA DE CARDIOLOGÍA



REVISTA ARGENTINA DE CARDIOLOGIA

ORGANO CIENTIFICO DE LA SOCIEDAD ARGENTINA DE CARDIOLOGIA

COMITÉ EDITOR

Director

JORGE THIERER
Instituto Universitario CEMIC, CABA

Director Adjunto

CLAUDIO C. HIGA
Hospital Alemán, CABA

Directores Asociados

ERNESTO DURONTO
Fundación Favaloro, CABA
JUAN PABLO COSTABEL
Instituto Cardiovascular de Buenos Aires, CABA
WALTER M. MASSON
Instituto Universitario Hospital Italiano, CABA
JAVIER GUETTA
Instituto Universitario CEMIC, CABA
GASTÓN RODRÍGUEZ GRANILLO
Instituto Médico ENER, Clínica La Sagrada Familia (CABA)
SANDRA SWIESZKOWSKI
Hospital de Clínicas José de San Martín, CABA

Delegado por la SAC

KAREN WAISTEN

Editor de Ciencias básicas

BRUNO BUCHHOLZ
Universidad de Buenos Aires

Vocales

MARIANO FALCONI
Instituto Universitario Hospital Italiano, CABA
LUCRECIA BURGOS
Instituto Cardiovascular de Buenos Aires, CABA
JORGE CARLOS TRAININI
Hospital Presidente Perón, Avellaneda, Buenos Aires
GUILLERMO ERNESTO LINIADO
Hospital Argerich, CABA
ELIÁN GIORDANINO
Clínica Las Condes, Santiago de Chile
MARIANO TREVISÁN
Sanatorio San Carlos, Bariloche, Río Negro
BIBIANA MARÍA DE LA VEGA
Hospital Zenón Santillán, Universidad Nacional de Tucumán

Consultor en Estadística, Buenos Aires

JAVIER MARIANI
Hospital El Cruce, Buenos Aires

Coordinación Editorial

PATRICIA LÓPEZ DOWLING

COMITÉ HONORARIO

MARCELO V. ELIZARI (ARG)
GUILLERMO KREUTZER (ARG)

COMITÉ EDITOR INTERNACIONAL

AMBROSIO, GIUSEPPE (ITALIA)
University of Perugia School of Medicine, Perugia
ANTZELEVITCH, CHARLES (EE.UU)
Masonic Medical Research Laboratory
BADIMON, JUAN JOSÉ (EE.UU)
Cardiovascular Institute, The Mount Sinai School of Medicine
BARANCHUK, ADRIÁN (CANADÁ)
Queen's University, Kingston
BAZÁN, MANUEL (CUBA)
INCOR, La Habana
BLANKSTEIN, RON
Harvard Medical School (EEUU)
BRUGADA, RAMÓN (ESPAÑA)
Cardiology Department, The Thorax Institute, Hospital Clinic, University of Barcelona, Barcelona
CABO SALVADOR, JAVIER
Departamento de Ciencias de la Salud de la Universidad de Madrid UDIMA (ESPAÑA)
CAMM, JOHN (GRAN BRETAÑA)
British Heart Foundation, St. George's University of London
CARRERAS COSTA, FRANCESC (ESPAÑA)
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Universitat Autònoma de Barcelona
CHACHQUES, JUAN CARLOS (FRANCIA)
Pompidou Hospital, University of Paris Descartes, Paris
DEMARIA, ANTHONY N. (EE.UU)
UCSD Medical Center, San Diego, California
DI CARLI, MARCELO (EE.UU)
Harvard Medical School, Boston, MA
EVANGELISTA MASIP, ARTURO (ESPAÑA)
Instituto Cardiológico. Quirónsalud-Teknon, Barcelona
EZEKOWITZ, MICHAEL (EE.UU)
Lankenau Medical Center, Medical Science Building, Wynnewood, PA
FEIGENBAUM, HARVEY (EE.UU)
Indiana University School of Medicine, Indianapolis
FERRARI, ROBERTO (CANADÁ)
University of Alberta, Edmonton, Alberta
FERRARIO, CARLOS (EE.UU)
Wake Forest University School of Medicine, Winston-Salem
FLATHER, MARCUS (GRAN BRETAÑA)
Royal Brompton and Harefield NHS Foundation Trust and Imperial College London
FUSTER, VALENTIN (EE.UU.)
The Mount Sinai Medical Center, New York
GARCÍA FERNÁNDEZ, MIGUEL ÁNGEL (ESPAÑA)
Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Medicina
JUFFÉ STEIN, ALBERTO (ESPAÑA)
Department of Cardiology, A Coruña University Hospital, La Coruña
KASKI, JUAN CARLOS (GRAN BRETAÑA)
St George's University of London, Cardiovascular Sciences Research Centre, Cranmer Terrace, London
KHANDERIA, BIJOY (EE.UU)
Aurora Cardiovascular Services
KRUCOFF, MITCHELL W. (EE.UU)
Duke University Medical Center, Durham
LÓPEZ SENDÓN, JOSÉ LUIS (ESPAÑA)
Hospital Universitario La Paz, Instituto de Investigación La Paz, Madrid
LUSCHER, THOMAS (SUIZA)
European Heart Journal, Zurich Heart House, Zürich, Switzerland
MARZILLI, MARIO (ITALIA)
Cardiothoracic Department, Division of Cardiology, University Hospital of Pisa
MAURER, GERALD (AUSTRIA)
Univ.-Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie I, Christian-Doppler-Klinik, Salzburg
MOHR, FRIEDRICH (ALEMANIA)
Herzzentrum Universität Leipzig, Leipzig
NANDA, NAVIN (EE.UU)
University of Alabama at Birmingham, Birmingham
NEUBAUER, STEFAN
University of Oxford and John Radcliffe Hospital
(GRAN BRETAÑA)
NILSEN, DENNIS (NORUEGA)
Department of Cardiology, Stavanger University Hospital, Stavanger
PALACIOS, IGOR (EE.UU)
Massachusetts General Hospital
PANZA, JULIO (EE.UU)
MedStar Washington Hospital Center, Washington, DC
PICANO, EUGENIO (ITALIA)
Institute of Clinical Physiology, CNR, Pisa
PINSKI, SERGIO (EE.UU)
Cleveland Clinic Florida
RASTAN, ARDAWAN (ALEMANIA)
Universitäts-Herzzentrum Freiburg-Bad Krozingen
SERRUYS, PATRICK W.
Imperial College (GRAN BRETAÑA)
SICOURI, SERGE (EE.UU)
Masonic Medical Research Laboratory, Utica
THEROUX, PIERRE (CANADÁ)
University of Toronto, Ontario
TOGNONI, GIANNI (ITALIA)
Consortio Mario Negri Sud, Santa Maria Imbaro, Chieti
VENTURA, HÉCTOR (EE.UU)
Ochsner Clinical School-The University of Queensland School of Medicine, New Orleans
WIELGOSZ, ANDREAS (CANADÁ)
University of Calgary, Calgary, Alberta
ZIPES, DOUGLAS (EE.UU)
Indiana University School of Medicine, Indianapolis

SOCIEDAD ARGENTINA DE CARDIOLOGIA

COMISIÓN DIRECTIVA

Presidente

SERGIO J. BARATTA

Presidente Electo

MIRTA DIEZ

Vicepresidente 1°

MARIANO FALCONI

Vicepresidente 2°

CHRISTIAN SMITH

Secretario

IVÁN CONSTANTIN

Tesorero

YANINA CASTILLO COSTA

Prosecretario

ANALÍA AQUIERI

Protesorero

MIGUEL SCHIAVONE

Vocales Titulares

GABRIELA SONIA ZEBALLOS

KAREN WAISTEN

SUSANA LLOIS

FERNANDO GONZÁLEZ PARDO

Vocal Suplentes

MIRIAM G. DÍAZ

CLAUDIA G. BUCAY

NEIVA MACIEL

JULIO BISUTTI

Presidente Anterior

PABLO G. STUTZBACH

Revista Argentina de Cardiología

La Revista Argentina de Cardiología es propiedad de la Sociedad Argentina de Cardiología

ISSN 0034-7000 ISSN 1850-3748 versión electrónica - Registro de la Propiedad Intelectual en trámite

Full English text available. Indexada en SciELO, Scopus, Embase, LILACS, Latindex, Redalyc, Dialnet y DOAJ. Incluida en el Núcleo Básico de Revistas Científicas Argentinas del CONICET.

VOL 94 SUPLEMENTO 8 2026

Dirección Científica y Administración

Azuénaga 980 - (1115) Buenos Aires / Tel.: (+5411) 5031-5884 / e-mail: revista@sac.org.ar / web site: www.sac.org.ar

Atención al público de lunes a viernes de 13 a 20 horas

Documento de posición Emergencias cardiovasculares en Guardia

SOCIEDAD ARGENTINA DE CARDIOLOGÍA

Director

Gustavo Castiello ^{MTSAC}
Gonzalo Diaz Babio ^{MTSAC}

Coordinadores generales

Ivana Paz
Claudia Bucay ^{MTSAC}

Secretarios científicos

Belèn Tinari
Domingo Usin
Enrique González Naya
Ignacio Davolos ^{MTSAC}

Comité de redacción

Inés Abella ^{MTSAC}
Daniel Abriata
Roberto Agüero ^{MTSAC}
Laura Baffa
Marcelo Benassi ^{MTSAC}
Norberto Bornancini
Graciela Brion ^{MTSAC}
Claudia Bucay ^{MTSAC}
Mildred Colaberardino
Jorge Cors ^{MTSAC}
Ignacio Dávalos ^{MTSAC}
Juan Martin De Hertelendy
Agustín Favini
Juan Martin Fiamengo
Roberto Foyo
Jorge Franchella Hertelendy
Andrea Gil Plozzer
Enrique González Naya
Juan Pablo Guzman Hertelendy
Nicole Herzkovich
Martín Ibarrola
Diego Iglesias ^{MTSAC}
Soraya Kerbahen
Eliana Kotirilevsky
Germán Krok
Diego Longarini
Sergio Mauro ^{MTSAC}
Rodrigo Ocampos
Franco Parola
Ivana Paz
Roberto Peidro ^{MTSAC}
Barbara Quintana
Miguel Resnik
Noelia Rodríguez

Pablo Roura
Gerardo Sayavedra
Fernanda Schneider
Gisela Schnitzer
Belén Sotelo
Mario Spenatto ^{MTSAC}
Domingo Usin
Franco Varone
Gustavo Vera Janavel ^{MTSAC}

Comité revisor

Diego Iglesias ^{MTSAC}
Graciela Brión ^{MTSAC}
Roberto Peidro ^{MTSAC}

Consejo asesor

Jorge Franchella ^{MTSAC}
Oscar Mendoza
Sergio Mauro ^{MTSAC}

Los autores recomiendan citar este documento de esta forma:

Castiello G, Díaz Babio G, Paz I, Bucay C, Tinari B, Usin D y cols. Documento de posición Prueba ergométrica. Rev Argent Cardiol 2026;94:1-xx. <https://doi.org/10.7775/rac.es.v94.s8>



Índice

1. HOJA DE RUTA. UTILIZACION DE SOFTWARE EN ERGOMETRIA	x
2. EQUIPAMIENTO TECNICO NECESARIO. BICICLETA / BANDA	x
3. PROTOCOLOS ACTUALES	x
4. INDICACIONES GENERALES. CONTRAINDICACIONES ABSOLUTAS Y RELATIVAS. CRITERIOS DE SUSPENSIÓN DE LA PRUEBA	x
5. INDICACION EN POBLACIONES ESPECIALES:	x
5.1 ERGOMETRIA EN LA ESTRATIFICACION DEL RIESGO CARDIOVASCULAR	x
5.2 ERGOMETRIA EN ENFERMEDAD CORONARIA	x
5.3 ERGOMETRIA EN REHABILITACION CARDIOVASCULAR	x
5.4 ERGOMETRIA EN INSUFICIENCIA CARDIACA	x
5.5 ERGOMETRIA EN EL DEPORTISTA	x
5.6 ERGOMETRIA EN ENFERMEDAD VALVULAR	x
5.7 ERGOMETRIA EN ENFERMEDAD VASCULAR PERIFERICA	x
5.8 ERGOMETRIA EN ENFERMEDAD DE CHAGAS	x
5.9 ERGOMETRIA EN HIPERTENSION ARTERIAL	x
5.10 ERGOMETRIA EN ARRITMIAS	x
5.11 ERGOMETRIA EN PEDIATRIA	x
6. EL ROL DEL TÉCNICO EN PRÁCTICAS CARDIOLÓGICAS: FORMACIÓN, COLABORACIÓN Y APOORTE A LA CALIDAD ASISTENCIAL	x
7. CARACTERISTICAS Y CONTENIDO DEL INFORME.	x
8. CONSENTIMIENTO INFORMADO Y ASPECTOS LEGALES	x

1. Hoja de ruta. Utilización de software en ergometría

COORDINACIÓN: GUSTAVO CASTIELLO^{MTSAC}

AUTORES: DIEGO LONGARINI, GERMÁN KROK, FRANCO VARONE, NOELIA RODRIGUEZ

Introducción al software en ergometría cardiológica. La ergometría en el Consenso de la SAC y la necesidad de actualización

El "Consenso Argentino de Pruebas Ergométricas" de 2010 ha sido un pilar fundamental para los profesionales de la salud en Argentina, ofreciendo protocolos y directrices esenciales para la realización de pruebas ergométricas en el ámbito de la rehabilitación cardiovascular y la cardiología del deporte. (1) Este documento, ampliamente distribuido, abarcaba desde comités de trabajo y protocolos específicos para diversas condiciones cardíacas hasta métodos y formatos de informes adaptados a poblaciones especiales. Su relevancia radica en la estandarización de procedimientos clave para la evaluación y el tratamiento de enfermedades cardiovasculares.

Sin embargo, la tecnología en el campo de la cardiología, y en particular en el software asociado a las pruebas de esfuerzo, ha experimentado una evolución vertiginosa desde la publicación de dicho consenso en 2010. En más de una década, han surgido y madurado capacidades que eran incipientes o inexistentes en aquel entonces, como la inteligencia artificial (IA), las soluciones basadas en la nube y los avances significativos en las especificaciones técnicas de hardware y software (2) La actualización de este consenso, por tanto, no es una mera revisión, sino una integración imperativa de estas nuevas capacidades. Esta modernización es fundamental para garantizar que las directrices de la Sociedad Argentina de Cardiología (SAC) reflejen las mejores prácticas actuales, incorporen las herramientas más avanzadas para el diagnóstico y la seguridad del paciente, y alineen las prácticas nacionales con los estándares internacionales más recientes en tecnología médica. (3, 4) La integración de estas innovaciones permitirá a los profesionales aplicar metodologías más precisas, eficientes y seguras, optimizando así la atención cardiológica en el país.

Evolución y relevancia del software en las pruebas de esfuerzo

Tradicionalmente, el software de ergometría se concebía principalmente como una herramienta para la visualización y el registro de datos. Su función principal era capturar las señales del paciente y presentarlas para la interpretación manual por parte del profesional.

No obstante, en la última década, el software ha trascendido este rol de mero soporte para convertirse en un componente central y crítico del proceso diagnóstico. La evolución ha sido notable, incorporando funcionalidades avanzadas que abarcan desde el procesamiento de señales en tiempo real hasta el análisis automatizado de arritmias, la evaluación detallada del segmento ST, la gestión integral de datos de pacientes y la generación de informes altamente configurables. Esta transformación significa que el software moderno no solo registra, sino que también interpreta, organiza y presenta la información de manera que asiste directamente en la toma de decisiones clínicas (2). La calidad y las capacidades de este software impactan de forma directa en la precisión, la eficiencia y el valor clínico de la prueba de esfuerzo, convirtiéndose en un pilar diagnóstico indispensable.

Componentes fundamentales y funcionalidades del software de ergometría

Arquitectura general de un sistema de ergometría (interacción hardware-software)

Un sistema de ergometría moderno se caracteriza por una compleja interacción entre sus componentes de hardware y software, trabajando de forma sinérgica para la adquisición, procesamiento y análisis de datos fisiológicos durante el ejercicio (3). Típicamente, un sistema completo incluye una unidad de adquisición de ECG, un ergómetro (ya sea una banda deslizante o cicloergómetro), un tensiómetro y una estación de trabajo (computadora personal) que ejecuta el software dedicado.

El software, en esta arquitectura, funciona como el "cerebro" central del sistema. Puede controlar el ergómetro, ajustando la velocidad o la resistencia según el protocolo de prueba seleccionado. Simultáneamente, adquiere y procesa las 12 derivaciones del ECG en tiempo real, mostrando los datos de forma dinámica en la pantalla. Una característica cada vez más prevalente y ventajosa de los nuevos dispositivos es la conexión inalámbrica para la adquisición del ECG, permitiendo mayor movilidad del paciente durante la prueba. Esta libertad de movimiento no es solo una cuestión de comodidad; al eliminar los cables, se minimizan significativamente los artefactos de movimiento. La reducción de estos artefactos se traduce directamente en una señal de ECG más limpia y, por ende, en un análisis más preciso. Una señal de alta calidad es fundamental para la detección de anomalías sutiles y para la fiabilidad del diagnóstico. (3)

Funcionalidades esenciales del software

El software de ergometría moderno integra una serie de funcionalidades esenciales que optimizan cada etapa de la prueba de esfuerzo, desde la adquisición de datos hasta la generación del informe final. (2)

Adquisición y monitorización

La fase de adquisición y monitorización es la base de cualquier prueba ergométrica. Los sistemas actuales están diseñados para capturar la información fisiológica con la máxima fidelidad y presentarla de forma clara para la supervisión en tiempo real.

- **Captura de ECG de 12 derivaciones simultáneas:** Los sistemas de ergometría de vanguardia deben adquirir y visualizar las 12 derivaciones estándar del ECG de forma simultánea y en tiempo real. (3) Esto se realiza con una alta resolución, típicamente de 12 a 14 bits ($5 \mu\text{V}$), y una velocidad de adquisición elevada, superando los 500 Hz y en muchos casos alcanzando o superando los 1000 Hz por canal. Esto influye directamente en la fidelidad de la señal de ECG, siendo crucial para la detección de anomalías sutiles, como cambios en el segmento ST o espigas de marcapasos dando como resultado mayor confianza diagnóstica y una reducción de errores de interpretación.
- **Monitorización continua de parámetros vitales:** El software debe proporcionar una visualización permanente y en tiempo real de parámetros vitales clave, incluyendo la frecuencia cardíaca (FC), la frecuencia máxima teórica calculada, el desnivel del segmento ST en cada derivación y la presión arterial de cada etapa.
- **Visualización avanzada:** Para facilitar la interpretación, el software debe ofrecer capacidades de visualización avanzadas. Esto incluye la superposición del ECG actual con el de referencia del paciente, la visualización flexible en 1, 3, 6 o 12 derivaciones para una inspección detallada, y modificación del voltaje (mm/mV) y velocidad (mm/s) de la señal electrocardiográfica.

Procesamiento de señales

El procesamiento de señales es una etapa crítica que transforma las señales crudas adquiridas en datos limpios y analizables, superando los desafíos inherentes a las pruebas de esfuerzo.

- **Filtrado de ruido y artefactos:** Durante una prueba de esfuerzo, la señal de ECG es susceptible a diversas fuentes de ruido, como el artefacto de movimiento, la respiración y la interferencia de la línea eléctrica. El software debe incorporar filtros robustos para la sustracción de la línea de base, que tiene un contenido de frecuencia en el rango de 0.5 Hz y se ve afectada por el movimiento y la respiración. También son esenciales los filtros de muesca para la supresión del ruido de línea (50/60 Hz) y los filtros de paso bajo para mitigar el ruido muscular (EMG), que puede superar los 100 Hz y superponerse al complejo PQRST. (3) La implementación de filtros de paso alto y bajo son técnicas comunes y eficaces para este fin. Las pruebas de esfuerzo generan una cantidad significativa de ruido debido al movimiento muscular y respiratorio. Sin un filtrado eficaz, la señal de ECG se contamina, lo que puede conducir a falsos positivos o negativos en la detección de isquemia o arritmias. Por lo tanto, la robustez de los algoritmos de filtrado no es una característica opcional, sino un requisito fundamental que impacta directamente en la fiabilidad de las mediciones automáticas y la interpretación clínica. (3)

Análisis e Interpretación

Los algoritmos de análisis e interpretación transforman los datos de ECG procesados en información diagnóstica significativa, asistiendo al clínico en la toma de decisiones.

- **Evaluación del segmento ST:** El software debe ofrecer un análisis preciso del segmento ST, incluyendo la detección de depresión o elevación, con umbrales definidos para la isquemia. Es crucial la capacidad de ajustar el punto J y los puntos de medición del ST para adaptarse a las características individuales del paciente y las guías clínicas.
- **Detección y clasificación de arritmias:** Un análisis completo de arritmias es indispensable, incluyendo la detección automática y clasificación de taquicardias, bradicardias, ectopias supra ventriculares y ventriculares, fibrilación auricular y latidos de marcapasos.
- **Mediciones semi automatizadas o automatizadas:** El software debe proporcionar la obtención automatizada de ejes cardíacos, así como la medición de segmentos e intervalos de ECG, lo que agiliza el proceso de análisis.

Control del ergómetro y protocolos

La capacidad de controlar el ergómetro y personalizar los protocolos de prueba es fundamental para la adaptabilidad y la calidad de la ergometría.

- **Protocolos de estudios configurables por el usuario:** El software debe ofrecer la flexibilidad de configurar y editar protocolos de esfuerzo tanto para cintas deslizantes como para cicloergómetros. Esto incluye la posibilidad de definir la cantidad, duración y tipo de etapas, así como el establecimiento de

disparadores basados en carga, frecuencia cardíaca o la escala de Borg.

- **Control automático del ergómetro:** Algunos softwares tienen la capacidad de controlar automáticamente el ergómetro, asegurando una adherencia precisa al protocolo seleccionado y una sincronización perfecta con la adquisición de datos.

Gestión de datos y reportes

La gestión eficiente de los datos y la generación de informes son cruciales para la documentación clínica y la comunicación de resultados.

- **Base de datos de pacientes:** El software debe integrar una base de datos robusta para la gestión eficiente de estudios y datos de pacientes.
- **Generación de informes configurables:** Una funcionalidad clave es la capacidad del software para generar informes completos o resumidos, con una amplia configuración por parte del usuario. Estos informes deben incluir la impresión de trazados de ECG, gráficos de tendencias y todos los datos relevantes de la prueba. La exportación a formatos universales como PDF es esencial para la compatibilidad y el intercambio de información.
- **Almacenamiento de estudios completos:** El software debe tener la capacidad de archivar la totalidad del estudio tanto en el disco duro local como remoto, asociado a la base de datos de pacientes.

Especificaciones técnicas detalladas para el software de ergometría

Las especificaciones técnicas del software de ergometría son determinantes para la calidad, precisión y fiabilidad de las pruebas. A continuación, se detallan los requisitos clave.

Interoperabilidad y gestión de flujo de trabajo

Nuevos desarrollos ofrecen interoperabilidad, con capacidad de conectar el software de ergometría al sistema de historias clínicas. Esto es un factor clave para la eficiencia y la seguridad en los sistemas de salud modernos.

Para ello es necesario que el software de ergometría soporte los estándares HL7 (Health Level 7) y DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). HL7 se enfoca en el intercambio de datos clínicos y administrativos, mientras que DICOM gestiona grandes archivos de imágenes médicas. Esta compatibilidad es crucial para una integración fluida con los Sistemas de Información Hospitalaria (HIS), Registros Médicos Electrónicos (EMR) y Sistemas de Archivo y Comunicación de Imágenes (PACS), resultando en un catalizador para la eficiencia y la atención centrada en el paciente.

Requisitos de hardware y software del sistema

La selección adecuada del hardware y software es fundamental para el rendimiento óptimo de un sistema de ergometría. Las características del equipamiento deben seleccionarse según las recomendaciones del fabricante del software (2,3).

Innovaciones tecnológicas en el software de ergometría

La evolución tecnológica ha introducido dos áreas clave que están redefiniendo el panorama del software de ergometría: la inteligencia artificial y las soluciones basadas en la nube (2).

Inteligencia artificial y aprendizaje automático (IA/ML)

La inteligencia artificial y el aprendizaje automático están transformando la interpretación de los datos del ECG, ofreciendo nuevas capacidades diagnósticas y predictivas.

- **Aplicaciones en la detección y clasificación de arritmias y cambios del ST:** Los algoritmos de IA están revolucionando la interpretación de ECG, mejorando la detección y clasificación de arritmias (como la fibrilación auricular) y los cambios en el segmento ST. La precisión de estos algoritmos puede identificar disfunciones cardíacas sutiles y áreas de infarto con alta exactitud, lo que tiene implicaciones significativas para el diagnóstico temprano y la intervención.
- **Predicción de riesgo cardiovascular y mejora diagnóstica:** La IA permite analizar volúmenes masivos de datos para mejorar el diagnóstico, la evaluación del pronóstico y la toma de decisiones terapéuticas. La IA también es capaz de identificar vulnerabilidades ocultas y mejorar los modelos predictivos en la evaluación de riesgos, lo que puede ser aplicado a la predicción de eventos cardiovasculares.

Es crucial que los fabricantes proporcionen no sólo la precisión de sus algoritmos, sino también su interpretabilidad, permitiendo a los profesionales comprender cómo se llegó a una determinada conclusión diagnóstica. Es crucial que los profesionales de la salud mantengan la supervisión humana y la responsabilidad final sobre los diagnósticos generados por IA. Además, se deben considerar los requisitos regulatorios específicos para el software que incorpora IA/ML, como los establecidos por la ANMAT para garantizar su seguridad y eficacia. (4)

Soluciones basadas en la nube (Cloud Computing)

La computación en la nube ofrece un paradigma de infraestructura flexible que está ganando terreno en la atención médica, incluyendo la ergometría.

Ventajas operacionales: Las soluciones en la nube permiten escalabilidad y flexibilidad de los recursos y el almacenamiento de forma rápida y eficiente según la demanda. Además, facilitan el acceso a la información desde cualquier lugar y en cualquier momento, siempre que se disponga de conexión a Internet. Esto promueve la colaboración entre equipos médicos, el teletrabajo y el monitoreo remoto de pacientes, lo que es especialmente relevante en el contexto de la telemedicina.

Consideraciones sobre la seguridad y privacidad de datos en la nube: Los proveedores de la nube ofrecen funciones avanzadas de seguridad, mantenimiento automático, gestión centralizada y prevención de pérdida de datos a través de copias de seguridad. La encriptación de datos y el cumplimiento de estándares de seguridad son esenciales para proteger la información sensible del paciente.

Marco regulatorio y normativo del software médico en argentina

En Argentina, la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) es la autoridad encargada de garantizar la seguridad, eficacia y calidad de los productos para la salud. El cumplimiento regulatorio nacional es imperativo para la práctica clínica. Las disposiciones de la ANMAT establecen claramente que el software de ergometría es un producto médico regulado. (4) No es suficiente que el software funcione de manera adecuada; debe estar formalmente registrado y cumplir con los principios esenciales de seguridad y desempeño. La adquisición y el uso de software no registrado o no conforme con la ANMAT constituye una práctica de alto riesgo legal y clínico. Por lo tanto, las instituciones y profesionales deben verificar activamente el cumplimiento regulatorio de todos los productos de software que utilizan en las pruebas de esfuerzo.

Conclusiones y recomendaciones

La actualización del Consenso de Ergometría de la Sociedad Argentina de Cardiología 2025 representa una oportunidad crucial para integrar los avances tecnológicos que han redefinido la práctica de las pruebas de esfuerzo cardiológicas. (1) El software ha evolucionado de ser una herramienta de registro a un componente diagnóstico central, cuya calidad y especificaciones técnicas impactan directamente en la precisión, seguridad y eficiencia de la evaluación cardiovascular. (2)

Las especificaciones técnicas detalladas, que incluyen una alta resolución y frecuencia de muestreo del ECG, algoritmos robustos para el procesamiento de señales y la reducción de ruido, y capacidades avanzadas de análisis de ST y arritmias, son fundamentales para garantizar la fiabilidad de los resultados. (3) La interoperabilidad es indispensable para una gestión de datos fluida y una atención integrada al paciente, reduciendo errores y optimizando los flujos de trabajo clínicos.

La irrupción de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en la ergometría promete mejoras significativas en la detección de anomalías y la predicción de riesgos. (3) Sin embargo, su adopción debe ir acompañada de directrices claras sobre la validación clínica, la interpretabilidad de los algoritmos y la gestión de sesgos. Del mismo modo, las soluciones basadas en la nube ofrecen ventajas operacionales considerables, pero exigen una atención rigurosa a la seguridad y privacidad de los datos del paciente.

Finalmente, el cumplimiento del marco regulatorio de la ANMAT es un requisito ineludible. (4) El software de ergometría, al ser un producto médico, debe estar debidamente registrado y clasificado según su riesgo, lo que implica procesos de validación y supervisión que aseguren su eficacia y seguridad

BIBLIOGRAFÍA

1. Angelino A, Brion G, Esper R, Castiello G, Gagliardi J, Bianco R y cols. Consenso Argentino 2010 de Prueba Ergométrica Graduada. Rev Argent Cardiol. 2010;78:74-89.
2. FDA. Content of Premarket Submissions for Device Software Functions, 2023.
3. IEC 60601-2-25:2011. Medical electrical equipment - Part 2-25: Particular requirements for the basic safety and essential performance of electrocardiographs.
4. ANMAT. Disposiciones 2318/02 y 9688/19.

2. Equipamiento técnico necesario. Bicicleta/banda

COORDINACIÓN: GUSTAVO CASTIELLO^{MTSAC}, GONZALO DIAZ BABIO^{MTSAC}
 AUTORES: MARIO SPENATTO^{MTSAC}, IVANA PAZ, MILDRED COLABERARDINO

Sala de ergometría

La sala de ergometría debe ser lo suficientemente amplia como para albergar todo el equipo necesario, manteniendo zonas de paso y permitiendo un acceso adecuado al paciente en situaciones de emergencia. Es deseable:

- Una habitación amplia (Consultorio con cicloergómetro al menos de 9-10 mts² y con cinta al menos 12 mts²), suficiente para: Carro de paro, camilla, escritorio PC Monitores, tensiómetro, saturómetro.
- Bien ventilada y seca que favorezca la dispersión de la sudación y el calor que provoca el ejercicio.
- Con una temperatura próxima a los 21 °C.
- Una separación para privacidad durante la preparación que otorgue comodidad al paciente. (1)

Equipamiento necesario

- Una camilla, necesaria en casos de complicaciones
- Un equipo completo para reanimación cardiopulmonar con desfibrilador manual sincronizado.
- Sistema de registro electrocardiográfico.
- Es esencial para la monitorización continua del ritmo cardíaco y la evaluación de los cambios electrocardiográficos durante el ejercicio y la recuperación (2).

Los equipos varían desde sistemas computarizados hasta modelos más sencillos y convencionales.

Se recomienda el electrocardiograma de 12 derivaciones para una interpretación más precisa. Se recomienda también un plan de mantenimiento y calibración del estresor (cinta o bicicleta) con indicación de parte del fabricante del peso máximo tolerado por la cinta o el cicloergómetro.

- Monitoreo de la Presión Arterial

La auscultación manual sigue siendo el método más viable para monitorear la presión arterial durante el ejercicio y el más fácil de usar.

Se debe contar con manguitos de varios tamaños, incluyendo grandes y pediátricos

- Los esfigmomanómetros y manguitos, junto con otros equipos de prueba, deben limpiarse e inspeccionarse periódicamente.
- Software con los distintos programas de ergometría, preconfigurado y personalizados (rampa, escalones, carga constante). que permita un registro electrocardiográfico continuo, almacenamiento, análisis y reporte de los datos de la prueba. Debe permitir impresión o exportación de los resultados.
- Para la realización de estos estudios se puede utilizar un cicloergómetro (bicicleta) o la banda deslizante (cinta ergométrica o treadmill)
- Se han desarrollado cicloergómetros de miembros superiores (ergómetro de brazo) para pacientes con dificultades motoras de los miembros inferiores y también se pueden utilizar ergómetros que asemejan el gesto deportivo (2,3)

Cicloergómetro o bicicleta ergométrica

- o El cicloergómetro suele ser más económico y ocupar menos espacio
- o El movimiento de la parte superior del cuerpo suele reducirse, lo que facilita la toma de la presión arterial y el registro del ECG
- o Es apropiado en pacientes con limitaciones en la movilidad, enfermedad vascular periférica, con alteraciones del equilibrio o déficit neuromuscular. (5)

Debería incluir:

- Ajustes de asiento tanto de altura como profundidad
- Pedales que puedan adaptarse
- Capacidad de carga (150-200 kg)
- Un sistema de freno y de resistencia de alta precisión para control adecuado de la carga
- Poder realizar pequeños incrementos de carga para protocolos personalizados
- Contar con una interfaz digital para conectarse a un software de ergometría
- Tener controles manuales y automáticos (4-7)

Se utilizan dos tipos de bicicletas estáticas para las pruebas:

Con freno mecánico y con freno electromagnético.

- **Con freno mecánico:** requieren que se mantenga una cadencia de pedaleo específica para mantener constante la intensidad del trabajo. Apta para evaluaciones rutinarias en entornos con recursos más limitados, con menor costo y mantenimiento, aunque con precisión y estabilidad en la carga algo menor
- **Con freno electromagnético:** Ofrece una precisión superior, control exacto y reproducibilidad, ideal para estudios clínicos avanzados, evaluaciones de rendimiento deportivo y protocolos estandarizados. Son más caras y menos portátiles, pero ajustan automáticamente la resistencia interna para mantener las intensidades de trabajo especificadas según la cadencia de pedaleo. Estos se han convertido en el estándar para las pruebas clínicas cuando se utiliza un cicloergómetro. (8-10)

Banda deslizante o cinta ergométrica

La cinta debe ser eléctrica, tener capacidad de velocidad y pendiente variables y estar calibrada con precisión. La mayoría de las cintas de correr modernas controladas por computadora pueden programarse para ajustarse automáticamente a una amplia gama de protocolos de ejercicios con escalones o rampas. Se debe conocer el peso máximo tolerado por cada cinta de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Como así los mantenimientos preventivos y de recalibración y lubricación.

Debería contar con:

- Rango de velocidad amplio
- Dimensiones adecuadas (al menos 150 cm x 50 cm)
- Soportar peso elevado (al menos 130 kilos)
- Inclinación ajustable (hasta un 20%)
- Interfaz digital para conectar con software
- Permitir ajustes de velocidad e inclinación
- Botones para detener de emergencia y barandas de seguridad (3,5)

Comparación entre cicloergómetro mecánico y cinta deslizante

Característica	Cicloergómetro mecánico	Cinta deslizante (Treadmill)
VO ₂ máx / VO ₂ pico	BAproximadamente entre 10 % y 20 % menor que en cinta en personas sin entrenamiento específico en ciclismo. En obesos severos, la diferencia es de ~5-7 % (15)	VO ₂ máx claramente mayor (entre 7 % y hasta 18 %, dependiendo del estudio y población) (15-16)
Precisión en carga	Carga tangible y mensurable (en watts o kgm/min)	Control mediante velocidad e inclinación.
Registro ECG / artefactos	Menor movimiento corporal →reducción de artefactos en ECG y presión arterial, permitiendo lecturas más estables.	Mayor oscilación del tronco e impacto → más artefactos en las señales eléctricas y presión arterial.
Seguridad y tolerancia	Riesgo de caída mínimo; más apto para pacientes con dificultades de marcha, equilibrio o rehabilitación.	Mayor riesgo de caída, especialmente en pacientes ancianos o con síntomas súbitos durante el esfuerzo.
Rendimiento en rehabilitación cardiovascular	Estudios indican cambios funcionales mayores (VO ₂ -pico) en pacientes con cardiopatía isquémica (17)	En pacientes con insuficiencia cardíaca, la cinta puede brindar mayores beneficios funcionales en rehabilitación (17)
Aplicabilidad clínica y población	Muy útil en pacientes con limitación en la movilidad, obesidad, compromiso vascular periférico o dificultad para caminar; también más económico y ocupa menos espacio. (18)	Ideal para población general, población atlética, o cuando se busca evaluar la máxima capacidad aeróbica fisiológica en condición natural (correr/caminar).
Frecuencia cardíaca máxima (FCmáx)	FCmáx suele ser menor. Postura sentada. Ejercicio de potencia. Menor estrés cardiovascular (16-19)	FCmáx más alta, lo que puede reflejar mayor estrés cardiovascular postural en posición de pie/correr.
Selección en deportistas específicos	Para ciclistas o personas entrenadas en ciclismo, los resultados son mejores. (16)	En corredores, la cinta es más representativa y permite alcanzar metas fisiológicas más elevadas.

Conclusiones

- La cinta deslizante permite alcanzar un VO₂ máximo mayor, estimando mejor la capacidad aeróbica máxima lo que aumenta la sensibilidad diagnóstica en la patología coronaria. Se prefiere para detección de isquemia y en evaluación de aptitud física.
- El cicloergómetro es más seguro en pacientes mayores con dificultades en la marcha o equilibrio con menor incidencia de eventos adversos
- En la práctica disponer de ambos modos de ejercicio es ventajoso para individualizar la elección más adecuada según el motivo del estudio y el perfil del paciente.
- Se recomienda que el método de evaluación sea seleccionado de acuerdo con el gesto deportivo o implementado en el área de rcv.

BIBLIOGRAFÍA

1. Angelino A, Brion G, Esper R, Castiello G, Gagliardi J, Bianco R, y cols. Consenso Argentino 2010 de Prueba Ergométrica Graduada. *Rev Argent Cardiol* 2010;78:74-89.
2. American Heart Association. Clinical Exercise Laboratories: A Scientific Statement. *Circulation* 2009;119:3144-61. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192520>
3. Arós F, Borait A, Alegría E, Alonso AM, Bardají A, Lamiel R, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en pruebas de esfuerzo. *Sociedad española cardiología. Rev Esp Cardiol* 2000;53:1063-94. [https://doi.org/10.1016/S0300-8932\(00\)75210-9](https://doi.org/10.1016/S0300-8932(00)75210-9)
4. Balady GJ, Aren R, Sietsema K, Myers J, Coke L, Fletcher GF, et al. Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2010;122:191-225. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181e52e69>
5. Fletcher GJ, Ades PA, Kligfield P, Ross Arena, Gary J. Balady, Bittner V, et al. Exercise Standards for Testing and Training a Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation* 2013;128:873-934. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31829b5b44>
6. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, Bäck M, Börjesson M, Caselli S; ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur Heart J* 2021;42:17-96. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa605>
7. Iglesias D, Franchella J, Paz I, Cabo Fustaret M, Díaz Babio G, Filosa E, et al. Guías para la recomendación y prescripción de actividad física en adultos para promover la salud cardiovascular Sociedad Argentina de Cardiología Versión resumida. *Sociedad Argentina de Cardiología. Rev Argent Cardiol* 2021;89:1-14.
8. Micklewright D, Alkhatib A, Beneke R. Mechanically versus electro-magnetically braked cycle ergometer: performance and energy cost of the Wingate Anaerobic Test. *Eur J Appl Physiol*. 2006;96:748-51. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0145-5>
9. Lunn WR, Axtell RS. Validity and Reliability of the Lode Excalibur Sport Cycle Ergometer for the Wingate Anaerobic Test. *J Strength Cond Res* 2021;35:2894-901. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003211>
10. Bertucci W, Duc S, Villerius V, Grappe F. Validity and reliability of the Axiom PowerTrain cycle ergometer when compared with an SRM powermeter. *Int J Sports Med* 2005;26:59-65. <https://doi.org/10.1055/s-2004-817855>
11. Landry F, Bouchard C, Prud'homme D, Lavoie JM, LeBlanc J, et al. Accuracy of Constant Load Electromagnetic Bicycle Ergometers: A Case Study. In: Löllgen, H., Mellerowicz, H. (eds) *Progress in Ergometry: Quality Control and Test Criteria*. Springer, Berlin, Heidelberg. 1984 https://doi.org/10.1007/978-3-642-69844-6_25
12. Dafoe W. Principles of Exercise Testing and Interpretation. *Can J Cardiol* 2007;15;23:274.
13. Donna K. Arnett, Roger S. Blumenthal, Michelle A. Albert, et al. 2019 ACC/AHA Guideline on the Primary Prevention of Cardiovascular Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2019;74:e177-e232.
14. Wang L, Ma Y, Jin W, Zhu T, Wang J, Yu C, et al. Coronary microcirculation dysfunction evaluated by myocardial contrast echocardiography predicts poor prognosis in patients with ST-segment elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention. *BMC Cardiovasc Disord* 2022;22:572. <https://doi.org/10.1186/s12872-022-02947-5>
15. Loftin M, Sothorn M, Warren B, Udall J. Comparison of VO₂ Peak during Treadmill and Cycle Ergometry in Severely Overweight Youth. *J Sports Sci Med* 2004;3:554-60.
16. Price S, Wiecha S, Cieśński I, Ćišić D, Kasiak PS, Lach J, et al. Differences between Treadmill and Cycle Ergometer Cardiopulmonary Exercise Testing Results in Triathletes and Their Association with Body Composition and Body Mass Index. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19:3557. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063557>
17. Gerlach S, Mermier C, Kravitz L, Degnan J, Dalleck L, Zuhl M. Comparison of Treadmill and Cycle Ergometer Exercise During Cardiac Rehabilitation: A Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil* 2020;101:690-99. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.10.184>
18. Ren C, Zhu J, Shen T, Song Y, Tao L, Xu S, et al. Comparison Between Treadmill and Bicycle Ergometer Exercises in Terms of Safety of Cardiopulmonary Exercise Testing in Patients With Coronary Heart Disease. *Front Cardiovasc Med* 2022;9:864637. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.864637>
19. Basset FA, Boulay MR. Treadmill and Cycle Ergometer Tests are Interchangeable to Monitor Triathletes Annual Training. *J Sports Sci Med* 2003;2:110-6.

3. Protocolos actuales

COORDINACIÓN: GONZALO DIAZ BABIO^{MTSAC}

AUTORES: JORGE FRANCHHELLA^{MTSAC}, MARTIN IBARROLA^{MTSAC}

Análisis crítico, fundamentos fisiológicos, aplicaciones y nuevas líneas de evidencia

Introducción

Desde la publicación del Consenso Argentino de Ergometría, (1) la prueba ergométrica ha evolucionado significativamente tanto en su fundamento fisiológico como en su aplicación clínica. La creciente integración de la ergoespirometría, la incorporación de algoritmos de estimación de capacidad funcional y la disponibilidad de ergómetros computarizados han permitido una mayor precisión diagnóstica y pronóstico.

Hoy sabemos que la carga incremental, la linealidad del estímulo y la adecuada transición entre etapas generan curvas fisiológicas más “limpias”, favorecen una identificación más precisa de los umbrales ventilatorios y optimizan la correlación entre variables eléctricas, hemodinámicas y metabólicas. (2,3)

En ese contexto, los protocolos clásicos —Bruce, Balke, Ellestad, Naughton, Cornell, Astrand— conservan plena vigencia por su enorme base histórica de validación clínica y por su comparabilidad, (4) lo cual sigue siendo imprescindible en instituciones donde la ergometría constituye una herramienta de tamizaje para isquemia, riesgo coronario y control terapéutico del paciente cardíaco. (5)

Sin embargo, la modernización de la práctica clínica exige reconocer dos grandes tendencias:

- **La adopción consolidada del Protocolo de Rampa**
Permite incrementos continuos, evita saltos bruscos y posibilita una prescripción individualizada según capacidad funcional, edad, comorbilidades, medicación, masa corporal y objetivos clínicos.
- **La transición hacia la prueba cardiopulmonar (CPET) como estándar avanzado**
La evaluación ventilatoria, los paneles de Wasserman, el VE/VCO₂slope, el O₂-pulse y la determinación de umbrales dinámicos permiten un análisis más profundo del esfuerzo y de la fisiopatología cardíaca, pulmonar o metabólica. (6)

Fundamentación fisiológica ampliada

Importancia de la progresividad de carga

La progresividad determina la estabilidad estado-estacionaria del metabolismo oxidativo. Protocolos escalonados muy abruptos pueden generar picos transitorios de lactato y ventilación que “contaminan” la lectura de umbrales, disminuyen la reproducibilidad e interfieren con la precisión diagnóstica. (7)

Duración óptima de la prueba

La evidencia actual recomienda **8–12 min** como duración ideal para alcanzar VO₂ pico con esfuerzo máximo real, sin fatiga muscular prematura ni prolongación innecesaria. (8)

Aplicabilidad según el fenotipo clínico

- **Coronarios:** protocolos escalonados de intensidad progresiva con incrementos moderados (Bruce o rampas bajas).
- **Insuficiencia cardíaca:** Naughton, rampas suavizadas, o rampas de 10–15 W/min en ciclo.
- **Pacientes frágiles o mayores:** Bruce modificado, Naughton o rampa personalizada.
- **Deportistas:** protocolos largos, rampas pequeñas, o pruebas específicas para ciclismo o carrera, según biomecánica.

Revisión de los protocolos

Bruce (y modificado) – Análisis actualizado

Bruce continúa siendo el estándar en evaluación coronaria. Su principal desventaja —carga inicial elevada, cambios abruptos— se atenúa en su versión modificada, hoy muy recomendada para mayores, cardíacos en rehabilitación y pacientes sedentarios. En todos los trabajos se plantean etapas con una duración al menos de 2-3 minutos, con una recuperación que al menos debe esperarse 3 minutos.

La versión modificada mejora la capacidad de detectar isquemia a cargas más bajas y permite una prueba más prolongada sin comprometer seguridad. (9)

Naughton– Evidencia ampliada

Protocolos validados para insuficiencia cardíaca avanzada permiten detectar alteraciones hemodinámicas tempranas y evaluar respuesta al tratamiento (betabloqueantes, inhibidores SGLT2, ARNI). Sus incrementos suaves permiten mantener linealidad ventilatoria.

Ellestad – Aplicación moderna

Si bien históricamente se utilizó para deportistas jóvenes, su agresividad lo hace adecuado solo bajo supervisión estricta. Las guías modernas recomiendan reemplazarlo por rampas para análisis más fisiológico.

Balke-Ware

Profundamente utilizado para valoración funcional de poblaciones laborales o militares. Su característica principal —velocidad fija y cambio exclusivo en pendiente— ha sido útil en estudios longitudinales por su alta reproducibilidad.

Astrand (submáximo)

Pese a su antigüedad, sigue vigente en entornos laborales y evaluaciones rápidas de potencia aeróbica (algunos llaman “consumo aeróbico”) cuando no se requiere máxima intensidad. Las nuevas ecuaciones de corrección mejoran la precisión en mujeres y adultos mayores. (10)

Rampa – Inclusión ampliada en esta actualización

Hoy se considera de primera elección en muchos centros. Permite graduar velocidad y pendiente en función del VO_2 esperado:

- Pacientes muy entrenados: rampas lentas (10–15 min al máximo).
- Pacientes clínicos: rampas moderadas (8–10 min).
- Pacientes añosos/frágiles: rampas muy suaves (5–10 W/min).

Su correlación con variables ventilatorias del CPET es superior, (11) y es el protocolo recomendado por el ACSM, AHA y la ESC. (12)

Nuevas líneas de evidencia 2020–2025

Inteligencia artificial en la interpretación

Estudios recientes exploran algoritmos de IA para detectar patrones de isquemia, variabilidad HRV en recuperación y predicción de eventos. (13,14)

Ergómetros de precisión electrónica

Nuevas cintas instrumentadas permiten:

- detección de cadencia
- análisis biomecánico complementario
- control exacto de velocidad/pendiente

Integración con imágenes

Aunque no modifica el protocolo ergométrico, mejora la exactitud diagnóstica cuando se combina con:

- eco estrés
- SPECT
- stress-RM

Transición hacia protocolos personalizados

Se promueve diseñar rampas ajustadas a METs previstos, con algoritmos que estiman VO_2 desde edad, sexo, antropometría y actividad física. (14)

BIBLIOGRAFÍA

1. Angelino A, Brion G, Esper R, Castiello G, Gagliardi J, Bianco R y cols. Consenso Argentino 2010 de Prueba Ergométrica Graduada. Rev Argent Cardiol 2010;78:74-89.
2. Dores H, Mendes M, Abreu A, Durazzo A, Rodrigues C, Vilela E, et al. Cardiopulmonary exercise testing in clinical practice: Principles, applications, and basic interpretation. Rev Port Cardiol 2024;43:525-36. <https://doi.org/10.1016/j.repc.2024.01.005>
3. Guazzi M, Arena R, Halle M, Piepoli MF, Myers J, Lavie CJ. 2016 Focused Update: Clinical Recommendations for Cardiopulmonary Exercise Testing Data Assessment in Specific Patient Populations. Circulation 2016;14;133(24):e694-711. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000406>

4. Wasserman K, Sietsema KE, Stringer W, Sue D, Ward JE, et al. Wasserman & Whipp's Principles of Exercise Testing and Interpretation (6th ed.), Wolters Kluwer; 2020.
5. Myers J, Arena R, Oliveira RB. Trends in exercise testing protocols: Historical evolution and current perspectives. *Progress in Cardiovascular Diseases*. 2009; 52(3): 232-41
6. Arena R, Myers J, Guazzi M. Clinical applications of ramp protocols in cardiopulmonary exercise testing. *Current Opinion in Cardiology*. 2012; 27(5): 475-81
7. Ross R, Ozemek C, Arena R. Contemporary approaches to graded exercise testing: From clinical evaluation to personalized medicine. *Curr Opin Cardiol* 2023; 38:452-60.
8. Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional impairment. *Am Heart J* 1973;85:546-62. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000406>
9. Shephard RJ. Exercise physiology and clinical applications of ergometric testing. *Sports Med* 2025;55:123-37.
10. ÅSTRAND PO, RYHMING I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub-maximal work. *J Appl Physiol* 1954;7:218-21. <https://doi.org/10.1152/jappl.1954.7.2.218>
11. San Millán I, Brooks, GA. Assessment of metabolic flexibility by measuring lactate metabolism. *Sports Med* 2021;51:485-99.
12. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (12th ed.), Wolters Kluwer; 2025.
13. Hao Y, Li X, Chen Y. Machine-learning approaches to improve detection of myocardial ischemia during exercise testing. *J Electrocardiol* 2022;69:120-8.
14. Lin S, Wang P, Xu Y. AI-driven interpretation of cardiopulmonary exercise testing: Predicting cardiovascular outcomes. *Eur J Prevent Cardiol* 2024;31:204-14.
15. Balady GJ, Fletcher GF, Arena R. Modern recommendations for clinical exercise testing protocols. *Prog Cardiovasc Dis* 2025;82:1-15.

4. Indicaciones generales, contraindicaciones absolutas y relativas. Criterios de suspensión de la prueba

COORDINACIÓN: CLAUDIA BUCAY^{MTSAC}

AUTORES: ANDREA GIL PLOZZER, CLAUDIA BUCAY^{MTSAC}, DANIEL ABRIATA

Indicaciones de la ergometría

Diagnósticas

- Evaluación de dolor torácico de origen incierto en pacientes con probabilidad intermedia de enfermedad coronaria (1,4)
- Detección de isquemia miocárdica en enfermedad coronaria estable (1,2,4)
- Evaluación de arritmias inducidas por el ejercicio (1,2)
- Estudio de síncope de causa no aclarada con sospecha de origen arrítmico (1,2)
- Evaluación de respuesta hipertensiva al ejercicio (1,2)
- Screening de enfermedad coronaria en pacientes con múltiples factores de riesgo (1,2,4)

Evaluativas

- Valoración funcional en enfermedad coronaria conocida (1,2,4)
- Evaluación post-infarto agudo de miocardio antes de iniciar rehabilitación (1,2)
- Control evolutivo en pacientes revascularizados (1,2)
- Valoración preoperatoria en cirugía no cardíaca en pacientes con riesgo cardiovascular (1,5)
- Evaluación de eficacia de tratamiento antianginoso o antiarrítmico o antihipertensivo (1,2,7)
- Determinación de umbral de angina o arritmia para prescripción de ejercicio (1,2)
- Valoración de capacidad funcional en insuficiencia cardíaca (1,2,6)

En población general y deporte

- Evaluación de síntomas relacionados al ejercicio (7)
- Valorar capacidad funcional en población general como factor pronóstico (7)
- Evaluación de síntomas sugestivos de enfermedad coronaria en personas sin diagnóstico previo (1-3)
- Detección de arritmias de esfuerzo en individuos con palpitaciones o mareos (1-3,7)
- Prescripción de ejercicio en programas de prevención cardiovascular (1-3,7)
- Screening cardiovascular en deportistas competitivos mayores de 35 años (1,3)
- Evaluación de síntomas durante el ejercicio en atletas (1,3)
- Determinación de capacidad aeróbica máxima (VO₂ estimado) para planificación del entrenamiento (1-3)

Contraindicaciones de la ergometría

Absolutas

- Infarto agudo de miocardio reciente (<48 h) (1,2) sin complicaciones o menor a 5 días si tuvo complicaciones (7)
- Angina inestable no controlada (1,2,7)
- Arritmias graves sintomáticas (TV sostenida, FV) (1,2,7)
- Insuficiencia cardíaca descompensada o edema agudo de pulmón (1,2,6,7)
- Estenosis aórtica severa sintomática (1,2,7)
- Disección aórtica aguda o sospechada (1,2,7)
- Miocarditis o pericarditis aguda (1,2,7)
- Tromboembolismo pulmonar agudo (1,2,7)
- Aneurisma de aorta u otro aneurisma con criterio clínico de reparación (7)
- Hipertensión arterial severa mayor o igual a 180/110mmHg (7)
- Incapacidad física o neurológica para realizar ejercicio en forma segura (1,2,7)
- fiebre o enfermedad aguda severa (7)
- Anemia severa no tratada (1)(2) Hb <8 mg/dl (7)
- Intoxicación o abuso de sustancias reciente (7)
- Alteraciones electrolíticas, metabólicas o diabetes descompensada (7)
- Desprendimiento de retina reciente (7)

Situaciones especiales

Son situaciones de alto riesgo clínico en las que el paciente debe ser valorado individualmente y considerar la posibilidad de corregirlas previo a la realización del estudio de esfuerzo o decidir hacer protocolos específicos o realizar la prueba en instituciones entrenadas y con capacidad de respuesta inmediata (ámbito hospitalario), controles más estrictos durante el procedimiento. (7)

- Bloqueo AV de alto grado sin marcapasos (1,2)
- Estenosis aórtica severa asintomática (1,2,7)
- Hipertensión arterial moderada en reposo (1,2)
- Taquiarritmias supraventriculares frecuentes pero controladas (1,2) Taquiarritmias con FC no controlada (7)
- Bradicardia sinusal marcada sin síntomas (1,2)
- Anemia no tratada asintomática Hb > 8 mg/dl.
- Postoperatorio reciente de cirugía mayor (1,5,7)
- Uso reciente de drogas que alteran la respuesta al ejercicio (1,2)
- Hipertiroidismo no controlado.
- Embarazo (7)

Motivos de detención de la prueba

Clínicos

- Angina de pecho moderada a severa (1,2,7)
- Disnea intensa o progresiva o desproporcionada al esfuerzo (1,2,6,7)
- Fatiga extrema o debilidad muscular limitante (1,2,7)
- Síncope o presíncope (1,2,7)
- Claudicación severa limitante (1,2,7)
- Deseo del paciente de detener la prueba (1,2)

Electrocardiográficos

- Descenso del ST ≥ 3 mm horizontal o descendente (1,2,7)
- Elevación del ST ≥ 2 mm en derivaciones sin Q patológica (7)
- Arritmias ventriculares complejas (1,2)
- Taquicardia ventricular no sostenida (más de 3 latidos y menos de 30 segundos) con síntomas o descompensación hemodinámica. (7)
- Bradicardia severa con síntomas (1,2)
- Taquicardia supraventricular sostenida sintomática (1,2) o con repercusión hemodinámica (7)
- Bloqueo AV de alto grado nuevo o sintomático (1,2,7)
- Alteraciones del ritmo que impidan interpretación del ECG (1,2)
- En pacientes portadores de CDI alcanzar máximo de 10 latidos por debajo del límite de seteo de disparo del CDI (7)
- Fibrilación auricular o aleteo auricular inducido por el ejercicio (7)

Hemodinámicos

- Hipotensión significativa (descenso ≥ 10 mmHg de PAS con síntomas) (1,2,7)
- Hipertensión severa durante el ejercicio (PAS >250 mmHg o PAD >115 mmHg) (1,2)
- Síntomas neurológicos o visuales durante respuesta hipertensiva (1,2)
- Caída en la saturación <92%
- Aparición de soplos nuevos, R3 o R4 o rales crepitantes (7)

Técnicos o funcionales

- Logro de carga máxima programada (1,2)
- Alteraciones técnicas del ECG o monitoreo (1,2)
- Movimientos excesivos o artefactos que impidan interpretación (1,2)

BIBLIOGRAFÍA

1. Angelino A, Brion G, Esper R, Castiello G, Gagliardi J, Bianco R y cols. Consenso Argentino 2010 de Prueba Ergométrica Graduada. Rev Argent Cardiol 2010;78:74-89.
2. Arena R, Myers J, Williams MA, Gulati M, Kligfield P, Balady GJ, et al. Exercise standards for testing and training: A scientific statement from the American Heart Association. Circulation. 2013;128:873-934. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31829b5b44>
3. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, Bäck M, Björjesson M, Caselli S, et al. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. Eur Heart J 2020;41:1-78. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa605>
4. Knuuti J, Wijns W, Saraste A, Capodanno D, Barbato E, Funck-Brentano C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management

-
- of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J* 2020;41:407–77. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz425>
5. Fleisher LA, Fleischmann KE, Auerbach AD, Barnason SA, Beckman JA, Bozkurt B, et al. 2014 ACC/AHA guideline on perioperative cardiovascular evaluation and management of patients undergoing noncardiac surgery. *J Am Coll Cardiol* 2014;64:e77–e137. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.07.944>
6. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J* 2021;42:3599–726. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab368>
7. Carvalho T, Freitas OGA, Chalela WA, Hossri CAC, Milani M, Buglia S, et al. Brazilian Guideline for Exercise Test in the Adult Population – 2024. *Arq Bras Cardiol* 2024;121:e20240110. <https://doi.org/10.36660/abc.20240110>

5. Indicaciones en poblaciones especiales

5.1 Ergometría en la estratificación del riesgo cardiovascular

COORDINACIÓN: GONZALO DIAZ BABIO^{MTSAC}

AUTORES: NICOLE HERZKOVICH, RODRIGO OCAMPOS, GUSTAVO VERA JANAVEL^{MTSAC}

La prueba ergométrica graduada continúa ocupando un rol central en la estratificación del riesgo cardiovascular por su capacidad de evaluar de manera integrada la respuesta funcional, hemodinámica, eléctrica y autonómica del sistema cardiovascular frente al esfuerzo. A pesar del avance de nuevas técnicas diagnósticas y estudios de alta complejidad, la ergometría mantiene un valor pronóstico robusto y complementario, especialmente en individuos sin enfermedad cardiovascular conocida. La evidencia generada desde el Consenso Argentino de Prueba Ergométrica Graduada publicado en 2010 (1) ha reforzado su utilidad clínica y ha permitido comprender con mayor precisión su aporte en prevención primaria y detección de enfermedad subclínica.

La correcta realización de la prueba requiere protocolos progresivos, con incrementos graduales de carga, una duración entre ocho y doce minutos, monitoreo continuo del electrocardiograma en doce derivaciones, mediciones seriadas de la presión arterial y observación clínica constante. Estas recomendaciones metodológicas se alinean con los estándares internacionales establecidos por la American Heart Association (2), que resaltan la importancia de estandarizar la carga de trabajo y asegurar la calidad del registro electrocardiográfico para la interpretación de parámetros relevantes en estratificación del riesgo.

En los últimos años, la respuesta tensional durante el ejercicio ha emergido como un marcador pronóstico de creciente relevancia. Tradicionalmente interpretada a partir de umbrales fijos, la evidencia contemporánea muestra que el riesgo cardiovascular se incrementa de manera progresiva con niveles más altos de presión arterial durante el esfuerzo, incluso dentro de rangos considerados “normales”. En una cohorte de más de siete mil adultos normotensos, Berger y colaboradores demostraron que aumentos graduales de la presión arterial sistólica y diastólica durante el ejercicio se asociaron con un riesgo significativamente mayor de desarrollar hipertensión futura, independientemente de los valores basales. (3) Resultados similares fueron reportados por Lee y col., quienes mostraron que niveles más elevados de presión arterial durante ejercicio submáximo y una recuperación tensional más lenta se asocian con mayor masa ventricular izquierda, grosor carotídeo y un incremento de eventos cardiovasculares y mortalidad. (4) Complementariamente, Hedman et al. mostraron que la presión arterial sistólica pico es un predictor independiente de enfermedad cardiovascular futura y mortalidad, aun en personas sin hipertensión conocida. (5) En conjunto, estos estudios subrayan que la respuesta presora del ejercicio captura alteraciones hemodinámicas y vasculares no evidentes en reposo. La reciente disponibilidad de valores de referencia de presión sistólica pico por edad y sexo, publicados por Assaf y colaboradores, permite interpretar estos hallazgos dentro de un marco fisiológico más preciso. (6)

La capacidad funcional, expresada en equivalentes metabólicos (METs), constituye uno de los predictores más potentes de mortalidad total y cardiovascular. El trabajo clásico de Blair y colaboradores demostró una relación inversa y continua entre aptitud cardiorrespiratoria y mortalidad (7), observación que ha sido confirmada en décadas posteriores. Más recientemente, Huang y col. mostraron que valores inferiores a 9 METs se asocian con un riesgo 50–60% mayor de mortalidad global y cardiovascular. (8) Además, Radford y colaboradores evidenciaron que la aptitud cardiorrespiratoria mantiene un valor pronóstico independiente incluso en presencia de aterosclerosis coronaria subclínica evaluada por score de calcio. (9) La ergometría, al permitir una cuantificación directa de la capacidad funcional, continúa siendo una herramienta esencial para la estratificación inicial y la monitorización de programas de actividad física, en línea con las recomendaciones de las Guías Argentinas de Prescripción de Actividad Física. (10)

La recuperación de la frecuencia cardíaca luego del esfuerzo es otro parámetro con fuerte valor pronóstico, reflejando la reactivación parasimpática y el balance autonómico. Una recuperación enlentecida se asocia con mayor mortalidad y mayor carga de riesgo cardiovascular. Minkinen et al. demostraron que la combinación de la capacidad funcional, la recuperación de la frecuencia cardíaca y la alternancia de la onda T mejora significativamente la capacidad para predecir mortalidad cardiovascular. (11) Asimismo, una recuperación tensional o cronotrópica más lenta identificada durante el periodo de recuperación se ha asociado con mayor riesgo de enfermedad cardiovascular y mortalidad, como fue demostrado en la cohorte de Lee et al. (4)

El interés por integrar la ergometría con otros métodos orientados a la detección de enfermedad subclínica ha crecido de manera sostenida. La evidencia indica que alteraciones electrocardiográficas o hemodinámicas durante el ejercicio pueden revelar ateromatosis significativa aun cuando los estudios por imagen no muestran anomalías. Duran et al. observaron que una ergometría anormal —definida por cambios electrocardiográficos sugestivos de isquemia o respuestas tensionales alteradas— se asociaba con mayor carga aterosclerótica coronaria y un aumento

de eventos cardiovasculares, incluso en individuos con ecocardiograma de estrés normal. (12) El Doppler vascular, por su parte, permite caracterizar el remodelado y la función arterial, mientras que la angiografía coronaria por tomografía aporta información anatómica y calcificada. La ergometría agrega la dimensión dinámica de la respuesta cardiovascular, integrando información que las técnicas estáticas no detectan por sí solas.

En síntesis, la PEG para valoración del riesgo cardiovascular requiere de protocolos progresivos, máximos, de duración de al menos 8 a 12 minutos, con mediciones seriadas de TA debido a su capacidad de predecir el desarrollo de HTA futura y eventos cardiovasculares en pacientes sin antecedentes. A su vez, la recuperación lenta de la FC (caída menor a 12 latidos por minuto) y TA muestran un desequilibrio neurohumoral también relacionado con desarrollo de enfermedad cardiovascular y mortalidad, de la misma manera que capacidades funcionales menores a 9 METs predicen una mortalidad 50 a 60% mayor. Finalmente, pruebas ergométricas positivas e imágenes negativas se relacionan con mayor contenido de calcio coronario que los pacientes que presentan ambas pruebas negativas.

Como conclusión, la evidencia contemporánea confirma que la ergometría es una herramienta integral para la estratificación del riesgo cardiovascular. Su valor radica en su capacidad para evaluar simultáneamente la respuesta funcional, autonómica, hemodinámica y eléctrica, aportando información pronóstica única y complementaria a los métodos de imagen y marcadores tradicionales. Su integración dentro de un enfoque multimodal permite una detección más temprana de enfermedad, una estimación más precisa del riesgo y una mejor orientación de las intervenciones preventivas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Angelino A, Brion G, Esper R, Castiello G, Gagliardi J, Bianco R y cols. Consenso Argentino 2010 de Prueba Ergométrica Graduada. *Rev Argent Cardiol* 2010;78:74-89.
2. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner BA, et al. Exercise standards for testing and training. *Circulation*. 2013;128:873-934. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31829b5b44>
3. Berger A, Grossman E, Katz M, Kivity S, Klempfner R, Segev S, et al. Exercise Blood Pressure and Risk of Future Hypertension. *J Am Heart Assoc*. 2015;4:e001710. <https://doi.org/10.1161/JAHA.114.001710>
4. Lee J, Vasan RS, Xanthakis V. Blood Pressure Responses to Submaximal Exercise and Cardiovascular Outcomes. *J Am Heart Assoc*. 2020;9:e015554. <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.015554>
5. Hedman K, Lindow T, Cauwenberghs N, Carlen A, Elmberg V, Brudin L, et al. Peak exercise SBP and future cardiovascular risk. *J Hypertens*. 2022;40:300-9. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000003008>
6. Assaf AR, Goldenberg I, Shemesh J, Barillas-Lara MI, Fortin-Gamero S, Bonikowske AR, et al. Peak systolic blood pressure reference values by age and sex. *Eur J Prev Cardiol*. 2023;30:1022-31.
7. Blair SN, Kohl HW, Paffenbarger RS, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW. Physical fitness and all-cause mortality. *JAMA*. 1989;262:2395-401. <https://doi.org/10.1001/jama.1989.03430170057028>
8. Huang WM, Chang HC, Chen CN, Huang CJ, Yu WC, Cheng HM, et al. Exercise capacity and long-term survival. *Medicine (Baltimore)*. 2023;102:e34948. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000034948>
9. Radford NB, DeFina LF, Leonard D, Barlow CE, Willis BL, Gibbons LW, et al. Cardiorespiratory fitness and coronary artery calcium. *Circulation*. 2018;137:1888-95. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.032708>
10. Iglesias D, Franchella J, Paz I, Cabo Fustaret M, Diaz Babio G, Filosa E, et al. Guías de prescripción de actividad física. *Rev Argent Cardiol*. 2021;89:1-14.
11. Minkinen M, Nieminen T, Verrier R, Leino J, Lehtimäki T, Viik J, et al. Exercise capacity, HR recovery and T-wave alternans in mortality prediction. *Eur J Prev Cardiol*. 2015;22:1162-70. <https://doi.org/10.1177/2047487314557190>
12. Duran J, Shrader P, Hong C, Haddad F, Santana E, Cauwenberghs N, et al. Abnormal exercise ECG and subclinical atherosclerosis. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2025;18:e017380. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.124.017380>

5.2 Ergometría en enfermedad coronaria. Indicaciones en pacientes confactores de riesgo, síntomas y ECG patológico

COORDINACIÓN: DOMINGO USIN

AUTORES: ROBERTO PEIDRO^{MTSAC}, GRACIELA BRION^{MTSAC}, LAURA BAFFA

Introducción

La ergometría continúa siendo una herramienta ampliamente utilizada para la evaluación diagnóstica, pronóstica y funcional de pacientes con sospecha o enfermedad coronaria conocida (1,2) particularmente por su disponibilidad, bajo costo y su elevado valor predictivo negativo, lo que permite descartar enfermedad significativa en un gran número de pacientes con probabilidad pretest intermedia y capacidad adecuada de ejercicio.

En la actualidad, su empleo como método diagnóstico inicial se ha extendido ampliamente, dado que se trata de una técnica sencilla, reproducible, económica y segura. No obstante, su indicación indiscriminada no garantiza una adecuada aplicación diagnóstica y representa un uso ineficiente de los recursos médicos disponibles. (3)

Diversos estudios han mostrado que la prueba ergométrica no está exenta de limitaciones diagnósticas. En una cohorte local, se observó que, aun con un SPECT de perfusión miocárdica normal, la presencia de signos de isquemia en la ergometría puede “poner en jaque el valor predictivo negativo” de dicha perfusión. (4)

Estos hallazgos subrayan la importancia de interpretar la ergometría dentro del contexto clínico y del riesgo global del paciente, integrando los resultados con otras modalidades funcionales o anatómicas cuando sea necesario, para optimizar la estratificación diagnóstica y pronóstica.

Factores de riesgo y evaluación pretest

La indicación apropiada de una prueba ergométrica debe basarse en una **valoración clínica integral previa**, que permita estimar la **probabilidad pretest de enfermedad arterial coronaria (EAC)**. Este análisis es esencial para definir el valor diagnóstico y pronóstico del estudio y evitar su uso indiscriminado.

Los **factores de riesgo clásicos** —hipertensión arterial, dislipidemia, diabetes mellitus, tabaquismo, obesidad, sedentarismo y antecedentes familiares de enfermedad cardiovascular precoz— determinan el **riesgo basal** y, por ende, la **probabilidad pretest de EAC**. (5)

Evaluación de la probabilidad pretest según el modelo RF-CL

Las **guías europeas ESC 2024** para el manejo de los síndromes coronarios crónicos introducen una actualización sustancial en la estimación de la probabilidad pretest, reemplazando los modelos tradicionales como **Diamond-Forrester** por el enfoque de **probabilidad clínica ponderada por factores de riesgo** (*Risk-Factor Weighted Clinical Likelihood*, RF-CL).

Este modelo surge de la necesidad de **evitar la sobreestimación de la prevalencia de enfermedad coronaria obstructiva**, observada en los esquemas previos, especialmente en mujeres y en pacientes con dolor atípico o no anginoso. (6,7)

El RF-CL integra de manera sistemática:

- **Edad y sexo,**
- **Tipo de síntoma o dolor torácico** (típico, atípico, no anginoso o disnea), y
- **Factores de riesgo coronario clásicos** (HTA, dislipidemia, diabetes, tabaquismo, obesidad y antecedentes familiares).

Cada uno de estos componentes ajusta la probabilidad clínica de enfermedad coronaria obstructiva, clasificándola en cuatro categorías:

- **Muy baja (< 5 %)**
- **Baja (5–15 %)**
- **Intermedia (15–85 %)**
- **Alta (> 85 %)**

Este enfoque ofrece una **estimación más realista y personalizada**, coherente con la epidemiología actual y con la creciente proporción de pacientes sin obstrucción coronaria significativa en las coronariografías diagnósticas.

Ajuste clínico individual

La **ESC 2024** recomienda que la probabilidad obtenida mediante RF-CL se **ajuste** según el **juicio clínico**, especialmente ante condiciones que aumentan la prevalencia de EAC, tales como:

- **Hipercolesterolemia familiar,**
- **Disfunción renal grave,**
- **Enfermedades reumáticas o inflamatorias sistémicas,**
- **Enfermedad arterial periférica, o**
- **Diabetes mellitus de larga evolución o mal controlada.**

La incorporación de estos elementos permite refinar la estratificación del riesgo y orientar la elección de la prueba diagnóstica más apropiada.

Implicancia para la indicación de ergometría

La **ergometría** ofrece su **mayor rendimiento diagnóstico** en pacientes con **probabilidad pretest intermedia**, donde los resultados —positivos o negativos— tienen impacto en la toma de decisiones clínicas (1–3,6–8)

En los extremos de probabilidad, su utilidad es limitada: en los pacientes de **bajo riesgo**, por la elevada tasa de falsos positivos; y en los de **alto riesgo**, porque el resultado no modifica la conducta terapéutica.

No obstante, en pacientes con **probabilidad pretest baja**, la ergometría puede ser útil para **reclasificar el riesgo como muy bajo** cuando se obtiene un **resultado normal**, con **adecuada capacidad funcional y sin evidencia clínica ni eléctrica de isquemia**.

En este contexto, la prueba contribuye a **confirmar un perfil de bajo riesgo**, reforzando la conducta

conservadora y evitando estudios innecesarios o de mayor complejidad.

Así, la ergometría cumple un rol complementario de **re-estratificación pronóstica**, más que diagnóstico, favoreciendo una evaluación integral y racional del paciente. (6–8)

De este modo, el modelo **RF-CL** permite una **selección precisa y costo-efectiva** del test funcional, optimizando los recursos diagnósticos y mejorando la estratificación pronóstica.

Nota sobre ANOCA/INOCA

El modelo **RF-CL** está diseñado para estimar la probabilidad de **enfermedad coronaria** obstructiva; por tanto, no contempla de forma explícita los cuadros de **angina o isquemia sin obstrucción coronaria significativa (ANOCA/INOCA)**.

En pacientes con síntomas persistentes y estudios negativos, especialmente mujeres o sujetos con disfunción microvascular, debe considerarse la posibilidad de **isquemia microvascular** y la indicación de estudios funcionales complementarios.

Pacientes sintomáticos

La valoración de pacientes con **síntomas compatibles con isquemia miocárdica** constituye uno de los escenarios clínicos más frecuentes para la indicación de una prueba ergométrica.

La decisión de realizarla debe apoyarse en la **estimación de probabilidad pretest** según el modelo **RF-CL** y en la **interpretabilidad del ECG de reposo**.

El tipo de dolor torácico o equivalente anginoso es el principal determinante del componente “clínico” dentro del modelo RF-CL y condiciona el valor predictivo de la prueba.

Síntomas típicos o anginosos

El **dolor torácico típico** (retroesternal, desencadenado por el esfuerzo o estrés emocional y aliviado por el reposo o nitratos) eleva significativamente la probabilidad pretest de EAC, especialmente en varones de mediana edad o mayores con factores de riesgo coexistentes.

En este contexto, la ergometría se considera una **prueba funcional de primera elección** cuando el ECG basal es interpretable y el paciente puede realizar ejercicio.

Su rendimiento diagnóstico es óptimo en el rango de **probabilidad intermedia** (15–85 %), permitiendo detectar isquemia inducible, estimar capacidad funcional y establecer un pronóstico (1–3,6–8)

En pacientes con probabilidad **alta**, la ergometría puede aportar valor pronóstico o funcional, pero no suele modificar la estrategia terapéutica inicial; por tanto, su uso debe individualizarse.

Síntomas atípicos o no anginosos

El **dolor torácico atípico** (que no cumple todos los criterios de angina típica) o los síntomas inespecíficos como disconfort torácico, opresión, cansancio o dolor epigástrico, confieren una **probabilidad pretest baja o intermedia**, dependiendo del perfil de riesgo del paciente.

En este grupo, la **ergometría** es especialmente útil para **estratificar y reclasificar el riesgo**:

- Un resultado normal, con buena capacidad funcional y sin cambios eléctricos sugestivos de isquemia, permite **reclasificar al paciente como de muy bajo riesgo**, evitando estudios adicionales.
- En cambio, la aparición de síntomas reproducibles o alteraciones del ST orienta hacia la necesidad de estudios funcionales o anatómicos complementarios.

Este abordaje resulta particularmente relevante en mujeres, en quienes la mayor incidencia de falsos positivos y la frecuencia de mecanismos no obstructivos (microvasculares o vasoespásticos) requieren una **interpretación contextualizada del resultado ergométrico**. (6,7,9)

Disnea de esfuerzo y equivalentes anginosos

La **disnea de esfuerzo** en ausencia de otras causas evidentes puede ser un equivalente anginoso, especialmente en pacientes con antecedentes de factores de riesgo cardiovasculares o enfermedad coronaria conocida.

En este contexto, la **ergometría** contribuye a:

- Documentar la relación entre los síntomas y el esfuerzo,
- Cuantificar la capacidad funcional, y
- Detectar respuestas anómalas de frecuencia cardíaca, presión arterial o del segmento ST.

La **presencia de disnea limitante sin evidencia eléctrica de isquemia**, junto con capacidad funcional reducida, puede sugerir otras causas cardíacas o extracardíacas (disfunción diastólica, obesidad, desentrenamiento, patología pulmonar).

La prueba de esfuerzo puede actuar como **puerta de entrada a estudios complementarios** cuando la fisiopatología del síntoma no se explica por isquemia epicárdica.

Síntomas en mujeres y población especial

En mujeres con probabilidad pretest baja o intermedia, la ergometría mantiene valor pronóstico, aunque con **mayor tasa de falsos positivos** por mecanismos fisiológicos propios del esfuerzo.

Durante el ejercicio, la **liberación aumentada de catecolaminas** puede inducir vasoconstricción coronaria y modificaciones inespecíficas del ST, lo que contribuye a resultados falsamente positivos [10].

Por ello, se enfatiza la **adecuada selección del paciente**, la interpretación clínica del resultado y la integración con la evaluación del riesgo global según el modelo RF-CL.

Pacientes con electrocardiograma patológico

La correcta interpretación del trazado electrocardiográfico durante la prueba de esfuerzo es un requisito esencial para garantizar la **validez diagnóstica** de la ergometría.

La presencia de **alteraciones basales del segmento ST** o de trastornos de conducción puede **impedir distinguir los cambios isquémicos inducidos por el ejercicio**, reduciendo la especificidad y la sensibilidad del método.

En consecuencia, la indicación de una prueba ergométrica debe siempre acompañarse de una **revisión del ECG de reposo**, evaluando si es **apto para interpretación** o si es preferible una **modalidad de imagen funcional o anatómica**.

Trastornos de conducción y repolarización

Entre las condiciones que **limitan o anulan la interpretación del ST durante el esfuerzo**, se incluyen:

- **Bloqueo completo de rama izquierda (BCRI),**
- **Ritmo de marcapasos,**
- **Preexcitación (síndrome de Wolff-Parkinson-White),**
- **Depresión del ST ≥ 1 mm en reposo,**
- **Uso de digitálicos, y**
- **Alteraciones difusas de repolarización** (por hipertrofia ventricular o sobrecarga).

En estos casos, los cambios del ST durante el ejercicio carecen de valor diagnóstico confiable, por lo que la **ergometría no está recomendada como prueba inicial para detección de isquemia**. (1–3,6–8)

El **BCRI**, en particular, modifica la secuencia de activación y repolarización ventricular, generando alteraciones simétricas del ST-T que pueden simular o enmascarar una respuesta isquémica.

En tales pacientes, la estrategia diagnóstica debe orientarse hacia pruebas de **imagen funcional (ecocardiografía de estrés, SPECT, PET) o anatómica (CCTA)**, de acuerdo con la disponibilidad y la probabilidad pretest definida por el modelo RF-CL.

Trastornos del ritmo

La presencia de **fibrilación auricular o arritmias ventriculares frecuentes en reposo** también condiciona una interpretación poco fiable del ECG de esfuerzo.

En estos casos, la ergometría puede realizarse únicamente con **propósito funcional o de control de respuesta cronotrópica**, pero **no para detección de isquemia**.

Cuando se busca evaluación isquémica en este contexto, deben emplearse métodos con imagen o de perfusión miocárdica, evitando sobreinterpretaciones eléctricas erróneas. (6,7)

Cambios inespecíficos de repolarización y ECG limítrofe

En pacientes con **alteraciones leves del ST o de la onda T** que no impiden totalmente su análisis (p. ej., depresión < 1 mm o inversión difusa de T), la ergometría puede considerarse válida, aunque su **especificidad disminuye**.

En tales casos, la integración del resultado con la **clínica y el contexto de riesgo (RF-CL)** cobra especial importancia para evitar falsos positivos, especialmente en mujeres y pacientes jóvenes. (9,10)

El uso de criterios adicionales —**recuperación de la frecuencia cardíaca, respuesta cronotrópica, capacidad funcional y aparición de síntomas reproducibles**— mejora la precisión pronóstica de la prueba, aun cuando la lectura del ST sea subóptima.

Implicancias clínicas y elección del método

La **interpretabilidad del ECG de reposo** debe ser un paso previo obligatorio antes de indicar una ergometría.

Cuando el trazado es **no interpretable o confuso**, la elección debe orientarse hacia:

- **Ecocardiografía de estrés,**
- **SPECT o PET de perfusión miocárdica, o**
- **CCTA en pacientes con probabilidad baja-intermedia.**

De esta manera, la selección del método diagnóstico se integra con el **modelo RF-CL** y las **características del ECG basal**, optimizando la precisión y el costo-beneficio de la estrategia diagnóstica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Angelino A, Brion G, Esper R, Castiello G, Gagliardi J, Bianco R y cols. Consenso Argentino 2010 de Prueba Ergométrica Graduada. *Rev Argent Cardiol.* 2010;78:74-89.
2. Federación Argentina de Cardiología. Consenso Argentino sobre Síndrome Coronario Crónico. *Rev Fed Argent Cardiol.* 2023;52:303-45. <https://doi.org/10.63600/4fetfr25>
3. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, et al. ACC/AHA 2002 Guideline Update for Exercise Testing. *Circulation.* 2002;106:1883-92. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000034670.06526.15>
4. Báez JD, Bazán H, Di Dio V, Colque R, Grasso J, Villagra E, et al. Valor pronóstico de la ergometría positiva con SPECT de perfusión miocárdica normal. *Rev Fed Argent Cardiol* 2023;52:8-13. <https://doi.org/10.63600/sbsntq89>
5. Wilson PW, D'Agostino RB, Levy D, Belanger AM, Silbershatz H, Kannel WB. Prediction of coronary heart disease using risk factor categories. *Circulation* 1998;97:1837-47. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.97.18.1837>
6. Knuuti J, Wijns W, Saraste A, Capodanno D, Barbato E, Funck-Brentano C, et al; ESC Scientific Document Group. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J* 2020;41:407-77. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz425>
7. Vrints C, Andreotti F, Koskinas KC, Rossello X, Adamo M, Ainslie J, et al; ESC Scientific Document Group. 2024 ESC Guidelines for the management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J* 2024;45:3415-37. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae177>
8. Federación Argentina de Cardiología. Consenso Argentino sobre Síndrome Coronario Crónico. *Rev Fed Argent Cardiol.* 2023;52:303-45. <https://doi.org/10.63600/4fetfr25>
9. Kwok JM, Miller TD, Christian TF, Hodge DO, Gibbons RJ. Prognostic value of a treadmill exercise score in symptomatic patients with nonspecific ST-T abnormalities on resting ECG. *JAMA* 1999;282:1047-53. <https://doi.org/10.1001/jama.282.11.1047>
10. 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 County, Minnesota. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:345-52. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(98\)00229-0](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(98)00229-0)

Ergometria en enfermedad coronaria

Indicaciones:

La prueba de esfuerzo tiene indicaciones diagnósticas y evaluativas. Las primeras se centran en la cardiopatía isquémica, aunque es posible detectar otras patologías sin haber sido esa la indicación (hipertensión arterial, arritmias, distonía neurovegetativa, trastornos de conducción, insuficiencia cardíaca, broncoespasmo desencadenado por esfuerzo). (1)

Hay que tener en cuenta que la indicación "diagnóstica" se refiere a la detección de isquemia y no de enfermedad coronaria ya que esta última puede estar presente sin desarrollar isquemia. Múltiples publicaciones han descripto la sensibilidad diagnóstica de la ergometría al comparar sus resultados con la presencia de lesiones coronarias significativas en una coronariografía. Este es un concepto erróneo, ya que se compara una prueba "de función" con una de evaluación anatómica. (2) Las indicaciones diagnósticas de isquemia miocárdica comprenden las siguientes situaciones:

1) Enfermedad coronaria sospechada o investigada por:

- A) Dolores de dudosa etiología;
- B) Alteraciones de la repolarización ventricular
- C) Presencia de ondas Q sospechosas
- D) Arritmias ventriculares en sujetos con factores de riesgo
- E) Individuos aparentemente sanos con probabilidad al menos mediana de enfermedad coronaria dada por edad, sexo y factores de riesgo
- F) Deportistas de alta exigencia e individuos con profesiones especiales (pilotos de avión, conductores de vehículos, montañistas, entre otros) y mayores de 35/40 años o con factores de riesgo.

2) Enfermedad coronaria confirmada en asintomáticos con antecedentes de:

- A) Cirugía de revascularización miocárdica
- B) Angioplastia transluminal coronaria
- C) Angina inestable
- D) Angina crónica estable
- E) Infarto de miocardio
- F) Otras formas de la enfermedad como puentes musculares, vasoespasmo, anomalías coronarias

Ergómetros:

Desde la aparición del método fueron utilizados varios tipos de ergómetros. Los escalones de Master se usaron durante más de 30 años y, si bien en la actualidad tendrían sólo valor histórico, existen publicaciones que siguen dándole valor. (3)

El cicloergómetro y la cinta deslizante son los equipos de uso más frecuente. En medicina del deporte la evaluación tiene más valor al utilizar ergómetros que semejan el gesto deportivo específico. Es posible el uso de sky simuladores, remo, piscinas y kayakergómetros, entre otros. En pacientes con patologías neurológicas u osteomusculares, que impidan el desarrollo de esfuerzo con los miembros inferiores se utiliza la prueba de miembros superiores. Se detallan, a continuación, características de los cicloergómetros y bandas deslizantes

Cicloergómetro: existen bicicletas con frenado mecánico y electromagnético. En el primer caso se incrementan las cargas mediante el agregado de pesos conocidos a los extremos de la cinta que rodea la rueda. Este aumento manual de la resistencia permite lograr sólo incrementos fijos de las cargas (equivalentes a un trabajo externo de 150 o 300 kgm minuto). Es importante que el sujeto evaluado mantenga una velocidad constante de pedaleo. Los valores más altos de consumo de O_2 se obtienen con frecuencias entre 60 y 80 revoluciones por minuto. La posición del asiento debe ser regulada para que el ángulo formado por las piernas y el muslo, cuando el pedal está más bajo, sea de 160 grados.

Los modelos de cicloergómetro con frenado electromagnético son más costosos y ofrecen la ventaja de una regulación más amplia de las cargas. La velocidad de pedaleo puede compensarse por los cambios de la resistencia en forma automática. De esta manera no es esencial mantener la velocidad en los mismos valores.

La frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno (VO_2) picos alcanzados en cicloergómetro son inferiores a aquellos logrados en la cinta deslizante. En sujetos poco habituados es posible observar un agotamiento de miembros inferiores precoz que impide alcanzar valores de VO_2 y frecuencia cardíaca máximas. En ciclistas de competencia es posible que esta situación no se cumpla por su entrenamiento específico.

Cinta Deslizante: en estos equipos es posible regular velocidad y pendiente. La cinta tiene la ventaja de ofrecer un ejercicio más cercano a lo habitual y fisiológico de una persona común y es posible alcanzar mayor frecuencia cardíaca en ejercicios de alta intensidad. Al movilizar el propio peso la medición precisa del trabajo externo es más difícil de efectuar. También fueron demostrados niveles más elevados de VO_2 en ejercicios máximos durante pruebas en cinta deslizante con respecto a cicloergómetro.

Si el sujeto se aferrase a las barras de la cinta, el esfuerzo podría ser más débil, el tiempo de ejercicio mayor y el consumo de O_2 pico menor. Sin embargo, el movimiento de los brazos durante el trote suele perjudicar los registros electrocardiográficos. Esta situación obliga a plantearse una u otra posición de los brazos según la prioridad de los objetivos buscados.

En las pruebas diagnósticas es posible lograr en la banda deslizante una mayor sensibilidad para la detección de desnivel del segmento ST, debido a la mayor intensidad de ejercicio y frecuencia cardíaca alcanzados.

Algunos modelos de cinta pueden ser afectadas por el peso del paciente y el trabajo efectuado no ser mensurable ante sujetos muy obesos.

En la tabla siguiente se muestran diferencias entre cinta y bicicleta.

	Bicicleta	Treadmill
Esfuerzo isométrico	Mayor	Menor
FC máxima	Menor	Mayor
Persión arterial sistólica máxima	Mayor	Menor
VO_2 máximo	Menor	Mayor
Costo	Menor	Mayor
Espacio	Menor	Mayor
Ruido	Menor	Mayor
Registro	Más estable	Menos estable
Sensibilidad ST	Menor	Mayor

La evaluación indirecta del VO_2 se realiza a través de la unidad de equivalentes metabólicos denominada MET. Un MET corresponde a 3,5 ml de O_2 /Kg de peso corporal por minuto, consumo de O_2 mínimo para mantener funciones vitales. Los protocolos utilizados en banda deslizante le adjudican un valor en METs a cada etapa utilizada. Es decir, cada actividad desarrollada implica un múltiplo del valor de 1 MET.

Preparación para la prueba:

La preparación para la ergometría debe cumplir con requisitos bien protocolizados para poder estandarizar las pruebas y efectuar comparaciones posteriores.

Es conveniente entregar un escrito al sujeto a evaluar que contenga las siguientes recomendaciones:

1. No tomar medicamentos (suspensión de una vida media), a menos que se quiera evaluar el efecto de los mismos ante el esfuerzo.
2. No ingerir estimulantes (café, té, etc.) ni fumar 3 a 5 horas antes de la prueba.
3. Utilizar ropa y calzados cómodos.
4. En el deportista sano (alto rendimiento o semicompetitivo) explicar la necesidad de alcanzar y mantener un esfuerzo máximo. Consensuar la necesidad de una motivación e interés especial en la prueba de ejercicio.

El consentimiento informado es una modalidad adoptada en la mayor parte de los laboratorios de ergometría. Debe incluir una explicación sobre la naturaleza del procedimiento, los motivos de la indicación, los riesgos y beneficios de su aplicación y los eventuales estudios alternativos que existen. El sujeto deberá firmar al pie en presencia de un testigo y del médico que realizará la prueba.

Protocolos:

Los protocolos aplicados pueden ser en rampa o escaleriformes. En el protocolo en rampa el aumento del nivel de trabajo va produciéndose en forma constante por lo que no se alcanza un estado estable. Para la aplicación de este tipo de protocolo es preferible un equipo automático programado ya que el incremento manual es más difícil de controlar. En los protocolos escaleriformes se incrementa el trabajo cada 2 o 3 minutos que es el tiempo necesario para la estabilización de los parámetros cardiovasculares modificados por una mayor demanda de O₂ de los músculos activos (estado estable).

En las pruebas dirigidas a la valoración de salud cardiovascular en cinta deslizante existen diferentes protocolos que llevan el nombre de los autores que los diseñaron. Los escaleriformes utilizados con mayor frecuencia son los de Bruce, Naughton, Balke, y Ellestead. (4) El protocolo de Bruce es el más empleado.

El protocolo a utilizar debe adecuarse a las características del sujeto y a su cuadro clínico. Los protocolos que desarrollan incrementos más bruscos de las cargas de trabajo, como el de Bruce, suelen sobrevalorar el consumo máximo de oxígeno. Por esta razón cuando se desea investigar con mayor precisión la capacidad funcional en un paciente con cardiopatía es preferible la utilización de protocolos más prolongados con incrementos de carga más lentos (Naughton o Balke). Asimismo, personas con alteraciones motoras o donde se presume una adaptación no correcta al método, es preferible la elección de protocolos con aumentos leves de las cargas (Naughton, por ejemplo).

Para evaluar niveles de aptitud en deportistas sanos de alto rendimiento se prefieren protocolos en rampa con duraciones no mayores a los 12 minutos. Un protocolo en rampa con pendiente fija de 2% es frecuentemente utilizado en deportistas con incrementos de velocidad de 1 milla/hora/minuto. Después de un período de adaptación previo ("calentamiento"), se comienza con una velocidad de 3 millas/hora. Este protocolo, empleado en futbolistas profesionales, permitió un tiempo de trabajo de 10±1,5 minutos y la obtención de parámetros de ejercicio máximo. (5) Los protocolos en rampa son preferibles a los escaleriformes cuando se evalúan en forma directa parámetros respiratorios que evalúan el VO₂ pico.

Por otra parte la correlación entre el VO₂ medido en forma directa y el estimado en forma indirecta fue mayor con protocolos con menores incrementos de carga entre cada estadio.

Al comparar los resultados del VO₂ pico medido en forma directa en hombres deportistas de alto rendimiento con el estimado mediante fórmulas, observamos que la fórmula de Balke y Ware ($VO_2 = w(\text{kg}) \times v(\text{mph}) \times (0.073 + OC/100) \times 48$) subestimó el valor real del VO₂ en un 14% mientras que la fórmula del Colegio Americano de Medicina del Deporte ($VO_2 = w(\text{kg}) \times (v(\text{mph}) \times 2.7) + (v(\text{mph}) \times OC/100 \times 48)$) lo hizo en un 39% (w = peso; v = velocidad; mph= millas por hora; OC= pendiente en %). (6) También comparamos el VO₂ pico estimado en campo de juego (Yo Yo test) en futbolistas profesionales con el valor obtenido en forma directa en cinta deslizante. (7) En el laboratorio obtuvimos valores promedios de 60,18 ml/kg/min mientras que con el Yo Yo test el promedio para los mismos futbolistas de 56,1 ml/kg/min.

En pacientes en que se sospecha la presencia de arritmias en el post-esfuerzo, así como en algunos que relatan síncope en esas circunstancias, hemos empleado protocolos de carga brusca tanto en cinta como en bicicleta con suspensión súbita del ejercicio. (8)

Para los protocolos en cinta se informa la capacidad en METs (equivalentes metabólicos). De esta manera es posible unificar las informaciones de diversos protocolos. Un MET corresponde a 3,5 ml O₂/kg de peso/ minuto.

Para inferir el VO₂ a partir de las velocidades y pendientes alcanzadas en una ergometría convencional pueden utilizarse las siguientes fórmulas:

$$\text{Caminando: } VO_2 \text{ (ml/Kg/min)} = (0,1 \times \text{velocidad}) + (1,8 \times \text{Velocidad} \times \text{pendiente}) + 3,5$$

$$\text{Corriendo o trotando: } VO_2 = (0,1 \times \text{velocidad}) + (0,9 \times \text{Velocidad} \times \text{pendiente}) + 3,5$$

Velocidad: metros / minuto

Pendiente: expresado como fracción.

En cicloergómetro los incrementos de carga también pueden ser amplios (300 Kgm por etapa) o más progresivos (150 Kgm por etapa). Una fórmula apropiada para determinar VO_2 máximo en cicloergómetro (para potencias entre 300 y 1200 Kgm) es:

$$VO_2 = 1.8 \times (\text{trabajo realizado en Kgm/minuto}) \times \text{Kg de peso del sujeto} + 7. (9)$$

A continuación se detallan los dos protocolos más utilizados en cardiología para cinta ergométrica.

Protocolo de Bruce

Velocidad (mph)	Pendiente (%)	METS
1.7	10	4.5
2.5	12	7
3.4	14	10
4.2	16	13
5	18	16
5.5	20	18
6	22	20

Protocolo de Naughton

Velocidad (mph)	Pendiente (%)	METS
1	0	1.6
2	0	2
2	3.5	3
2	7	4
2	10.5	5
2	14	6
3	10	7
3	12.5	8
3.5	12	9
3.5	14	10
3.5	16	11
3.5	18	12
3.5	20	13

La pendiente se refiere al porcentaje de inclinación de la cinta para una distancia de 100 metros. Por ejemplo: pendiente de 10% implica una diferencia de 10 metros entre el 0 y los 100 metros.

Interpretación

Durante el ejercicio se producen múltiples cambios fisiológicos secundarios al incremento de la demanda energética del organismo.

El aumento en el volumen sistólico y las respuestas en las resistencias periféricas explican los aumentos en las presiones arteriales medias, con incrementos sostenidos en la presión sistólica y curvas planas o descendentes de la diastólica.

El desequilibrio entre el aporte y la demanda de O_2 miocárdicos produce isquemia, que se pone de manifiesto a través de síntomas y/o cambios electrocardiográficos y/o hemodinámicos en la prueba ergométrica.

La correcta utilización de la prueba ergométrica implica realizar un examen físico antes y después del esfuerzo. La auscultación cardíaca puede ofrecer información adicional a los parámetros electrocardiográficos. Por ejemplo, la presencia de 3er. ruido con ritmo de galope o soplos de regurgitación mitral pueden sugerir falla ventricular o disfunción del músculo papilar asociados a isquemia transitoria.

Síntomas

Al utilizar pruebas máximas el agotamiento es el motivo de detención. Constituye el síntoma más común y su nivel de aparición está relacionado con el nivel de entrenamiento.

La taquipnea es frecuente y proporcional al esfuerzo alcanzado. La experiencia del 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 disnea como causa de detención del esfuerzo puede ser un marcador pronóstico independiente del resto de las variables. En pacientes con insuficiencia cardíaca la disnea como motivo de detención de la prueba se asocia con un incremento en la tasa de eventos cardiovasculares y peores resultados en el test de ejercicio cardiopulmonar.

La presencia de dolor precordial implica un interrogatorio 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.

La palidez, sudoración fría y cianosis 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).

Los mareos pueden atribuirse a diversas causas. La suspensión del ejercicio ante su aparición impide, en muchas ocasiones, investigar su etiología. Si no están acompañados por otros signos de valor patológico y su intensidad no es tan importante como para detener el ejercicio se sugiere continuar con la prueba.

Los dolores en miembros inferiores pueden sugerir claudicación intermitente por arteriopatía periférica.

Capacidad funcional:

Esta variable ergométrica es una de las más importantes para la predicción de mortalidad en seguimientos alejados de personas sanas o con patologías cardiovasculares. La capacidad funcional se refiere a la habilidad del individuo para lograr la mayor carga de trabajo impuesta. La máxima capacidad de ejercicio en una ergometría tiene relación con factores constitucionales, edad, sexo, niveles de entrenamiento, presencia de enfermedades, fármacos y familiarización del sujeto con el ergómetro utilizado.

En un análisis multivariado sobre 663 sujetos sanos no deportistas observamos que el perímetro de cintura, el sexo femenino, la edad, la frecuencia cardíaca de reposo y el antecedente de tabaquismo tienen relación inversa con la capacidad funcional máxima. (10)

Se ha demostrado en sujetos sanos y con enfermedad coronaria que la capacidad de ejercicio tiene una relación inversa con la mortalidad alejada tanto en hombres como en mujeres. (11)

Frecuencia cardíaca:

Durante el ejercicio aumenta en forma progresiva la frecuencia cardíaca, aunque no existen parámetros uniformes de normalidad. Por lo general se observa un aumento mayor en la primera etapa del ejercicio con una curva de incremento progresivo posterior. De manera estimativa puede describirse como normal un incremento entre 8 y 15 latidos por MET. En deportistas entrenados el ascenso es más lento ante un mismo protocolo de trabajo. En mujeres la frecuencia máxima suele ser entre 5 y 10 latidos menos que en los hombres.

En 100 pacientes normales comparamos en una regresión lineal la reserva metabólica (METs de cada etapa - 1) con la reserva cronotrópica (frecuencia cardíaca de cada etapa - frecuencia cardíaca basal). (12) Observamos que en la primera etapa del esfuerzo había una separación de las curvas a expensas de un incremento brusco de la frecuencia, mientras que la curva fue lineal en las etapas sucesivas.

Si bien la frecuencia cardíaca máxima que puede alcanzar un individuo depende fundamentalmente de la edad, existen otras variables que pueden influir sobre este parámetro. Un ejemplo es la diabetes, a través de la alteración autonómica que provoca.

En 4034 individuos sanos encontramos que, si bien la edad fue el predictor más importante de la frecuencia cardíaca máxima alcanzada, el antecedente de diabetes, hipertensión arterial, dislipidemia, y obesidad influyeron en forma significativa y de manera independiente, siendo responsables de valores inferiores de frecuencia cardíaca máxima alcanzada. (13) Los sujetos sanos tenían una frecuencia máxima de 17.3 latidos más que los diabéticos de igual sexo y edad

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
2. índice de respuesta cronotrópica que utiliza la reserva de frecuencia cardíaca ajustada por edad y valor de reposo, según la siguiente fórmula:

(Valor normal > 80%).

$$\text{índice de respuesta cronotrópica} = \frac{(\text{FC máxima} - \text{FC de reposo})}{220 - \text{edad} - \text{FC de reposo}} \times 100$$

El déficit cronotrópico se asoció con aumentos de riesgo de muerte en seguimientos prolongados.

Los incrementos exagerados de la frecuencia ante ejercicios submáximos pueden responder a descondicionamiento físico, sobreentrenamiento, patologías cardíacas o extracardíacas (anemia, hipertiroidismo), efectos farmacológicos o ambiente externo (calor, altitud).

El descenso de la frecuencia cardíaca inmediatamente después de un ejercicio es función de la reactivación del sistema nervioso parasimpático en combinación con disminución de la actividad 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. También ha sido estudiada la recuperación de frecuencia cardíaca en poblaciones de atletas como parámetro de entrenamiento aeróbico. (14) Múltiples estudios han relacionado a la disminución de la recuperación de frecuencia cardíaca post esfuerzo con pronóstico de enfermedad coronaria e insuficiencia cardíaca. (15, 16) También fue observado un score de calcio mayor en tomografía coronaria multicorte en pacientes con recuperación de frecuencia cardíaca post esfuerzo alterada. (17)

En conclusión, la recuperación de la frecuencia cardíaca en el pos esfuerzo es una variable que tiene valor pronóstico y debería ser utilizada en forma rutinaria. Es un marcador muy simple de calcular que puede ser útil, en combinación con el resto de los datos de la prueba ergométrica, para evaluar el riesgo y el pronóstico en la práctica cotidiana.

Presión arterial:

El registro de la presión arterial debe realizarse en condiciones basales, ante cada etapa de esfuerzo, en el ejercicio máximo y, en forma periódica, en la recuperación.

La presión sistólica aumenta durante el esfuerzo en forma variable e individual, aunque como esquema general puede considerarse un incremento hasta 10 mmHg por MET sin superar la cifra de 210 mmHg en el ejercicio máximo.

El incremento de la presión arterial media en esfuerzo se produce por la interacción entre el aumento del volumen sistólico y la respuesta de la resistencia periférica. Cuando el volumen sistólico no está acompañado de una distensibilidad vascular adecuada pueden generarse aumentos mayores de la presión arterial. La hipertensión desencadenada por el esfuerzo puede deberse a estados neurogénicos hiperactivos, falta de respuesta vasodilatadora por aumento crónico de tono simpático o cambios estructurales de la pared arterial.

Si bien hay controversias respecto a los valores de corte para considerar respuesta hipertensiva al esfuerzo, diferentes estudios han llevado a consensuar cifras de 210 mm Hg en hombres y de 190 mmHg en mujeres. Estas cifras tienen valor pronóstico para el desarrollo futuro de hipertensión arterial.

Con respecto a la presión diastólica, lo habitual es su falta de ascenso o bien elevaciones de hasta 10 ó 15 mm Hg con respecto a los valores basales.

Varios estudios de seguimiento a largo plazo han detectado aumento de mortalidad cardiovascular en pacientes con hipertensión reactiva al esfuerzo máximo y/o a etapas intermedias de la prueba al compararlos con sujetos con respuestas normales. (18)

Es necesario tener en cuenta que, para la consideración de una hipertensión reactiva al esfuerzo, es necesario demostrar reproducibilidad de los resultados en pruebas ergométricas realizadas en días diferentes.

La máxima presión arterial sistólica alcanzada en ergometría se relacionaría, en forma independiente, con el aumento de masa ventricular izquierda en individuos sedentarios y aún en atletas.

De las observaciones del Lipid Research Clinic Prevalence Study en más de 6500 individuos asintomáticos con seguimiento de 20 años surge que los valores de presión arterial pre esfuerzo, en la segunda etapa del protocolo de Bruce y en el máximo esfuerzo tuvieron relación con mortalidad cardiovascular en forma independiente de otros factores de riesgo. (19) En sujetos normotensos o con pre hipertensión, el aumento de presión arterial a cifras mayores a 180/90 en la segunda etapa del protocolo de Bruce identificó individuos con un riesgo 2,4 veces más alto de muerte cardiovascular. Estos hallazgos podrían sugerir la necesidad de un tratamiento más agresivo

para personas con este tipo de respuesta al esfuerzo.

El incremento de la presión arterial sistólica en el post esfuerzo se ha considerado como elemento de riesgo para el desarrollo futuro de hipertensión arterial y de hipertrofia ventricular izquierda. Sin embargo, es necesario considerar que pueden existir fallas técnicas en el registro de presión arterial en máximo esfuerzo por la incomodidad generada ante movimientos de un sujeto ejercitando a alta intensidad. Esto puede llevar a la falsa impresión de un aumento en el post esfuerzo debido a la subestimación de los valores del máximo ejercicio.

La presión arterial diastólica en etapas precoces del ejercicio fue relacionada con eventos cardiovasculares futuros. Esta relación fue mayor cuando se superaron los 90 mm Hg en la segunda etapa del protocolo de Bruce en sujetos normotensos basales.

La presión arterial desciende desde el momento en que se interrumpe el ejercicio. El 10% de las personas normales sufre una caída brusca de la presión sistólica al suspender el esfuerzo con aparición de signos de bajo flujo periférico. La adopción del decúbito dorsal revierte la situación. La presión diastólica desciende en forma variable. En muchos jóvenes sanos y bien entrenados es posible seguir escuchando los ruidos de Korotkoff hasta cifras cercanas al cero.

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. Tiene valor predictivo para el desarrollo de eventos y es 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.

Es necesario considerar si el paciente evaluado recibe medicación, ya que el tratamiento con beta bloqueantes (habitual en sujetos con coronariopatía) puede impedir un ascenso normal de la presión sistólica sin expresar falla de bomba.

En deportistas con ascensos normales de presión sistólica hasta intensidades altas de ejercicio, la falta de ascenso (o aún su caída) a niveles elevados de esfuerzo no tiene valor patológico. Es posible atribuir esta respuesta a descensos del volumen sistólico por reducción de los tiempos diastólicos y del llenado ventricular a raíz de la elevada frecuencia cardíaca.

Conceptos resaltados

La HTA reactiva al esfuerzo está relacionada con desarrollo futuro de HTA en personas normotensas.

Tiene relación con desarrollo de hipertrofia ventricular izquierda.

En pacientes con HTA de reposo existe correlación entre HTA al ejercicio y sobrevida libre de eventos a largo plazo.

Los valores para considerar hipertensión reactiva al esfuerzo varían entre 200 y 210 mmHg. Estas cifras se relacionan con valores de corte de eventuales eventos futuros y no de riesgo inmediato. La detención de la prueba por alcanzar estos valores no tiene sustento científico.

La respuesta exagerada de presión arterial al ejercicio podría ser un factor relacionado a la disfunción endotelial en los pacientes hipertensos.

El deportista con HTA reactiva al esfuerzo debería ser evaluado en forma periódica y aconsejado sobre estilos de vida saludables.

La HTA reactiva podría tener influencia en la dilatación de aurículas asociada a la práctica deportiva de alta intensidad.

Doble producto:

Surge de la multiplicación de la frecuencia cardíaca máxima por la presión arterial sistólica máxima. Se relaciona en forma aproximada con el VO_2 miocárdico ya que tiene en cuenta algunos de sus determinantes principales.

Su mayor utilidad radica en la evaluación de pacientes con enfermedad coronaria ya que la aparición de signos de isquemia a un doble producto bajo indica peor pronóstico.

Modificaciones electrocardiográficas:

Los cambios fisiológicos en el electrocardiograma de ejercicio responden a diversos factores. Pueden mencionarse entre ellos al aumento de la frecuencia cardíaca, la modificación de los volúmenes ventriculares, los movimientos respiratorios, el aumento de la estimulación simpática, la disminución del tono vagal, la rotación del corazón y los cambios metabólicos (pH, iones). Si bien la evaluación de los cambios del segmento ST constituye el dato de mayor valor en el estudio de la cardiopatía isquémica, otras variables electrocardiográficas pueden mejorar la sensibilidad y especificidad diagnóstica y la predicción pronóstica del método. Los cambios de las diferentes ondas se resumen a continuación:

Onda P: aumento de magnitud (más marcada en derivaciones inferiores). En condiciones fisiológicas no hay incrementos de su duración. Tales aumentos fueron demostrados durante la isquemia, aunque la medición es dificultosa en el transcurso de la prueba. El electrocardiograma de señal promediada ha sido utilizado con esta finalidad.

Segmento PR: se acorta para lograr la sincronización de la contracción aurículo – ventricular. Adopta morfología descendente por aumento de amplitud de la repolarización auricular (negativa). Puede causar falsa positividad del método al provocar descenso del ST. La prolongación del PR con el esfuerzo sugiere trastornos de conducción A-V que deben ser evaluados

Onda Q: no se modifica o sufre un leve incremento en su amplitud. La disminución de su voltaje o su desaparición sumada a cambios patológicos del segmento ST fue descripta con una especificidad del 100 % para el diagnóstico de enfermedad coronaria.

Onda R: disminuye su voltaje en el ejercicio máximo después de haber ocurrido un incremento en el submáximo. El incremento de R en esfuerzos máximos fue asociado a una mayor sensibilidad diagnóstica en presencia de desnivel del ST. En otros estudios se observó que los pacientes con mayor severidad de enfermedad coronaria tenían aumento de voltaje de R. Sin embargo, los hallazgos son contradictorios y es preciso valorar el aumento de voltaje de R en el contexto general de la prueba y el cuadro clínico.

Onda S: se incrementa su voltaje sobre todo en derivaciones laterales izquierdas.

Punto J: se observa su depresión durante el ejercicio en condiciones normales. Si existe repolarización precoz en el trazado de reposo es habitual su nivelación con el esfuerzo.

Segmento ST: se produce un desplazamiento del vector hacia la derecha y arriba. Se considera normal al infradesnivel de morfología rápidamente ascendente con una magnitud inferior a 1 mm medido a 80 milisegundos del punto J. La respuesta del ST al esfuerzo es la variable electrocardiográfica más importante utilizada para el diagnóstico de isquemia miocárdica.

Si existe elevación del ST en reposo es habitual la nivelación con el ejercicio. La línea de base debe medirse con relación al segmento PR. Ante un descenso del ST en reposo debe considerarse la magnitud de la desviación desde ese punto. En el infradesnivel horizontal o descendente es preciso evaluar la posibilidad de anormalidad aún con magnitudes inferiores a 1 mm. En estos casos es necesario tener en cuenta la probabilidad pre-test de enfermedad coronaria y la aparición de otras variables (angor).

La valoración del ST durante el ejercicio implica el estudio de las siguientes variables: 1.- morfología; 2.- magnitud, 3.- momento de aparición, 4.- momento de normalización y 5.- número de derivaciones.

1- Morfología

- A) **Rápidamente ascendente:** imagen normal. Alcanza la línea isoeletrica antes de los 80 mseg. del punto J.
- B) lentamente ascendente: pendiente con menor inclinación y, en ocasiones, con convexidad superior. Puede ocasionar dudas diagnósticas y debe valorarse en el contexto general de la prueba. El cálculo de la pendiente puede ofrecer ayuda en ese sentido. Se efectúa la prolongación de la tangente del segmento ST hasta el cruce con una línea vertical trazada a una distancia de 1 segundo a partir del punto J. El segmento de la vertical entre la línea J-J y la tangente debe medir más de 1 mV (10 mm) para ser considerado normal.
- C) **Horizontal:** el segmento ST se desplaza por debajo de la línea de base sin pendiente.
- D) **Descendente:** ofrece la mayor especificidad diagnóstica y el mayor valor predictivo para diagnóstico de enfermedad coronaria. Puede extenderse hasta el comienzo de la onda T, la que adquiere una morfología negativa y un ascenso rápido posterior. 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 limítrofe durante el ejercicio.

En los deportistas es posible detectar infradesnivel del ST no atribuible a isquemia secundaria a enfermedad coronaria. Una morfología habitual es el descenso del punto J con un ST ascendente inicial con morfología descendente posterior. En realidad, se trataría de una negatividad inicial de la onda T que “tironea” hacia abajo el ST (seguido luego de la positividad final de la onda T). Una característica de esta morfología es la nivelación casi inmediata en el post esfuerzo.

- E) **Supradesnivel:** su aparición en derivaciones sin ondas Q de secuela de infarto implica severidad de isquemia (transmural) y es un motivo de detención del esfuerzo. Cuando ocurre en derivaciones con Q secuenciales puede atribuirse a disquinesia de la pared ventricular.

2- Magnitud

Tiene relación directa con la sensibilidad diagnóstica de la prueba. Depresiones superiores a 3 mm tienen probabilidades mayores al 90% de tener lesiones significativas de la arteria descendente anterior. 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.

3- Momento de aparición

La capacidad funcional límite es una importante variable en la estimación de severidad y pronóstico del paciente evaluado. La aparición de evidencias isquémicas a menos de 4 METs constituye uno de los signos del alto riesgo ergométrico. Se establecieron incrementos de riesgo de 4 veces para los pacientes con desnivel del ST de 2 mm en la primera etapa de un protocolo de Bruce. El conocimiento de la capacidad funcional límite permite efectuar recomendaciones de ejercicio en términos de intensidad de esfuerzo y niveles de frecuencia cardíaca.

4- 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 pacientes con depresión precoz del segmento ST y recuperación tardía (más allá de los 6 minutos) la probabilidad de lesiones de 3 vasos o tronco es muy alta.

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.

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 en posesfuerzo y aumento de intensidad o aparición de angor.

5- Número de derivaciones

A mayor número de derivaciones mayor severidad de enfermedad coronaria (mayor probabilidad de enfermedad de tres vasos o tronco de coronaria izquierda). Es importante destacar que las derivaciones más sensibles son V5 y V6 (son las que detectan la mayor proporción de los cambios isquémicos). Otro dato a considerar es que las derivaciones no permiten localizar territorio isquémico o arteria afectada.

Onda T: en etapas iniciales se observa depresión de voltaje, mientras en el ejercicio máximo se incrementa, con verticalización de su rama ascendente. En sujetos jóvenes este efecto es más evidente. Si bien los cambios de polaridad de T durante y después del ejercicio fueron asociados a isquemia en algunos estudios aislados, tal respuesta no alcanza valor patológico específico y no implica diagnóstico.

Onda U: difícil identificación al aumentar la frecuencia cardíaca. La negativización durante el esfuerzo (muy baja prevalencia) fue observada en pacientes con enfermedad coronaria severa y sugiere lesión de la arteria descendente anterior.

Intervalo QT: El ejercicio produce el acortamiento del QT corregido. En pacientes coronarios fueron descriptas prolongaciones del QT corregido con el esfuerzo, aunque es un signo de bajo valor predictivo cuando se usa como única variable. Al comparar 50 pacientes coronarios con desnivel isquémico del ST con un número similar de individuos normales observamos la prolongación del QT corregido en los isquémicos y el acortamiento en los sanos, con una diferencia estadísticamente significativa. (20)

Otras variables: es posible observar una serie de variables no convencionales desencadenadas por el ejercicio que podrían aumentar la sensibilidad y especificidad de la prueba. Entre ellas se citan la aparición de ondas T con morfología en pico en derivaciones precordiales, la elevación del segmento ST en aVR, el aumento en la duración de la onda P y la depresión del ST en latidos ectópicos ventriculares.

La ergometría en la evaluación diagnóstica de enfermedad coronaria

Al aplicar la prueba ergométrica con fines diagnósticos es necesario no sólo evaluar los resultados sino también las características de la población en estudio. La sensibilidad es el porcentaje de pacientes con prueba anormal entre aquellos con enfermedad coronaria demostrada. Está influenciada por la severidad de la enfermedad (presencia de lesiones únicas o múltiples, localizaciones proximales o distales, etc.), el nivel de esfuerzo alcanzado, los efectos de drogas. La especificidad es el porcentaje de pacientes con prueba normal entre aquellos sin enfermedad coronaria. Es menor en presencia de hipertrofia ventricular izquierda, prolapso de válvula mitral, fibrilación auricular, síndromes de preexcitación ventricular, modificaciones basales de la repolarización ventricular, drogas.

Diferentes estudios que evaluaron la respuesta del ST y la coronariografía demostraron una especificidad promedio del 84% y una sensibilidad promedio del 64 % con un rango entre el 40% para enfermedades de un vaso no proximales y de un 90% para 3 vasos proximales.

Al utilizar variables que aumentan la probabilidad de enfermedad, la especificidad se incrementa, pero hay una menor sensibilidad. Por ejemplo, si se utiliza el desnivel del ST de 2 mm como punto de corte se detectan menos enfermos, pero las pruebas anormales identifican con mayor probabilidad a los verdaderos pacientes con isquemia.

Para definir el valor diagnóstico de una prueba hay que tener en cuenta el riesgo relativo y los valores predictivos positivo y negativo. El riesgo relativo es la probabilidad de enfermedad ante una prueba anormal con relación a la chance de tenerla ante una ergometría normal. El valor predictivo positivo es la probabilidad de tener enfermedad en un paciente con ergometría anormal, mientras el valor predictivo negativo es la probabilidad

que tiene un sujeto de ser normal ante una prueba normal. Estos valores predictivos no pueden desprenderse sólo de la sensibilidad y especificidad de la prueba, sino que dependen de la probabilidad de enfermedad en la población estudiada.

A los fines prácticos, entonces, ante un paciente en que se efectúa un test de ejercicio con finalidad diagnóstica es necesario conocer la probabilidad pre-test de tener una enfermedad coronaria. Con una sensibilidad asumida de un 70% y una especificidad del 85%, el valor predictivo positivo es mayor si la prevalencia de enfermedad es superior y viceversa.

A modo de ejemplo, un desnivel del ST en una mujer de 23 años sin factores de riesgo probablemente indique un "falso positivo" del método, mientras que el mismo resultado en un hombre de 60 años con angor típico indicaría la casi seguridad en el diagnóstico de isquemia.

De acuerdo a los conceptos anteriores, al utilizar una ergometría con finalidad diagnóstica se deberían expresar los resultados en términos de probabilidad de enfermedad, y más aún, de probabilidad de isquemia. (21)

En sujetos con muy baja prevalencia de enfermedad la contribución de la ergometría al diagnóstico es baja. Lo mismo ocurre en pacientes con alta probabilidad pre-test. El mayor aporte lo brinda ante probabilidades pre-test medianas, ya que un test anormal incrementa a valores altos la chance de coronariopatía, ocurriendo lo contrario con un test normal.

La ergometría empleada con estos criterios actúa, entonces, como una puerta de entrada fundamental para el estudio diagnóstico de la cardiopatía isquémica. Por un lado permite confirmar la sospecha de la enfermedad y puede evitar el empleo de estudios costosos que incrementan no sólo el costo sino el tiempo empleado en el diagnóstico. A su vez, es posible descartar enfermedad coronaria severa en amplios grupos poblacionales en que se emplea la prueba con fines de "chequeo".

En relación a la medicación administrada, es posible que algunas de ellas no permitan una suficiente respuesta cronotrópica (beta bloqueantes, antiarrítmicos) mientras otras también interfieran en la respuesta del segmento ST. Tal el caso de la digoxina que puede provocar cambios que simulen alteraciones isquémicas.

A modo de resumen, se reafirma el hecho que la ergometría es un estudio clínico que tiene en cuenta la anamnesis, la respuesta hemodinámica y los cambios electrocardiográficos para alcanzar una probabilidad diagnóstica adecuada y valorar severidad cuando esa probabilidad es elevada.

La ergometría en la valoración de severidad y pronóstico del paciente coronario

En un paciente con enfermedad coronaria es posible sugerir severidad de isquemia de acuerdo a variables ergométricas detectadas.

Los siguientes son criterios ergométricos asociados a peor pronóstico a corto plazo o variables de "alto riesgo ergométrico":

- 1) Signos o síntomas de isquemia (angor y/o cambios del ST) a baja capacidad de ejercicio (5 mets o menos)
- 2) Infradesnivel descendente del segmento ST mayor de 3 mm
- 3) Aparición del desnivel del ST en múltiples derivaciones
- 4) Recuperación tardía de las variables de isquemia (más de 6 minutos de recuperación)
- 5) Caída de la presión arterial sistólica de 20 mm/Hg o más intraesfuerzo (acompañada de otros elementos que sugieran isquemia)
- 6) Arritmias ventriculares complejas asociadas a variables de isquemia

La combinación de variables ofrece las mayores probabilidades de estar en presencia lesiones severas en arterias de mayor calibre.

Para evaluar severidad y pronóstico de un paciente con enfermedad coronaria deben tenerse en cuenta parámetros clínicos de la historia individual (infarto previo, presencia de angor, falla de bomba) sumados a los hallazgos ergométricos. Las variables que implican disfunción ventricular izquierda (caída de la presión arterial, baja capacidad funcional, signos de insuficiencia cardíaca) están relacionadas con peor pronóstico a corto plazo. Aquellas que revelan la presencia de isquemia sin estar asociadas a las anteriores suponen riesgos menores y más tardíos.

El score de Duke (desarrollado en pruebas con protocolo de Bruce) incorpora variables de capacidad de ejercicio, síntomas y cambios en el ST para determinar probabilidades de riesgo de mortalidad anual. (22) Actualizaciones que aplicaron estudios con cicloergómetros confirman y amplían sus resultados. (23) El score de Duke se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Score} = (\text{tiempo de ejercicio}) - (5 \times \text{magnitud del ST en mm}) - (4 \times \text{índice de angina de esfuerzo})^*$$

*Angina: 0 no presentó, 1 si presentó, 2 motivo de detención

Un score menor a - 11 puntos se asocia con alto riesgo, con una mortalidad anual igual o mayor al 5%. Un score mayor a 5 puntos sugiere bajo riesgo con mortalidad anual de 0.5%. Las guías americanas ACC/AHA sugieren la utilización de los scores en la estratificación de riesgo y pronóstico.

Ergometría post infarto agudo de miocardio:

En los pacientes con antecedentes de infarto de miocardio la prueba ergométrica puede efectuarse pre-alta hospitalaria. Se reserva para los pacientes que no han sido revascularizados a su ingreso o bien que no han sido evaluados con coronariografía posterior. Antiguamente se la llamó "mini-prueba", aunque en la actualidad "prueba precoz" es el término más difundido. La ergometría en estas circunstancias puede ser submáxima si se realiza entre el 5° y 7° día post infarto. En este caso se considera una frecuencia cardíaca límite de 120 lpm o una capacidad funcional de 5 METs, cualquiera de las dos variables que se alcancen primero. Si bien las pruebas máximas pueden ofrecer más datos e incrementar la posibilidad de detección de angor y/o desnivel del ST, las pruebas submáximas son suficientes para la primera evaluación posinfarto, ya que ofrecen una mayor seguridad y un beneficio adecuado.

Los pacientes que están en condiciones de efectuar la prueba forman parte de un grupo de menor riesgo ya que fueron excluidos aquellos con complicaciones. La finalidad no es sólo investigar variables pronósticas, sino conocer la capacidad funcional, indicar niveles de ejercicio para el hogar, optimizar la terapéutica y reconocer eventuales arritmias o isquemia desencadenada por el ejercicio. Por otra parte, puede mejorar las condiciones psicológicas y devolver la confianza en sí mismo de un paciente con altos niveles de ansiedad tras la aparición de un evento tan importante.

La práctica de la prueba precoz tiene altos índices de seguridad. Se ha establecido un 0.05 % de morbilidad y 0.02 % de mortalidad. El desnivel del segmento ST es de mayor utilidad en pacientes con infarto de cara inferior. El mayor valor predictivo de esta variable lo constituye su aparición a bajo nivel de esfuerzo.

Es posible establecer que la mayor utilidad de la prueba pre alta pos infarto pueda estar dada por el alto valor predictivo negativo, ya que la falta de anomalías puede sugerir la ausencia de enfermedad de 3 vasos o tronco ya sea en infartos con o sin onda Q.

Con respecto a pacientes con ergometría tardía post infarto de miocardio previo, la capacidad funcional define en forma inversa poblaciones de riesgo.

Ergometría post angioplastia coronaria

En general no hay consenso sobre el uso rutinario de pruebas funcionales en pacientes post angioplastia. Se ha demostrado que pacientes con ergometría de bajo riesgo utilizando score de Duke tienen excelente pronóstico más allá de la severidad de lesiones coronarias encontradas. (24)

El grado de revascularización obtenido con el procedimiento, así como el estado de las otras arterias, influyen en los resultados ergométricos. Han sido descriptas bajas sensibilidades de la ergometría en la predicción de reestenosis, sobre todo en las pruebas precoces. El proceso de remodelación endotelial puede influir para que la ergometría realizada dentro del primer mes del procedimiento no agregue valor a los síntomas cuando se quiera predecir reestenosis. La mayor información la brinda el alto valor predictivo negativo, es decir que una prueba máxima normal excluye a la mayor parte de los pacientes que iban a presentar eventos.

El infradesnivel del ST post Stent puede permanecer hasta en el 30% de los pacientes entre el mes y los 6 meses posteriores. Cuando a estos sujetos se les efectuaron nuevas coronariografías pudo observarse que la reestenosis estaba presente sólo en el 8%. (25)

Los datos disponibles sugieren que la prueba ergométrica puede emplearse como estudio evaluativo inicial para separar poblaciones que necesiten métodos más sofisticados y costosos para decidir conductas invasivas. Si bien es posible efectuarla con bajo riesgo en los primeros días posteriores al procedimiento, la mayor información la brinda a partir del primer mes.

Ergometría post cirugía de revascularización

La prueba ergométrica brinda información pronóstica en pacientes operados. La evaluación ergométrica seriada cobra importancia en estos pacientes, ya que la transformación de una prueba normal en anormal indica una alta probabilidad de oclusión de puentes o de progresión de la enfermedad. La aparición de desnivel del ST a altas gargas de trabajo tiene escaso valor pronóstico. Si bien la explicación para la presencia más frecuente de desniveles del segmento ST en pacientes con puentes coronarios no es clara, es factible suponer que existen pequeñas áreas remanentes isquémicas o necróticas que puedan tornar heterogénea la fase de repolarización. Se ha hipotetizado también que la presencia de verdadera isquemia silente sería más frecuente ya que la disección de las arterias podría seccionar terminaciones nerviosas simpáticas pericoronarias que intervienen en las vías dolorosas. Es necesario tener en cuenta estos datos al evaluar al paciente revascularizado quirúrgicamente y analizar todas las variables que ofrece la ergometría así como los eventuales elementos de riesgo.

No existe consenso sobre la indicación de pruebas funcionales post cirugía de revascularización miocárdica. Un interesante estudio con ecocardiograma estrés post revascularización sugiere que las pruebas anormales en asintomáticos con cirugía de revascularización previa no aportan mayores beneficios para el pronóstico (26). Un subgrupo de pacientes de este estudio mostró que los pacientes asintomáticos sin diabetes, con fracción de eyección ventricular izquierda normal y capacidad funcional en ergometría superior a 6 METs tuvieron muy baja probabilidad de desarrollar eventos posteriores.

Ergometría en unidades de dolor torácico

La sensibilidad y especificidad de la prueba están afectadas por el tipo de población estudiada y el punto de corte en términos de normalidad.

En el caso de pacientes que concurren a una unidad de dolor torácico en un departamento de emergencias es necesario considerar el tipo de dolor y las probabilidades de enfermedad a partir de la historia clínica y los factores de riesgo. La indicación de ergometría en unidad de dolor torácico surge de una estratificación de riesgo previa donde es necesario considerar los hallazgos clínicos, electrocardiográficos y los marcadores de riesgo. La discusión se plantea en términos de la necesidad inmediata de una prueba de ejercicio. Como las indicaciones se relacionan con tipo de dolor (en general atípico) y la ausencia de cambios en el electrocardiograma de reposo, la prueba podría posponerse a las horas (o días) posteriores. De esta manera se disminuirían los tiempos de permanencia en la sala de guardia. (27)

Por otro lado, la ergometría ha demostrado ser un método seguro, que puede colaborar en el diagnóstico y pronóstico así como en la reducción de costos de los pacientes. La indicación se reserva para aquellos pacientes en que existe duda diagnóstica por el tipo de dolor, sin cambios electrocardiográficos y con marcadores séricos negativos (o bien positivos, pero habiendo realizado un deporte de alta intensidad previo al ingreso a la sala de guardia, lo que puede alterar los resultados). La prevalencia de enfermedad coronaria y los eventos adversos de la prueba son muy bajos en la mayoría de las series.

También se ha observado que la aplicación de la ergometría en las 48 horas posteriores a la consulta de pacientes que concurrieron a departamentos de emergencia con dolor torácico logró disminuir los costos en cuanto a consultas posteriores y utilización de imágenes diagnósticas (28).

El valor predictivo negativo (98,7%) y la especificidad (99,4%) de la ergometría son los datos más resonantes, mientras la sensibilidad (29%) y el valor predictivo positivo (44%) son bajos.

Como conclusión, la ergometría puede ser considerada un estudio seguro y de utilidad en la evaluación de pacientes en unidades de dolor torácico que cumplen criterios de bajo riesgo. Su realización debe surgir a partir de un protocolo estructurado de estudios y sólo después de haberse descartado variables de alto riesgo. El mayor beneficio radica en su alto valor predictivo negativo.

Las arritmias en la ergometría

El ejercicio físico puede facilitar la aparición de arritmias en individuos sanos o con cardiopatía. Los mecanismos desencadenantes pueden ser complejos, aunque los más frecuentes están relacionados con el aumento de la estimulación simpática y la disminución del tono vagal. El período post esfuerzo es particularmente sensible por los altos niveles de catecolaminas asociados a vasodilatación generalizada y reducción brusca del retorno venoso. La isquemia desencadenada por el esfuerzo puede generar aumentos en el automatismo y la actividad gatillada y favorecer la aparición de reentradas.

La ergometría está indicada en sujetos con arritmias en reposo, para investigar su respuesta al ejercicio, o con síntomas sospechosos de arritmias en ejercicio.

Arritmias ventriculares

La ergometría puede ser aplicada en el estudio de arritmias ventriculares en diferentes cardiopatías y en personas con sospecha de presentarlas por síntomas compatibles. La presencia de arritmias ventriculares durante el esfuerzo es un marcador de riesgo en diferentes cardiopatías asociadas o no a la presencia de isquemia. En el contexto de la enfermedad coronaria, su aparición en el ejercicio junto con desnivel del ST y/o angor es un motivo de detención de la prueba.

El valor pronóstico está asociado a la presencia de cardiopatía estructural o eléctrica. Es necesario evaluar la complejidad de la arritmia ventricular, su lugar de origen (morfología), su número, la aparición en esfuerzo o recuperación, la desaparición o no de la arritmia detectada en reposo al efectuar el ejercicio. A modo de ejemplo, las extrasístoles ventriculares aisladas en un corazón sano pueden no tener mayor importancia patológica aún si son desencadenadas con el ejercicio. Por otro lado, la presencia de una taquicardia ventricular polimorfa de aparición con el esfuerzo debe concientizar sobre la severidad del caso evaluado haciendo sospechar una taquicardia ventricular polimórfica catecolaminérgica.

Ante la presencia de arritmias ventriculares en el esfuerzo o recuperación se recomienda la investigación de cardiopatía estructural de base incluyendo la eventual presencia de enfermedad coronaria.

En sujetos sanos la incidencia de extrasístoles ventriculares aisladas aumenta con la edad y con las cargas de trabajo, no habiéndose demostrado incremento de eventos cardíacos en el seguimiento.

La morfología de las extrasístoles pueden asociarse con el grado de benignidad o pronóstico. Aquellas ex-

trasístoles con imagen de bloqueo de rama izquierda con eje inferior suponen un origen en tracto de salida de ventrículo derecho y están asociadas a buen pronóstico. Por otro lado, las extrasístoles ventriculares con imagen de bloqueo de rama derecha se asociaron con complicaciones en seguimientos a largo plazo.

En un paciente con enfermedad coronaria que presenta en el esfuerzo arritmias ventriculares (extrasístoles aisladas, duplas o taquicardia ventricular) asociadas a infradesnivel del ST y angor se debe considerar que se trata de un alto riesgo ergométrico.

Arritmias supraventriculares

La extrasistolia supraventricular es un evento frecuente durante el ejercicio en sujetos sanos. La presencia de tales arritmias, por consiguiente, tiene escaso valor patológico. Su frecuencia aumenta en individuos con cardiopatías y se suele observar en hipertensos, sobre todo cuando existen dilataciones auriculares izquierdas.

En sujetos con taquicardias paroxísticas supraventriculares, su desencadenamiento con la ergometría es un hecho poco habitual. Una explicación razonable es la homogenización de los periodos refractarios que provoca la descarga catecolamínica generada con el esfuerzo, lo que podría impedir la producción de reentradas. Por esta razón, es más factible que aparezcan en el posesfuerzo cuando tales periodos se van alargando en forma no sincrónica.

La explicación anterior esta fundamentalmente referida a las taquicardias por reentrada (doble vía nodal, haz accesorio). Las taquicardias auriculares automáticas pueden desencadenarse con mayor frecuencia por facilitación de la descarga del foco ante el mayor estímulo catecolamínico.

En los síndromes de preexcitación ventricular la prueba ergométrica puede utilizarse con la finalidad de investigar el periodo refractario anterógrado de la vía anómala. La frecuencia cardiaca a la que ocurre la desaparición de la imagen de preexcitación durante el esfuerzo suele coincidir con tal periodo. Es una de las variables que sugieren "benignidad" del síndrome. Sin embargo, la desaparición de esa imagen debe ser brusca y completa, es decir de un latido a otro y en todas las derivaciones. Cuando se observan desapariciones parciales no puede asegurarse que se haya alcanzado el periodo refractario de la vía, ya que es posible que la aceleración de la conducción por el nódulo A-V despolarice una mayor masa ventricular que el impulso llegado por el haz accesorio. En ocasiones es factible observar la aparición y desaparición de la imagen a frecuencias cardíacas muy diferentes. Esto impide la valoración del periodo refractario y sugiere una respuesta diferente del haz a estímulos del sistema nervioso autónomo.

También puede observarse la facilitación de la conducción por la vía anómala durante el esfuerzo con aparición de una imagen de preexcitación que no era visible en reposo. No está demostrada la causa de esta respuesta, aunque la histología particular del haz involucrado, semejante a las fibras de Purkinje, podría explicarlo.

Fibrilación auricular.

La ergometría puede utilizarse con la finalidad de evaluar la respuesta ventricular en pacientes con fibrilación auricular con o sin tratamiento. Hay que tener en cuenta que ante frecuencias ventriculares elevadas el desnivel del segmento ST puede estar presente sin significar una enfermedad coronaria agregada. Por esta razón la utilidad diagnóstica de la prueba está limitada ante la presencia de fibrilación auricular debido a la alta frecuencia de "falsos positivos" del método. También es posible el desencadenamiento de la arritmia en una ergometría tanto en pacientes con cardiopatía como en raros casos de corazones "aparentemente sanos". La significación patológica en estos casos depende de la cardiopatía que le dio origen.

En deportistas recreativos con fibrilación auricular la ergometría cumple un interesante papel al valorar la frecuencia ventricular ante el esfuerzo. De esta manera es posible la regulación de las dosis de los fármacos indicados y la programación de diferentes tipos de ejercicios.

Bloqueo de rama izquierda en ergometría

El bloqueo de rama izquierda desencadenado por el esfuerzo puede corresponder a isquemia miocárdica o patología intrínseca de la rama. Ante su aparición es necesario aplicar exámenes de mayor complejidad para tratar de definir su etiología. En los casos en que el bloqueo se observa a una alta frecuencia cardiaca puede obedecer a otros mecanismos (taquicárdico-dependiente) que no impliquen un valor patológico definido.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, et al; American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology, Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, and Council on Epidemiology and Prevention. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2013;128:873-934. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31829b5b44>
2. Brión G, Mautner B. En Mautner B. *Cardiología*. 2010. Ed Mediterráneo. Santiago de Chile. Buenos Aires. 165-194.

3. Yoshino T1, Hayashi H, Nakae I, Horie MJ-point elevation induced by double master two-step test. *Intern Med* 2012;51:1941. <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.51.8007>
4. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2013;128:873-934. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31829b5b44>
5. Peidro R, Brión G, Angelino A, Mauro S. Hallazgos cardiológicos y de aptitud física en el futbolista de alto rendimiento. Premio Bional 2003 Consejo de ergometría y rehabilitación cardiovascular. Sociedad Argentina de Cardiología. *Rev Argent Cardiol* 2004;72:263-9.
6. Brión G, Prieto O, Asenjo A, Peidro R y col. Valoración de la potencia aeróbica máxima en deportistas: comparación entre métodos directo e indirecto. *Rev Argent Cardiol* 2006;74(3) (abstract.).
7. Peidro R, Motta D, Brión G, Peidro F, y col. Comparación de métodos de medición de la capacidad aeróbica en jugadores de fútbol profesionales. II Congreso Iberoamericano de Rehabilitación Cardíaca y Prevención Secundaria. Palma de Mallorca, España, 13 de junio 2002.
8. Peidro R: La prueba ergométrica graduada. En: Peidro R, Angelino A: Medicina, Ejercicio y deportes. Centro Editor Fundación Favaloro. Buenos Aires, Argentina. 1996; pp: 121-175.
9. Franklin B, Whaley M, Howley E, Balady G et al: ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Sixth Edition. American College of Sport Medicine. Lippincott Williams & Williams. Philadelphia. USA.2000. pp 300 – 306
10. Peidro R, Brión G, Angelino A, Grazioli G et al.: ¿Existe relación entre el perímetro de cintura y el índice de masa corporal con la capacidad funcional ergométrica máxima de un individuo sano? *Rev Argent Cardiol* 2007; 75, supl I (abstract).
11. Korpelainen R, Lämsä J, Kaikkonen K, Korpelainen J, Laukkanen J, Palatsi I et al. Exercise capacity and mortality - a follow-up study of 3033 subjects referred to clinical exercise testing. *Ann Med.* 2016;48:359-66. <https://doi.org/10.1080/07853890.2016.1178856>
12. Galizio N, Peidro R, González J, Dasso D, et al. Competencia cronotrópica Evaluación de la relación metabólica -cronotrópica en individuos normales. *Cardiología Intercontinental* 1994;3:86-90
13. Abad D, Prieto O, Brión G, Peidro R y col. Impacto de los factores de riesgo cardiovascular en la frecuencia cardíaca máxima. *Rev Argent Cardiol* 2006;74(3) (abstract).
14. Watson AM, Brickson SL, Prawda ER, Sanfilippo JL. Short-Term Heart Rate Recovery is Related to Aerobic Fitness in Elite Intermittent Sport Athletes. *J Strength Cond Res* 2017;31:1055-61. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001567>
15. Minkinen M, Nieminen T, Verrier RL, Leino J, Lehtimäki T, Viik J et al. Prognostic capacity of a clinically indicated exercise test for cardiovascular mortality is enhanced by combined analysis of exercise capacity, heart rate recovery and T-wave alternans. *Eur J Prev Cardiol* 2015;22:1162-70. <https://doi.org/10.1177/2047487314557190>
16. Hajdusek P, Kotrc M, Kautzner J, Melenovsky V, Benesova E, Jarolim P, et al. Heart rate response to exercise in heart failure patients: The prognostic role of metabolic-chronotropic relation and heart rate recovery. *Int J Cardiol* 2017;228:588-93. <https://doi.org/10.1177/2047487314557190>
17. Hajdusek P, Kotrc M, Kautzner J, Melenovsky V, Benesova E, Jarolim P, et al. Heart rate response to exercise in heart failure patients: The prognostic role of metabolic-chronotropic relation and heart rate recovery. *Int J Cardiol* 2017;228:588-93. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.11.083>
18. Mariampillai JE, Engeseth K, Kjeldsen SE, Grundvold I, Liestøl K, Erikssen G, et al. Exercise systolic blood pressure at moderate workload predicts cardiovascular disease and mortality through 35 years of follow-up in healthy, middle-aged men. *Blood Press* 2017;26:229-36. <https://doi.org/10.1080/08037051.2017.1291276>
19. Weiss SA, Blumenthal RS, Sharrett AR, Redberg RF, Mora S. Exercise blood pressure and future cardiovascular death in asymptomatic individuals. *Circulation* 2010;121:2109-16. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.895292>
20. Sanchez J, Peidro R, Gonzalez J et al.: Evaluation of QT values during exercise testing in patients with abnormal ST segment depression. VI Congreso Mundial de Rehabilitación Cardíaca, Buenos Aires, Argentina 1996 (Abstract).
21. Rozanski A, Berman D. New Algorithms for the Prediction of Cardiovascular Risk: The Post-Diamond-Forrester Era. *JAMA Cardiol.* 2017;2:359-60. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2016.5551>
22. Mark D, Hlatky M, Harrell F Jr, Lee K, Califf RM, Pryor DB. Exercise treadmill score for predicting prognosis in coronary artery disease. *Ann Intern Med* 1987;106:793-800. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-106-6-793>
23. Salokari E, Laukkanen JA, Lehtimäki T, Kurl S, Kunutsor S, Zaccardi F. The Duke treadmill score with bicycle ergometer: Exercise capacity is the most important predictor of cardiovascular mortality. *Eur J Prev Cardiol.* 2019;26:199-207. <https://doi.org/10.1177/2047487318804618>
24. Cheezum MK, Subramaniam PS, Bittencourt MS, Hulten EA, Ghoshhajra BB, Shah NR, et al. Prognostic value of coronary CTA vs. exercise treadmill testing: results from the Partners registry. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015;16:1338-46. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev087>
25. Huqi A, Morrone D, Guarini G, Capozza P, Orsini E, Marzilli M. Stress Testing After Complete and Successful Coronary Revascularization *Can J Cardiol* 2016;32:986.e23-9. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2015.12.025>
26. Harb SC1, Cook T, Jaber WA, Marwick T. Exercise testing in asymptomatic patients after revascularization: are outcomes altered? *Arch Intern Med* 2012;172:854-61. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2012.1355>
27. Howell SJ, Prasad P, Vipparla NS, Venugopal S, Amsterdam EA. Usefulness of PredischARGE Cardiac Testing in Low Risk Women and Men for Safe, Rapid Discharge from a Chest Pain Unit. *Am J Cardiol* 2019;123:1772-5. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2019.02.039>
28. Liti B, Krainski F, Gabriel A, Hiendlmeyr B, Manola A, Perucki W, Pershwitz G, Kumar A, Duvall WL. Clinical effectiveness of an outpatient pathway for low-risk chest pain emergency department visits. *J Nucl Cardiol* 2020;27:1341-8. <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01814-9>

5.3 Ergometría en rehabilitación cardiovascular

COORDINACIÓN: IGNACIO DÁVOLOS^{MTSAC}

AUTORES: ENRIQUE GONZÁLEZ NAYA, IGNACIO DÁVOLOS^{MTSAC}, SERGIO MAURO^{MTSAC}

1. Fundamentos y objetivos

El ejercicio físico permite revelar alteraciones cardiovasculares no evidentes en reposo, y por ello la ergometría constituye el primer escalón diagnóstico funcional, aportando información electrocardiográfica, hemodinámica, clínica y de capacidad funcional del estado cardiovascular global del paciente. (1,2)

En los programas de Rehabilitación Cardiovascular (RCV), el test ergométrico graduado permite evaluar

capacidad funcional útil, límite y máxima; definir la intensidad segura y eficaz del ejercicio terapéutico, estratificar riesgo y detectar progresión de enfermedad o efectos del entrenamiento. (6)

2. Tipos de ergometría según objetivo

La prueba ergométrica en RCV excede la mera detección de isquemia, incorporando objetivos diagnósticos, pronósticos y terapéuticos. (1,4)

Entre sus utilidades principales se destacan: detección de isquemia o arritmias inducidas por el ejercicio (**diagnóstica**), determinación de la capacidad funcional (**pronóstica**), estimación del VO_2 pico, y evaluación comparativa pre-post programa (**evaluativa**). (7)

La estratificación del riesgo se sostiene en hallazgos como angina o cambios del ST, arritmias, respuesta tensional anormal y recuperación anormal de la frecuencia cardíaca. (1,3,5)

En el aspecto terapéutico, la ergometría permite evaluar el efecto de betabloqueantes, el control tensional, la eficacia de antianginosos y la percepción subjetiva del esfuerzo. (4,7)

3. Poblaciones evaluadas

La ergometría es útil en múltiples escenarios clínicos vinculados a la RCV (5,6):

Previo al inicio del programa:

- Post infarto agudo de miocardio
- Post revascularización (quirúrgica o percutánea)
- Angina estable
- Trasplante cardíaco
- Valvulopatías
- Insuficiencia cardíaca compensada
- Vasculopatía periférica
- Cardiopatías congénitas operadas
- Portadores de marcapasos o cardiodesfibriladores
- Pacientes con múltiples factores de riesgo
- Sujetos previamente sedentarios

Durante el programa se utiliza para reevaluaciones periódicas y ajustes de carga. Al finalizar el programa, para medir impacto del entrenamiento y planificar actividad física a largo plazo (fase IV). (6)

4. Características de la prueba ergométrica en RCV

La prueba debe ser **graduada y limitada por síntomas** (3,6).

Los protocolos recomendados incluyen Bruce, Bruce modificado, Naughton y Balke-Ware en cinta, y etapas de 3 minutos con incrementos de 150 kgm o protocolos rampeados (10 W en 10 segundos) en cicloergómetro (3,4,6). En pacientes jóvenes de bajo riesgo se pueden realizar etapas de 3 minutos con incrementos de 300 kgm entre cargas. (8,9)

La elección depende del diagnóstico, del nivel funcional inicial y de la presencia de síntomas, preferentemente siguiendo el Consenso Argentino para adaptar la prueba al contexto local. (6)

5. Parámetros clave a determinar

1. Frecuencia cardíaca (FC)

- o FC máxima
- o FC límite (inicio de síntomas o aparición de cambios del ST)
- o FC útil (zona de trabajo segura): se puede utilizar el 80% de la FC límite, la FC de la etapa anterior en la cual aparecieron los signos de isquemia. De no presentar ninguno de estos, la FC útil equivaldría a la máxima.

2. Capacidad funcional (CF)

- o Útil, límite y máxima, expresada en METs. (1,7)

3. Escala de Borg modificada

Útil especialmente en pacientes bajo fármacos cronotrópicos negativos, portadores de determinados tipos de marcapasos o en trasplantados cardíacos (4,7).

4. Otros parámetros

Tensión arterial, síntomas, arritmias, saturación de oxígeno, respuesta cronotrópica y recuperación.

6. Diseño del plan de ejercicio basado en la ergometría

La prescripción se realiza aplicando el principio **FITT** (frecuencia, intensidad, tiempo, tipo) considerando las recomendaciones internacionales y nacionales. (1,3,6)

a) Intensidad

Puede establecerse según:

• Frecuencia cardíaca objetivo (Karvonen)

$FCO = FC \text{ reposo} + (FC \text{ máx} - FC \text{ reposo}) \times \% \text{ intensidad}$

o Moderada: 40–70%

o Vigorosa: 70–85%

• MET o VO_2 estimado

o Entrenamiento moderado: 3–6 MET

o Vigoroso: >6 MET

En enfermedad coronaria se trabaja en la etapa previa del umbral de aparición de isquemia. (1,4,7)

b) Duración y frecuencia

• Frecuencia: 3–5 veces/semana (fase II). (6)

• Duración: 20–45 min de ejercicio aeróbico + calentamiento y vuelta a la calma.

c) Modalidad

Caminata, bicicleta fija, elíptico, remo, MIIT en baja tolerancia, y fuerza 2–3 veces/semana. (7)

7. Conclusiones

La ergometría es un pilar fundamental de la RCV. Permite diagnosticar, estratificar riesgo, prescribir ejercicio seguro y evaluar evolución clínica (8). Un programa de RCV sin evaluación ergométrica carecería de datos objetivos y reproducibles necesarios para personalizar el entrenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arena R, Myers J, Williams MA, Gulati M, Kligfield P, Balady GJ, et al. Assessment of functional capacity in clinical and research settings: A scientific statement from the AHA. *Circulation* 2007;116:329-43. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.184461>
2. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, et al. Exercise standards for testing and training: A scientific statement from the AHA. *Circulation*. 2013;128:873-934. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31829b5b44>
3. Balady G, Arena R, Sietsema K, et al. Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing. *Circulation*. 2010;122:191-225. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181e52e69>
4. Guazzi M, Adams V, Conraads V, Halle M, Mezzani A, Vanhees L, et al. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment and interpretation: a joint position statement from the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation (EACPR) and the American Heart Association (AHA). *Circulation*. 2012;126:2261-74. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31826fb946>
5. Zeballos C, Iglesias D, Paz I, Sarmiento R, Blanco P, Bono J, et al. Estado actual de la rehabilitación cardiovascular en Argentina. *Rev Argent Cardiol*. 2021;89:37-41. <https://doi.org/10.7775/rac.v89.i1.19695>
6. Zeballos C, Bono J, Sarmiento R, Blanco P, Burdiat G, García M, et al. Consenso Argentino de Rehabilitación Cardiovascular. *Rev Argent Cardiol*. 2019;87 (Supl 3):1-58.
7. Doñate Rodríguez M, Serrano Ostáriz E, Casasnovas Lenguas JA. Valoración funcional y prescripción de ejercicio en pacientes con cardiopatía. *Arch Med Deporte*. 2013;30:221-6.
8. Brown TM, Pack QR, Abernethy E, Al-Khatib SM, Arena R, Arizmendi CR, et al. Core Components of Cardiac Rehabilitation Programs: 2024 Update: A Scientific Statement From the American Heart Association and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation* 2024;150:e328-e347. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001289>
9. Thomas RJ, Beatty AL, Beckie TM, Brewer LC, Brown TM, Forman DE, et al. Cardiac Rehabilitation — Challenges, Advances, and the Road Ahead. *N Engl J Med* 2024;390:830-41.

5.4 La prueba ergométrica en pacientes con insuficiencia cardíaca

COORDINACIÓN: IGNACIO DÁVOLOS^{MTSAC}

AUTORES: MIGUEL RESNIK^{MTSAC}, NORBERTO BORNANCINI

Introducción

La Insuficiencia Cardíaca (IC) es un síndrome clínico complejo pero con los avances en los tratamientos los portadores de IC crónica han extendido su expectativa de vida. La limitación funcional y la disminución de la calidad de vida son características centrales. En este contexto, la evaluación objetiva de la capacidad funcional del paciente es crucial. Si bien la prueba de esfuerzo cardiopulmonar (Ergoespirometría o CPET) se considera el *gold standard* en IC avanzada, la prueba ergométrica graduada (PEG) sigue desempeñando un papel valioso, especialmente para la evaluación inicial y la prescripción de ejercicio.

El objetivo de la PEG en la IC es doble: determinar la tolerancia al esfuerzo y, de manera indirecta, ofrecer información pronóstica y hemodinámica, siempre bajo condiciones de seguridad y supervisión. La clasificación (Tabla 1) de la IC nos orienta al perfil de paciente que se someterá a una PEG.

Tabla 1. Definición y clasificación según fracción de eyección del ventrículo izquierdo

IC-FEr	IC-FEIr	IC-FEp	IC-FEm
Presencia o antecedentes de signos/síntomas de IC, causados por una alteración cardíaca estructural o funcional, acompañados de reducción del gasto cardíaco o aumento de presiones de llenado en reposo/esfuerzo corroborados por métodos invasivos/no invasivos, o aumento de los péptidos natriuréticos			
FEVI ≤40%	FEVI 41-49%	FEVI ≥50%	FEVI ≤40% que en el seguimiento mejora ≥10 puntos con nueva FEVI > 40%

Modificado de 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. Eur Heart J. 2021 Sep 21;42(36):3599–726; Universal Definition and Classification of Heart Failure. J Card Fail. 2021 Mar 1;51071-9164(21)00050-6 y 2022 AHA/ACC/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure. Circulation. 2022 May 3;145(18):e895–1032.

FEVI: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo; IC-FEIr: Insuficiencia cardíaca con fracción de eyección levemente reducida; IC-FEm: Insuficiencia cardíaca con fracción de eyección mejorada; IC-FEp: Insuficiencia cardíaca con fracción de eyección preservada; IC-FEr: Insuficiencia cardíaca con fracción de eyección reducida.

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 oxígeno¹

1. Indicaciones de la prueba ergométrica en insuficiencia cardíaca

1. Evaluación de la capacidad funcional objetiva y prescripción de ejercicio:

- o Determinar la capacidad de trabajo y el nivel de ejercicio tolerado para diseñar un programa de Rehabilitación Cardíaca individualizado y seguro.
- o Ayuda a establecer la carga máxima (en vatios o equivalentes metabólicos, METs) y la frecuencia cardíaca de entrenamiento objetivo.

2. Determinación de la causa de los síntomas:

- o Distinguir la disnea o fatiga resultante de la disfunción cardíaca de la limitación debida a desacondicionamiento físico, patología pulmonar o isquemia miocárdica asociada.

3. Evaluación de la respuesta hemodinámica al esfuerzo:

- o Monitorizar la respuesta de la presión arterial y la frecuencia cardíaca durante el ejercicio, detectando respuestas anómalas (como la hipotensión por esfuerzo o la incompetencia cronotrópica).

4. Evaluación de la eficacia terapéutica:

- o Determinar la respuesta funcional a la optimización del tratamiento médico (e.g., ajuste de dosis de betabloqueantes o anti-hipertensivos), o posterior a la implantación de dispositivos (e.g., Resincronización Cardíaca).

2. Contraindicaciones de la prueba ergométrica en insuficiencia cardíaca (las contraindicaciones generales se encuentran en la secciónn inicial de éste documento)

Contraindicaciones Absolutas:

- Insuficiencia cardíaca aguda o descompensada: Cambios recientes en la clase funcional, congestión pulmonar o sistémica significativa que requiera intervención.
- Arritmias ventriculares complejas o mal controladas: Taquicardia ventricular sostenida o fibrilación auricular con respuesta ventricular rápida no controlada, que pueda precipitar inestabilidad hemodinámica. Es importante destacar que la PEG con sospecha de isquemia, y que ésta sea la causa de IC, tiene una alta sensibilidad y especificidad. Por éste motivo es que se sugiere la correcta selección e indicación de la PEG en éste grupo de pacientes.

Parámetros y referencias a la hora de realizar una PEG en pacientes con IC:

- Capacidad funcional alcanzada (METs/Duración):** El rendimiento en la PEG se correlaciona con el pronóstico. La incapacidad para completar la Etapa 1 o 2 del protocolo de Bruce (ver protocolos), o alcanzar un nivel de < 5 METs, se asocia a un pronóstico desfavorable. (1)
- Incompetencia cronotrópica:** La incompetencia cronotrópica se define como la incapacidad de la frecuencia cardíaca para alcanzar al menos el 85% de la frecuencia cardíaca máxima predicha por la edad en pacientes sin tratamiento cronotrópico negativo, o el 60% en aquellos bajo tratamiento con betabloqueantes, durante una prueba ergométrica máxima o limitada por síntomas. Como variante, la respuesta cronotrópica puede evaluarse mediante el índice cronotrópico de Wilkoff, calculado como el cociente entre el incremento observado de la frecuencia cardíaca y el incremento esperado según la edad $((FC \text{ pico} - FC \text{ reposo}) / (FC \text{ máxima predicha} - FC \text{ reposo}))$. Este índice presenta la ventaja de ajustar la respuesta cronotrópica tanto

por la frecuencia cardíaca de reposo como por el grado real de esfuerzo alcanzado, reduciendo el sesgo asociado a valores basales elevados o a pruebas submáximas. Se consideran indicativos de incompetencia cronotrópica valores $< 0,80$ en la población general y $< 0,62-0,65$ en pacientes bajo tratamiento con betabloqueantes. Este hallazgo en la prueba de esfuerzo graduada (PEG) se ha correlacionado de manera consistente con un peor pronóstico en pacientes con insuficiencia cardíaca. (4)

- C. **Hipotensión inducida por el ejercicio:** Una caída en la presión arterial sistólica (PAS) de más de 10 mmHg respecto al reposo, o una incapacidad para que la PAS aumente, es un signo de reserva funcional limitada y disfunción ventricular izquierda grave, y es un marcador de riesgo de eventos adversos graves. (1)
- D. **Referencia al consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}):** Los consensos, si bien prefieren la CPET para medir VO_{2max} (el predictor pronóstico más potente), utilizan la PEG para identificar a los pacientes con alta probabilidad de tener un VO_{2max} críticamente bajo (2).

PROTOCOLOS UTILIZADOS EN PACIENTE CON IC

En el presente capítulo centraremos nuestra atención en la PEG pero no debemos de olvidar que los test cardiopulmonares son gold estándar en IC avanzada; para profundizar más en el tema sugerimos revisar las “Guías Argentinas Intersocietarias de Prueba de Ejercicio Cardiopulmonar”. Los protocolos son diseñados en los pacientes con IC, con un requerimiento metabólico de aproximadamente 2 METS, con un aumento en la intensidad en 1-2 METS por etapa.

Los protocolos en cinta deslizante de Balke, Ellestad y Astrand modificado aplican velocidades que pueden ser muy dificultosas para alcanzar en estos pacientes. En el caso del protocolo de Bruce, la dificultad puede estar en los grandes aumentos en la carga de trabajo por etapa y su duración más limitada.

Es ampliamente empleado el protocolo de Naughton modificado con etapas de 2 minutos y aumentos de 1-2 METS por cada una de ellas.

Los protocolos de Rampa son una alternativa valorada porque aseguran la capacidad de los pacientes para desarrollarla acorde a sus condiciones individuales. Básicamente, son etapas de ≤ 1 minuto con cambios graduales de velocidad y pendiente, permitiendo un tiempo deseable de trabajo de 8-12 minutos.

En el cicloergómetro pueden comenzar con carga una carga externa de 0 watts e incrementos de 5-20 watts dependiendo del tamaño corporal (1 watt equivale a 6 kilogrametros aproximadamente).

Las indicaciones de la PEG en IC son Clase II Nivel de Evidencia B para el diagnóstico de cardiopatía isquémica como causa de IC, y Clase II Nivel de Evidencia C para valoración de la capacidad funcional.

Es importante destacar que la PEG no es un método para diagnosticar IC sino que su función es poder objetivar principalmente signos y síntomas inducidos por el ejercicio como así también clase funcional.

Debe tenerse en cuenta que los pacientes con IC medicados no deben suspender el tratamiento previo a la PEG dado el aumento del riesgo de descompensación (3).

BIBLIOGRAFÍA

1. Consenso Argentino de Pruebas Ergométricas. Sociedad Argentina de Cardiología. Rev Argent Cardiol 2010;78:74-89. www.scielo.org.ar/pdf/rac/v78n1/v78n1a17.pdf
2. Iglesias D, Dávalos I, Franchella J, Arce S, Filosa E, González Y, y cols.. Guías Argentinas intersocietarias de prueba de ejercicio cardiopulmonar. Rev Argent Cardiol 2025;93 (Suplemento 8): 1-116. <https://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v93.s8>
3. Guazzi M, Wilhelm M, Halle M, Adams V, Bano-Rodrigo A, Brunner-La Rocca HP, et al. Exercise testing in heart failure with preserved ejection fraction: pathophysiology and therapy. Eur J Heart Fail. 2022;24:1327-45. <https://doi.org/10.1002/ehf.2601>
4. Wilkoff BL, Miller RE, Smith JA, Curry K, Miller MD, Kaye GC. Exercise testing for chronotropic assessment. Circulation. 1992;85:151-6.

5.5 Ergometría en el deportista

COORDINACIÓN: ENRIQUE GONZÁLEZ NAYA

AUTORES: DIEGO IGLESIAS^{MTSAC}, JUAN MARTIN DE HERTELENDY, AGUSTÍN FAVINI

A lo largo de este documento se ha propuesto a la ergometría como prueba de esfuerzo graduado para distintos escenarios. La ergometría en el deportista se recomienda como una prueba máxima y con un protocolo, idealmente, deportológico en individuos entrenados que no se presuponen con cardiopatía estructural o factores de riesgo cardiovascular.

Objetivos y protocolos de la ergometría

La prueba de esfuerzo gradual en atletas puede perseguir múltiples objetivos. Frecuentemente, se utiliza para determinar la capacidad funcional y/o la potencia aeróbica máxima de un individuo. Es importante señalar que la capacidad funcional del deportista estará sujeta al tipo de disciplina que practique variando según el componente dinámico y estático de la actividad, tal como se clasificó en la convención de Bethesda.

La prueba de ejercicio cardiopulmonar (PECP) es el Gold Standard para la evaluación de deportistas. Esta prueba permite una determinación precisa de la potencia aeróbica máxima (medida en METs), la frecuencia cardíaca máxima y los umbrales ventilatorios, entre otras variables, gracias a la medición directa de los gases espirados. (1, 2)

La ergometría simple presenta la limitación de no contar con estas mediciones, lo que dificultará la individualización de la evaluación y además de no existir protocolos validados específicos para cada deporte.

Por ello, se recomienda realizar la ergometría eligiendo el método más acorde al deporte del atleta (por ejemplo, cicloergómetro para ciclistas, cinta deslizante para maratonistas o el remoergómetro para remeros). Además, se deben utilizar protocolos previamente validados (como el protocolo Bruce en cinta deslizante), asegurando siempre que la prueba sea máxima y se siga el protocolo de forma meticulosa. (3, 4)

De esta manera, se puede obtener la frecuencia cardíaca máxima real, un dato crucial para la posterior programación del entrenamiento por zonas, y estimar la carga alcanzada en METs de la manera más precisa posible.

Características de los protocolos deportológicos:

- **Para control de salud o por motivos clínicos:** Los tradicionales son Bruce, Balke, Astrand etc. Estos protocolos están bien definidos en etapas con tiempos y cargas previamente establecidos y validados. (4-6)
- Cada deporte presenta una carga estática, carga dinámica y una cantidad de MET particulares lo que conlleva que el deportista deba alcanzar una carga de trabajo mínima determinada para estar apto para la práctica de dicho deporte.

Motivos de solicitud de la Prueba Ergométrica Graduada (PEG) en el Deporte

- **Clínicos:** Por síntomas o signos reportados por el deportista o atleta durante o después del ejercicio o deporte. (3, 5)
- En deportistas o atletas con cardiopatías. (5, 6)
- En deportistas o atletas con factores de riesgo cardiovascular.
- Para conocer la capacidad funcional.
- En el atleta o deportista máster (mayor de 40 o 50 años, dependiendo de la definición adoptada), independientemente de factores de riesgo cardiovascular, para la pesquisa de isquemia silenciosa.
- Arritmias detectadas en el ECG de reposo.

Motivos de Solicitud Controversiales o No Avalados

- Chequeo de salud en deportistas sanos menores de 35 años. (3, 5)
- Chequeo de salud en deportistas sanos sin factores de riesgo cardiovascular menores de 50 años.
- Firme sospecha de dopaje con drogas de efectos cardiovasculares conocidos (por ejemplo, anabólicos o drogas con efectos adversos cardiovasculares conocidos).

Elemento estresor (ergómetro) recomendado:

- **Corredores (velocista, carreras urbanas, fondo, etc.):** Cinta, preferiblemente deportiva (larga y ancha).
 - o No debe tener más de 2 grados de pendiente.
 - o Idealmente con arnés superior para prevenir consecuencias de una eventual caída.



- **Ciclistas:** Cintas adaptadas para ciclismo con arnés superior o el uso de rodillos con carga en watts para protocolos realizados con la propia bicicleta del atleta.



- **Atletas con discapacidad motora de tren inferior:** Ergómetro de brazos con carga en watts.

Motivo de Detención de la Prueba:

La prueba debe detenerse por:

- Agotamiento.
- Síntomas y/o signos. (3, 5, 6)
- Razones médicas (arritmias, ST, comportamiento hemodinámico anormal).
- Nunca debe detenerse por porcentajes arbitrarios de frecuencia cardíaca (como el 85%, ya que no tiene fundamento clínico) ni por haber alcanzado la frecuencia cardíaca máxima teórica (la fórmula 220-edad no aplica al deporte). Tampoco por un incremento exagerado aislado de la PA. A capacidades funcionales altas es esperable incrementos máximos de la PA que crucen los límites habituales de PA para finalización de una PEG.

Recomendaciones para el deportista o el atleta antes de una PEG

- Ayuno de sólidos de por lo menos dos horas, no es recomendable realizar una PEG con un ayuno mayor a 6 horas. Pueden ingerirse líquidos en pequeñas cantidades (150 ml) hasta 45 minutos antes de realizar la prueba. (4)
- No realizar una PEG cursando una lesión músculo esquelética reciente, el deportista o atleta debe concurrir a una PEG en iguales condiciones de salud que al realizar su deporte o entrenamiento, con el alta correspondiente que requiera cualquier lesión deportiva.
- Se recomiendan 48 horas de reposo deportivo antes de una PEG para evitar caída del rendimiento por fatiga muscular acumulada especialmente cuando lo que se busca determinar es la capacidad funcional máxima.
- No es recomendable jugar deportes de potencia aeróbica a posteriori de la PEG, se pueden realizar ejercicios de estiramiento o elongación y/o musculación.
- Realizar la PEG con el calzado y ropa deportiva habitual de entrenamiento.
- En varones con vello en tórax, concurrir rasurado o con los implementos para rasurar previo al estudio.
- Llevar toalla y bebida deportiva o agua para el post test.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lollgen H y Leyk D. Exercise Testing in Sport Medicine. Dtsch Arztebl Int 2018;115:409-16. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0409>
2. Fernandez-Fernandez J, Ulbricht A y Ferrauti A. Fitness testing of tennis players: How valuable is it? J Sports Med 2014;48:i22-i31. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093152>.
3. Carvalho T, Alvarenga de Freitas OG, Chalela WA, Cordeiro Hossri CA, Milani M, Buglia S y col. Brazilian Guidelines for Exercise Test in the Adult Population-2024. Arq Bras Cardiol 2024;121(3):e20240110. <https://doi.org/10.36660/abc.20240525>
4. American College of Sports Medicine (ACSM). ACSM's Guidelines for Exercise testing and prescription. Twelfth edition. Wolters Kluwer. 2025.
5. Consenso Argentino de Pruebas Ergométricas. Sociedad Argentina de Cardiología. Rev Argent Cardiol 2010;78:74-89. www.scielo.org.ar/pdf/rac/v78n1/v78n1a17.pdf
6. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher GF et al. ACC/AHA 2002 Guidelines update for Exercise Testing: Summary Article. Circulation 2002;106:1883-92. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000034670.06526.15>

5.6 Ergometría en enfermedad valvular

COORDINACIÓN: ENRIQUE GONZÁLEZ NAYA

AUTORES: ENRIQUE GONZÁLEZ NAYA, PABLO ROURA

La prueba ergométrica tiene utilidad diagnóstica, funcional y pronóstica en valvulopatías, permite (1, 2):

- Esclarecer síntomas dudosos o discordantes con el ecocardiograma.
- Evaluar la capacidad funcional y la respuesta hemodinámica.
- Determinar el momento óptimo de intervención quirúrgica.
- Prescribir y monitorizar ejercicio físico y rehabilitación. (3)

Estenosis Aórtica (EAo)

Seguridad y objetivo:

La PEG puede realizarse con seguridad en pacientes asintomáticos o con síntomas leves. Evalúa la aparición de síntomas, tolerancia funcional y respuesta presora y cronotrópica.

Indicaciones principales:

- EAo moderada o grave asintomática para detección de síntomas ocultos. (1, 2)
- Confirmación de estabilidad clínica en seguimiento.

Criterios de anormalidad / indicación quirúrgica:

- Síntomas inducidos por esfuerzo (angina, disnea, síncope). (1, 2)
- Comportamiento paradójico de la TA (Caída de la presión arterial sistólica durante el esfuerzo).
- Arritmia ventricular compleja.

Insuficiencia aórtica

Objetivo:

- Evaluar síntomas y capacidad funcional. (1, 2)
- Detectar progresión de dilatación ventricular o declinación funcional en PEG seriadas.

Indicaciones:

- IAo moderada o grave asintomática, seguimiento funcional. (1)
- Síntomas inducidos por esfuerzo, indicación de cirugía, aun con FEY preservada.

Estenosis Mitral (EM)

Objetivo:

- Esclarecer síntomas discordantes con la severidad ecocardiográfica.
- Determinar capacidad funcional real y respuesta pulmonar al esfuerzo.

Indicaciones:

- EM moderada o grave (área menor a 1,5 cm²) asintomática. (1)
- Valorar progresión o indicación de intervención percutánea/quirúrgica.

Insuficiencia Mitral (IM)

Objetivo:

- Evaluar sintomatología y capacidad funcional.
- Determinar momento quirúrgico y evolución ventricular.

Indicaciones:

- IM moderada a severa asintomática, control funcional. (1, 4)
- Síntomas leves, inducidos por esfuerzo, considerar la realización de un ecostress para determinar y cuantificar dimensiones, volúmenes y FEy del ventrículo izquierdo, parámetros que serán determinantes para la eventual indicación quirúrgica.
- Deterioro de la capacidad funcional. (5)

Prolapso de la Válvula Mitral (PVM)

Finalidad:

- Diferenciar síntomas benignos de disautonomía vs. Arritmogénicos. (4)
- Evaluar tolerancia al esfuerzo y aparición de arritmias.
- Estratificar riesgo de PVM arritmogénico.

Indicaciones:

- PVM sintomático o con IM asociada. (1)

- Evaluación de deportistas con PVM.
- Sospecha de PVM arritmogénica (mujeres jóvenes, T negativas en cara inferior, EV con BRD).

Conclusiones:

- La prueba de Esfuerzo en valvulopatías no se limita a detectar isquemia, sino que:
 - o Permite valorar la reserva funcional del paciente.
 - o Detecta síntomas ocultos o reproducibles.
 - o Aporta información pronóstica objetiva.
- Su interpretación debe ser contextualizada según tipo de valvulopatía, función ventricular y clínica.
- Es una herramienta segura y costo-efectiva cuando se aplica en pacientes seleccionados y supervisada por cardiólogos entrenados. (5)

BIBLIOGRAFÍA

1. Cisne A, Lancellotti G, Garbi M, et al. ACC/AHA and ESC/EACTS Guidelines for the Management of Valvular Heart Diseases: JACC Guideline Comparison. *J Am Coll Cardiol* 2023;82:721-34. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.05.061>
2. Praz F, Beyersdorf F, Haugaa K, Prendergast B. Valvular Heart Disease: From Mechanisms to Management. *Lancet*. 2024;403(10436):1576-89. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)02755-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)02755-1)
3. De Carvalho T, Alvarenga de Freitas O, Chalela W et al. Brazilian Guideline for Exercise Test in the Adult Population – 2024. *Arq Bras Cardiol*. 2024;121(3):e20240110. <https://doi.org/10.36660/abc.20240525i>
4. Angelino A, Brion G, Esper R. Consenso Argentino de Prueba Ergométrica Graduada. *Revista Argentina de Cardiología*. 2010;78:74-89.
5. Sociedad Argentina de Cardiología. Guías Argentinas Intersocietarias de Prueba de Ejercicio Cardiopulmonar. *Rev Argent Cardiol*. 2025;93(Sup 8)

5.7 Ergometría en enfermedad vascular periférica

COORDINACIÓN: IVANA PAZ

AUTORES: JORGE CORS, IVANA PAZ, ELIANA KOTIRILEVSY

Las pruebas de ejercicio desempeñan un papel fundamental en la evaluación diagnóstica y el manejo de la enfermedad arterial periférica (EAP), especialmente en pacientes con síntomas de claudicación intermitente o cuando el diagnóstico no es claro en reposo.

Es así que, la ergometría, pueden revelar la EAP al aumentar la demanda metabólica de las extremidades inferiores, lo que conlleva una mayor disminución de la presión en el tobillo y una reducción más pronunciada del ITB. Esta evaluación dinámica proporciona información valiosa sobre las limitaciones funcionales y el impacto de la EAP en la capacidad de ejercicio. Por lo tanto, el uso del índice tobillo-brazo (ITB) en reposo y durante la ergometría ofrece un enfoque integral para el diagnóstico de la enfermedad arterial periférica (EAP) y la estratificación del riesgo.

El índice tobillo-brazo (ITB) se utiliza tanto en reposo como durante la ergometría para diagnosticar y evaluar la enfermedad arterial periférica (EAP). En reposo, el ITB ayuda a identificar la EAP y a evaluar su gravedad, como el dolor en reposo en casos severos. Durante la ergometría (prueba de esfuerzo), se repite la prueba para evaluar cómo el ejercicio afecta el flujo sanguíneo y la aparición de la claudicación intermitente, que es el dolor al caminar.

En estos pacientes se busca:

- Confirmar el diagnóstico cuando los síntomas son atípicos o cuando el índice tobillo-brazo (ITB) en reposo es normal o limítrofe.
- Determinar la limitación funcional y la severidad de la claudicación.
- Eventualmente confirmar la respuesta al tratamiento (ejercicio supervisado, o bien la revascularización).
- En pocas situaciones diferenciar causas vasculares de otras etiologías de dolor en miembros inferiores.

Uso del ITB en reposo

Objetivo:

Diagnosticar la presencia de EAP, incluso en etapas asintomáticas.

Procedimiento: Se mide la presión arterial sistólica en el tobillo y en el brazo. El ITB se calcula dividiendo la presión del tobillo entre la del brazo (ITB = Presión Tobillo / Presión Brazo).

Interpretación:

- $ITB \leq 0.90$: Indica la presencia de EAP.
- ITB entre 0.6 y 0.9: Sugiere EAP de leve a moderada.
- $ITB < 0.6$: Indica EAP severa, que puede incluir dolor en reposo.
- $ITB > 1.40$: Sugiere rigidez arterial (común en diabetes).

Uso del ITB en ergometría

Objetivo:

Evaluar el rendimiento de las arterias ante el ejercicio físico. Se toma una lectura del ITB en reposo y luego se repite inmediatamente después de que el paciente haya caminado en una cinta de ejercicio (o realizado otro esfuerzo).

Interpretación:

Se comparan los valores de reposo y pos-ejercicio. Una disminución significativa del ITB tras el ejercicio indica que las arterias se estrechan al ser sometidas a la demanda del ejercicio. Esta prueba es útil para identificar la claudicación intermitente, que es un dolor en las piernas que aparece al caminar y se alivia con el reposo.

Consideraciones adicionales

Preparación: Es importante que el paciente repose unos 10-20 minutos antes de la medición en reposo para normalizar la presión arterial.

Limitaciones: En algunos casos, como en pacientes con rigidez arterial severa (común en diabetes), los resultados del ITB pueden ser menos fiables. En estas situaciones, se puede utilizar el índice dedo-brazo (IDB) para obtener una evaluación más precisa.

Tipos de pruebas que pueden efectuarse (1- 11)

Determinación del Índice Tobillo-Brazo (ITB) post-esfuerzo en pacientes con síntomas sugestivos de EAP y ITB en reposo normal (>0.90).

- El paciente debe caminar en una cinta ergométrica (generalmente a 3,2 km/h, (2 millas/hora) comenzando sin pendiente y aumentando 2 grados cada 2 minutos con una pendiente máxima de 10-12 grados, o hasta la aparición de síntomas). Se toma el ITB inmediatamente después del ejercicio(1-10)
- Una caída del $ITB \geq 20\%$ respecto al valor basal o un ITB post-esfuerzo <0.90 es sugestivo de EAP.

Prueba de marcha en cinta ergométrica únicamente

- El protocolo habitual es el de Gardner – Skinner que se realiza con velocidad fija y pendiente progresiva (por ejemplo, 3,2 km/h, iniciando sin pendiente y aumentando 2 grados cada 2 minutos con una pendiente máxima de 12 grados).
- Se pueden considerar 2 variables: la distancia o tiempo:
 - o Distancia o tiempo transcurrido hasta el inicio del dolor (claudicación inicial).
 - o Distancia máxima recorrida (claudicación máxima).
- Con esta prueba se manifiesta la limitación funcional y permite seguimiento de la respuesta terapéutica. (11-12)

Prueba de marcha de 6 minutos

El paciente camina la mayor distancia posible en 6 minutos en un pasillo plano.

- No es compleja, es reproducible, refleja la capacidad funcional en la vida diaria.
- Permite la evaluación basal y seguimiento de la capacidad funcional.

Prueba de esfuerzo cardiopulmonar

- En casos seleccionados, especialmente si se sospecha patología concomitante cardíaca o pulmonar, o para evaluación preoperatoria.
- Determinando el consumo máximo de oxígeno (VO_2 pico), la respuesta hemodinámica y ventilatoria.

Clínica

- Las pruebas de ejercicio ayudan a identificar pacientes con enfermedad arterial periférica con síntomas e ITB normal en reposo.
- Permiten cuantificar la severidad y el impacto funcional de la enfermedad.
- Son útiles para monitorizar la respuesta a intervenciones (ejercicio supervisado, revascularización).
- El tipo de prueba seleccionada depende de los recursos que se disponga y su objetivo.

Protocolos de ejercicio más sensibles en la EAP

Prueba de cinta ergométrica (treadmill) con protocolo de Gardner-Skinner

- Descripción:
 - o Velocidad: 3,2 km/h (2 millas/hora)
 - o Pendiente: inicialmente plana y con incrementos de 2 grados cada 2 minutos hasta un máximo de 12 grados.
 - o Duración: Hasta llegar a los 12 grados o hasta el momento de claudicación máxima
- Es la prueba universalmente considerada como la más sensible para inducir síntomas y detectar caídas del ITB post-ejercicio, especialmente en pacientes con EAP leve o asintomática.
- Permite cuantificar distancia de claudicación inicial y máxima, y es reproducible.
- Permite distinguir la pseudoclaudicación.

Prueba de ITB post-ejercicio

- o El paciente camina en cinta ergométrica (usualmente con el protocolo de Gardner-Skinner).
- o Se mide el ITB inmediatamente después del ejercicio y a los 2 y 5 minutos.
- Pro: Una caída $\geq 20\%$ del ITB respecto al basal o ITB post-ejercicio $< 0,90$.
- Contra: Complejo de medir en el post esfuerzo ya que se trata en general de una población en general añosa.
- La sensibilidad es alta para EAP, incluso cuando el ITB en reposo es normal.

Prueba de marcha de 6 minutos

- El paciente camina la mayor distancia posible en 6 minutos en un pasillo plano.
- Su sensibilidad es menor que la cinta ergométrica para inducir isquemia, pero útil para evaluar capacidad funcional y cambios con el tiempo.

Otras consideraciones

- El protocolo de Gardner-Skinner en cinta ergométrica es el estándar de referencia por su alta sensibilidad y reproducibilidad.
- La medición inmediata del ITB post-ejercicio es fundamental para maximizar la sensibilidad diagnóstica.
- Protocolos más exigentes (mayor pendiente o velocidad) pueden aumentar la sensibilidad, pero deben individualizarse según la capacidad del paciente y el riesgo cardiovascular.

El protocolo de cinta ergométrica (Gardner-Skinner) con eventualmente medición del ITB post-ejercicio es el método más sensible para detectar EAP, especialmente en casos leves o con ITB en reposo normal.

La elección del protocolo debe adaptarse a la condición clínica y funcional del paciente.

Así por ejemplo la prueba de marcha de 6 minutos es preferida en la enfermedad arterial periférica (EAP) en los siguientes contextos clínicos:

1. Para considerar la capacidad funcional global
 - Refleja la capacidad de marcha en la vida diaria, no solo la distancia hasta la aparición de claudicación.
 - Es útil para valorar el impacto funcional de la EAP y la limitación en actividades cotidianas.
2. En el control de la respuesta a intervenciones
 - Es especialmente útil para monitorizar la mejoría tras programas de ejercicio (supervisado o domiciliario), revascularización o tratamiento médico.
 - Permite comparar la evolución funcional a lo largo del tiempo.
3. En pacientes con limitaciones para efectuar prueba en cinta ergométrica
 - Indicado en pacientes con comorbilidades (artritis, alteraciones del equilibrio, obesidad, edad avanzada, etc.).
 - Es más seguro y mejor tolerado en poblaciones frágiles.
4. En centros con recursos limitados
 - No requiere equipamiento especializado, solo un pasillo plano de al menos 30 metros y un cronómetro.
 - Es ideal en atención primaria, rehabilitación o centros sin acceso a cinta deslizante.

Limitaciones:

- Es menos sensible que la prueba de treadmill para inducir isquemia y detectar caídas del ITB post-ejercicio.
- No permite determinar la distancia exacta hasta la aparición de claudicación inicial o máxima.

Pruebas de ejercicio en un paciente con enfermedad panvascular:

En el contexto de un paciente panvascular (es decir, con afectación aterosclerótica significativa en múltiples territorios vasculares: coronario, cerebral y periférico), la indicación y selección de pruebas de ejercicio requiere una valoración cuidadosa, considerando tanto la seguridad como la utilidad diagnóstica y pronóstica.

- Estos pacientes tienen alto riesgo cardiovascular global y pueden presentar limitaciones funcionales por enfermedad coronaria, enfermedad arterial periférica (EAP), enfermedad cerebrovascular o comorbilidades asociadas.
- Las pruebas de ejercicio deben individualizarse (protocolo de Bruce o de Gardner Skinner), priorizando la seguridad y la obtención de información relevante para el manejo integral del paciente.

En resumen, la prueba de esfuerzo en el paciente panvascular implica la provocación controlada de estrés cardíaco, con monitorización electrocardiográfica y tensional, frecuentemente asociada a técnicas de imagen, para detectar isquemia, valorar la capacidad funcional y estratificar el riesgo, adaptando el protocolo según las limitaciones del paciente y el objetivo clínico(8-9).

BIBLIOGRAFÍA

1. Narula A, Benenstien RJ, Duan D, et al. Ankle-Brachial Index Testing at the Time of Stress Testing in Patients without Known Atherosclerosis. *Clin Cardiol*. 2015 Dec 22;39(1):24-9. <https://doi.org/10.1002/clc.22487>
2. Treat-Jacobson D, McDermott MM, Bronas UG, et al. Optimal Exercise Programs for Patients With Peripheral Artery Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2019;139(4):e10-e33. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000623>
3. Dhanoa D, Baerlocher MO, Benko AJ, et al. Position Statement on Noninvasive Imaging of Peripheral Arterial Disease by the Society of Interventional Radiology and the Canadian Interventional Radiology Association. *Journal of Vascular and Interventional Radiology : JVIR*. 2016;27(7):947-51. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2016.03.049>
4. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, et al. Exercise Standards for Testing and Training: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2013;128(8):873-934. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31829b5b44>
5. Gornik HL, Aronow HD, Goodney PP, et al. 2024 ACC/AHA/AACVPR/APMA/ABC/SCAI/SVM/SVN/SVS/SIR/VESSE Guideline for the Management of Lower Extremity Peripheral Artery Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*. 2024;83(24):2497-604. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2024.02.013>
6. Stivalet O, Paisant A, Belabbas D, et al. Exercise Testing Criteria to Diagnose Lower Extremity Peripheral Artery Disease Assessed by Computed-Tomography Angiography. *PloS One*. 2019;14(6):e0219082. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219082>
7. Prior SJ, Chrencik MT, Christensen E, et al. An Exercise Stress Test for Contrast-Enhanced Duplex Ultrasound Assessment of Lower Limb Muscle Perfusion in Patients With Peripheral Arterial Disease. *Journal of Vascular Surgery*. 2024;79(2):397-404. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2023.10.005>
8. Samsky MD, Mentz RJ, Stebbins A, et al. Polyvascular Disease and Increased Risk of Cardiovascular Events in Patients With Type 2 Diabetes: Insights From the EXSCeL Trial Atherosclerosis. 2021;338:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2021.10.011>
9. Gutierrez JA, Mulder H, Jones WS, Rockhold FW, Baumgartner I, Berger et al. Polyvascular Disease and Risk of Major Adverse Cardiovascular Events in Peripheral Artery Disease: A Secondary Analysis of the EUCLID Trial. *JAMA Netw Open* 2018;1(7):e185239.
10. Gardner AW, Skinner JS, Cantwell BW, Smith LK. Progressive vs single-stage treadmill tests for evaluation of claudication. *Med Sci Sports Exerc*. 1991;23:402-8. <https://doi.org/10.1249/00005768-199104000-00003>
11. Matos Casano HA, Ahmed I, Anjum F. Prueba de caminata de seis minutos. National Library of Medicine: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK576420/#:~:text=Por%20lo%20general%2C%20el%20t%C3%A9cnico,%5B5%5D>
12. McDermott, M, Lu Tian, Criqui M, et al. Meaningful change in six-minute walking people with peripheral artery disease. *J Vasc Surg*. 2021;73:267-76.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2020.03.052>

5.8 Ergometría en Enfermedad de Chagas

COORDINACIÓN: IGNACIO DÁVOLOS^{MTSAC}

AUTORES: CLAUDIA BUCAY, IGNACIO DÁVOLOS, MARCELO BENASSI, ROBERTO AGÜERO

Esta descripto y avalado en múltiples publicaciones que el aumento de la Actividad física (AF) y la mejora de la forma física se asocian con menores tasas de mortalidad total y de enfermedad cardiovascular (ECV) y menor prevalencia de diversas enfermedades conocidas. (1,2)

A pesar de los sustanciales beneficios para la salud derivados de la AF frecuente, paradójicamente, el ejercicio intenso puede actuar como un desencadenante de arritmias ventriculares (AV) potencialmente mortales en presencia de enfermedad cardiovascular (ECV) subyacente. (3,4)

Utilidad de la ergometría en pacientes con enfermedad de Chagas

1. Valorar capacidad funcional: no suele alterarse, inclusive ante la presencia de trastornos electrocardiográficos. (5-7)
2. Respuesta cronotrópica: muchos pacientes pueden presentar alteraciones de la misma al ejercicio como resultado del deterioro autómico. (5,6,8-10)
3. Aparición de arritmias ventriculares complejas. (11-13)
4. Descartar cardiopatía isquémica concomitante. En especial en pacientes con múltiples factores de riesgo. Se debe ser cauteloso con la interpretación de las alteraciones del ST y onda T debido a anomalías crónicas en la enfermedad chagásica.

5. Valorar la necesidad de trasplante en pacientes con miocardiopatía chagásica avanzada, en especial acompañada de medición de consumo de oxígeno, siendo indicada cuando la misma es $\leq 10 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. (17)

Se ha demostrado que los resultados de las pruebas de esfuerzo cardíaco predicen el riesgo de deterioro cardiovascular continuo, (14) en particular en las etapas iniciales de la enfermedad. (15, 16)

Se debe considerar la realización de pruebas de esfuerzo cardíaco para guiar las restricciones de actividad en pacientes con enfermedad de Chagas, especialmente como herramienta para evaluar la seguridad laboral en la participación en trabajos manuales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mandsager K, Harb S, Cremer P, Phelan D, Nissen SE, Jaber W. Association of Cardiorespiratory Fitness With Long-term Mortality Among Adults Undergoing Exercise Treadmill Testing. *JAMA Netw Open* 2018;1(6):e183605. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018.3605>
2. Kyu HH, Bachman VF, Alexander LT, Mumford JE, Afshin A, Estep K, et al. Physical activity and risk of breast cancer, colon cancer, diabetes, ischemic heart disease, and ischemic stroke events: systematic review and dose-response meta-analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *BMJ*. 2016;354:i3857. <https://doi.org/10.1136/bmj.i3857>
3. Harmon KG, Asif IM, Maleszewski JJ, Owens DS, Prutkin JM, Salerno JC, et al. Incidence, cause, and comparative frequency of sudden cardiac death in national collegiate athletic association athletes: a decade in review. *Circulation* 2015;132(1):10-9. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.115.015431>
4. Corrado D, Basso C, Rizzoli G, Schiavon M, Thiene G. Does sports activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults? *J Am Coll Cardiol* 2003;42(11):1959-63. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2003.03.002>
5. Zicker F, Zicker EM, Oliveira JJ, Siqueira-Batista R, Oliveira RM, Marques S, et al. Exercise electrocardiogram tests in manual workers with and without antibodies to *Trypanosoma cruzi*: a population-based study. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1990;84(6):787-91. [https://doi.org/10.1016/0035-9203\(90\)90081-O](https://doi.org/10.1016/0035-9203(90)90081-O)
6. Gallo L Jr, Marin-Neto JA, Manço JC, Rassi A, Amorim DS. Abnormal heart rate responses during exercise in patients with Chagas' disease. *Cardiology* 1975;60(3):147-62. <https://doi.org/10.1159/000169713>
7. Mady C, Salemi VM, Ianni BM, Arteaga E, Fernandes F, Ramires FJ. Maximal functional capacity, ejection fraction, and functional class in Chagas cardiomyopathy: are these indices related? *Arq Bras Cardiol* 2005;84(2):152-5. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2005000300009>
8. Amorim DS, Manco JC, Gallo L Jr, Marin-Neto JA. Chagas' heart disease as an experimental model for studies of cardiac autonomic function in man. *Mayo Clin Proc*. 1982;57 Suppl:48-60.
9. Pereira MH, Brito FS, Ambrose JA, Ferreira de Lima SV, Sotério AR, Teixeira AF, et al. Exercise testing in the latent phase of Chagas' disease. *Clin Cardiol* 1984;7(5):261-5. <https://doi.org/10.1002/clc.4960070503>
10. Rocha AL, Rocha MO, Teixeira BO, Lombardi F. Chronotropic-metabolic index in Chagas' disease. *Rev Soc Bras Med Trop* 2005;38(5):373-6. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822005000500001>
11. Pedrosa RC, Campos MC. Exercise testing and 24 hours Holter monitoring in the detection of complex ventricular arrhythmias in different stages of chronic Chagas heart disease. *Rev Soc Bras Med Trop* 2004;37(5):376-83. [https://doi.org/10.1016/S0195-668X\(03\)93784-5](https://doi.org/10.1016/S0195-668X(03)93784-5)
12. De Paola AA, Gomes JA, Terzian AB, Miyamoto MH, Martinez EE. Ventricular tachycardia during exercise testing as a predictor of sudden death in patients with chronic chagasic cardiomyopathy and ventricular arrhythmias. *Br Heart J* 1995;74(3):293-5. <https://doi.org/10.1136/hrt.74.3.293>

5.9 Ergometría en hipertensión arterial

COORDINACIÓN: BELÉN TINARI

AUTORES: FERNANDA SCHNEIDER, BELÉN SOTELO, GISELA SCHNITZER

Se estima que en la actualidad la hipertensión arterial (HTA) afecta entre el 30-45% de la población mundial. (1, 2) El 95% de ellos entran dentro de la categoría de hipertensión esencial. Ésta es el resultado de una compleja interacción entre predisposición genética y factores ambientales. (3)

La hipertensión es un factor de riesgo independiente para mortalidad cardiovascular, y es considerado el factor de riesgo modificable más importante de morbilidad y mortalidad cardiovascular. La prevalencia de esta enfermedad aumenta con la edad, alcanzando a más del 60% de las personas mayores de 60 años. A medida que las poblaciones envejecen, adopten un estilo de vida más sedentario y aumenten el peso corporal, la prevalencia de la HTA seguirá aumentando en todo el mundo y se estima que la prevalencia global en 2030 alcanzará al 44% de la población adulta de todo el mundo (un incremento del 17% respecto de las cifras del 2010). (1, 2)

En relación con la medicina del deporte, la hipertensión está presente en gran porcentaje de los atletas de todos los niveles. La hipertensión en el atleta debe ser evaluada en forma específica, siendo que esta podría comprometer la participación deportiva en ciertas situaciones. (4)

Diagnóstico

Habitualmente la presión arterial (PA) se mide en reposo, y la gran mayoría de los estudios clínicos y epidemiológicos en los que basamos el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de la HTA se realizan en mediciones en condiciones basales. (2)

Sin embargo, gran parte del tiempo lo utilizamos realizando tareas que demandan más o menos esfuerzo físico (caminar, subir escaleras, desplazar objetos) por lo cual es de gran interés saber el comportamiento de la PA en el esfuerzo y sus implicancias pronósticas y terapéuticas.

La ergometría es un método estandarizado que permite, entre otras cosas, estudiar el comportamiento de la PA frente a un esfuerzo progresivo. (1)

Comportamiento Normal de la PA en el esfuerzo

Durante el esfuerzo físico hay un aumento del consumo de oxígeno, principalmente a expensas de los músculos implicados. Para alcanzar estos requerimientos, el gasto cardíaco (GC) aumenta mediante un aumento del volumen sistólico y de la frecuencia cardíaca aumentando la extracción tisular de oxígeno a nivel periférico. Sin embargo, en un esfuerzo físico de moderada a alta intensidad, el consumo de oxígeno (VO_2) aumenta principalmente por el aumento de la frecuencia cardíaca, dado que el volumen sistólico alcanza una meseta al 50-60% del VO_2 máximo (excepto en atletas de élite). La presión arterial depende del GC y las resistencias vasculares periféricas (RVP).

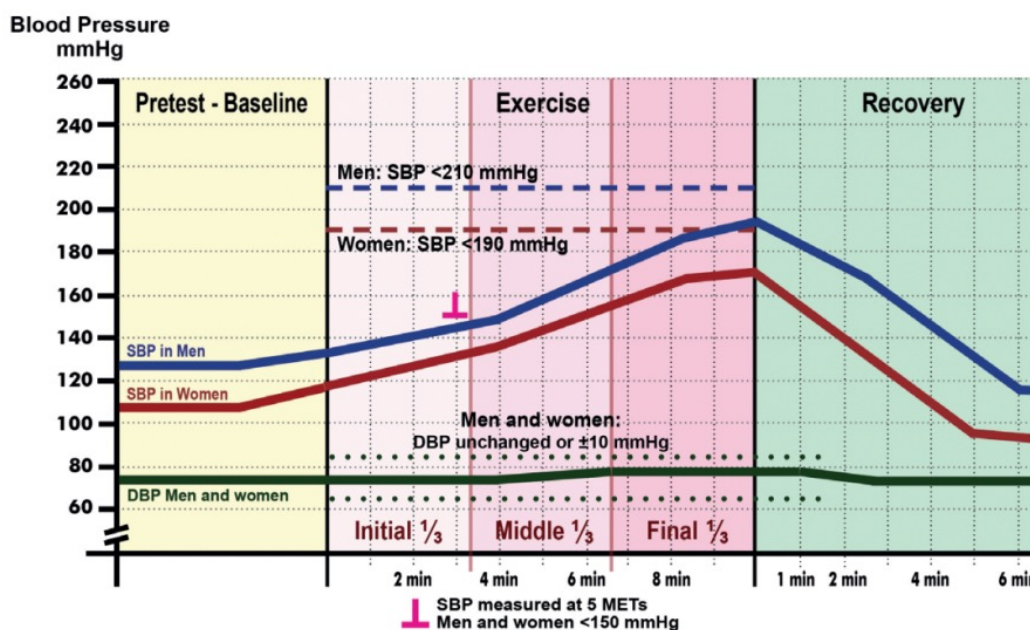
La PAS aumenta con el ejercicio dinámico, como resultado del aumento del GC, mientras que la PAD se mantiene constante o levemente disminuida por la vasodilatación periférica. El aumento progresivo de la PAS depende del sexo y la edad, es mayor en hombres y es proporcional a la edad.

Después del esfuerzo máximo, la PAS desciende, por rápida disminución del GC, alcanzando valores normales usualmente dentro de los primeros 6 minutos. (5)

En una respuesta normal (1, 2, 5, 6):

- **Reposo:** La PAS suele estar alrededor de 110–130 mmHg y la PAD de 70–85 mmHg.
- **Inicio del ejercicio y su incremento progresivo:** La PAS aumenta de forma gradual hasta 15 mmHg por cada MET de trabajo, mientras que la PAD se mantiene estable o se modifica levemente (± 10 mmHg).
- **En el pico de ejercicio:** Valores de PAS en torno a 160–190 mmHg en adultos sanos se consideran habituales.
- **Fase de recuperación:** La PAS y PAD deben descender en los primeros 6 minutos hacia valores cercanos al basal o ligeramente por debajo del basal. Relación PAS 3^{er} minuto / PAS 1^{er} minuto mayor a 0,9. Al 5^{to} minuto de recuperación PAS mayor a 160 y PAD mayor a 90 mmHg.

Fig. 1. Systolic and diastolic blood pressure response to ET in adult men and women



Respuesta Anormal de la PA en el esfuerzo (1):

- **Hipertensión basal con normotensión en el esfuerzo:** En reposo mayor a 140/90 mmHg, con normalización de los valores durante el esfuerzo y recuperación. Esta presentación suele ser habitual de encontrar en pacientes ansiosos y no está asociado al desarrollo futuro de hipertensión.
- **Respuesta hipertensiva al ejercicio:** En reposo puede estar normal o elevada. Durante el esfuerzo, la PAS asciende a valores mayores a 210 mmHg. La PAD asciende por encima de 90 mmHg o delta mayor a 15 mmHg. Deben describirse por separado la PAS o PAD. Esta respuesta demuestra la perpetuación o empeoramiento del control de la hipertensión en esfuerzo. Está relacionado con riesgo aumentado de hipertrofia ventricular izquierda, infarto de miocardio, fibrilación auricular, ACV y muerte cardiovascular. La hipertensión arterial diastólica se relaciona con enfermedad coronaria e hipertensión.
- **Hipotensión o caída de la PA en el ejercicio:** Caída de la PAS por debajo del valor inicial, sin descenso concomitante de la PAD. Usualmente relacionado con isquemia miocárdica. Caída de la PAS y de la PAD se asocia a disfunción ventricular inotrópica, por ejemplo: enfermedades valvulares. Aumento inicial de la PAS con siguiente caída de más de 20 mmHg, fenómeno asociado a un tercio de los pacientes con Miocardiopatía Hipertrofica Obstructiva (en este tipo de pacientes por obstrucción del tracto de salida e incremento del gradiente dinámico), debido a disfunción de las resistencias vasculares periféricas y poca reserva cardíaca.
- **Pobre respuesta de la PA:** Presión sistólica de reserva (PAS máxima – PA reposo) menor a 35 mmHg, en ausencia de caída de la PAD o aumento máximo de la PAS menor a 140 mmHg o respuesta de la PA tipo meseta: sin aumento de dos o más etapas consecutivas en protocolo escalonado o 3 minutos en protocolo de rampa, con PAS de reserva menor a 35 mmHg. Estos hallazgos se relacionan con enfermedad coronaria y mal pronóstico, aumento del riesgo de eventos cardiovasculares y muerte de cualquier causa.
- **Aumento paradójico de la PA en recuperación:** La PAS en el 3er minuto de la recuperación permanece igual (o mayor) que la PAS al 1er minuto de recuperación. Este parámetro mostró ser predictor independiente de enfermedad coronaria, infarto de miocardio, ACV, muerte CV.
- Descenso lento de la PA en recuperación: PAS 3er min / PAS 1er min mayor a 0,9. PA al 5to minuto mayor a 160/90 mmHg. Correlaciona con HTA a futuro y enfermedad coronaria.
- **Hipotensión en recuperación:** Mareo, síncope o presíncope, náuseas en etapa de recuperación asociado a: Caída de la PAS más del 50% de la PAS en máximo esfuerzo o PAS mayor a 90 mmHg. Esta situación es habitual en sujetos sanos, aunque se lo ha asociado al aumento de arritmias, no está relacionado con aumento en la morbi-mortalidad cardiovascular y es común de encontrar en deportistas con esfuerzos extenuantes.

Definición de Respuesta Hipertensiva al ejercicio (HRE)

Como fue redactado anteriormente, la respuesta hipertensiva al ejercicio se define como un aumento exagerado de la presión arterial (PA) durante la prueba de esfuerzo, mayor de lo esperable para la carga alcanzada. (1)

No existe un único punto de corte universal, pero la mayoría de los trabajos considera anormal una PAS máxima alcanzada mayor a 210 mmHg en varones y 190–200 mmHg en mujeres, una PAD mayor a 100–110 mmHg, o un aumento de PAS desde reposo de 70–80 mmHg según sexo y edad. (1, 7)

Más allá del número absoluto, hoy se le da mucha importancia al patrón de ascenso de la PA a lo largo de los distintos estadios (las “trayectorias” de la PAS), porque se ha visto que un ascenso muy rápido o sostenido puede tener significado pronóstico desfavorable aun sin llegar a los umbrales clásicos de HRE.

Implicancias pronósticas de la respuesta de la PA durante la ergometría

La respuesta de la PA durante la ergometría tiene valor pronóstico independientemente de la PA de reposo. Varios estudios demostraron que una HRE se asocia con mayor riesgo de desarrollar hipertensión sostenida, daño de órgano blanco (hipertrofia ventricular izquierda, rigidez arterial) y eventos cardiovasculares mayores, incluyendo infarto, ACV y muerte cardiovascular. (1, 7)

También se ha visto que la HRE se relaciona con hipertensión enmascarada, de modo que la PA de ejercicio puede desenmascarar pacientes aparentemente normotensos en consultorio. (8)

Manejo terapéutico de la TA luego de la ergometría

Cuando la ergometría muestra una respuesta tensional anormal (por ejemplo, HRE, caída de PAS o recuperación lenta), la recomendación es no tratar la cifra aislada de la ergometría, sino integrar ese dato al perfil global de riesgo y usarlo como oportunidad para:

- **Confirmar y caracterizar la hipertensión:** Muchas guías y revisiones proponen que, ante una HRE, se realice MAPA o monitoreo domiciliario para detectar hipertensión enmascarada o falta de control en pacientes ya diagnosticados. (9)
- **Intensificar medidas no farmacológicas:** Dieta tipo DASH, reducción de sodio, pérdida de peso, cese tabáquico y aumento de actividad física, ya que la HRE indica vulnerabilidad vascular, aunque la PA de reposo esté en rango. (10)

- **Replantear o iniciar tratamiento farmacológico:** En pacientes con otros factores de riesgo o evidencia de daño de órgano blanco, la presencia de HRE puede inclinar la balanza a favor de iniciar o intensificar fármacos antihipertensivos, especialmente si la PA ambulatoria está en el límite alto o ya en rango hipertenso. (7)

En síntesis, la ergometría no reemplaza las mediciones de reposo, pero ayuda a identificar personas que requieren un seguimiento más estrecho y una estrategia terapéutica más agresiva.

Efecto del tratamiento farmacológico sobre la respuesta de TA al ejercicio

Los fármacos antihipertensivos modifican la PA y la frecuencia cardíaca durante el ejercicio, y eso influye en cómo interpretamos la ergometría:

- **Los betabloqueantes** reducen la FC y el gasto cardíaco en reposo y durante el esfuerzo, produciendo menores cifras de PA y menor doble producto (PA x FC) para una misma carga. Presentando una PAS de ejercicio significativamente más baja y una probabilidad mucho menor de alcanzar PAS de 210 mmHg respecto a otras terapias. (11)
- **Los calcioantagonistas (dihidropiridínicos)** producen vasodilatación y pueden generar respuestas hemodinámicas más variables, con mayor aumento del gasto cardíaco y, en algunos casos, de la PAS de esfuerzo, especialmente si se asocia a taquicardia refleja. (11)
- **Los IECA/ARA-II** tienden a tener un efecto más neutro sobre la PA de esfuerzo: reducen la PA de reposo y mejoran la distensibilidad arterial, pero su impacto sobre la PAS máxima suele ser menos marcado que el de los betabloqueantes. (11)

Por lo tanto, al interpretar la respuesta tensional en la ergometría, es fundamental conocer el tratamiento, ya que un mismo patrón numérico puede tener distintos significados pronósticos, según la medicación de base del paciente.

Contraindicaciones de la ergometría en HTA

Algunos escenarios contraindican el inicio de la prueba de esfuerzo, la presión arterial no controlada con cifras de PA 180/100 mmHg, así como insuficiencia cardíaca inestable, estenosis aórtica sintomática, cuadros coronarios inestables o arritmias no controladas. (1)

Un aumento de PAS ≥ 250 mmHg o PAD ≥ 120 mmHg en pacientes normotensos o PAD ≥ 140 mmHg en paciente hipertenso, es criterio suficiente para la detención de la prueba. La hipotensión o caída de la presión durante el esfuerzo es un evento raro entre 2 y 6% de incidencia, pero requiere intervención inmediata, dada su asociación con MACE. (1)

Limitaciones de la ergometría en el manejo de la HTA

La ergometría tiene limitaciones importantes para el manejo de la HTA:

- **Falta de consenso en la definición de HRE:** Los estudios usan diferentes puntos de corte de PAS y PAD, o distintas cargas (p.ej. PAS en 5 METs vs PAS pico), lo que dificulta traducir los resultados a recomendaciones uniformes de práctica clínica. (7)
- **Influencia del tratamiento farmacológico y del estado de entrenamiento:** Los fármacos (betabloqueantes, calcioantagonistas, etc.) y el nivel de aptitud física alteran la respuesta de PA, y no siempre es fácil separar cuánto corresponde a patología y cuánto a tratamiento o condición física. (12)
- **No es una herramienta de screening poblacional:** La ergometría está indicada en contextos específicos (evaluar isquemia, capacidad funcional, estratificar riesgo), no como prueba masiva para diagnosticar HTA. (13)
- **No mide presión central ni carga tensional prolongada:** La ergometría refleja una “fotografía” de la PA ante un estrés agudo; no sustituye a la MAPA de 24 h ni a la PA domiciliaria, que siguen siendo las herramientas clave para valorar la carga tensional crónica. (9)

Por todo esto, hoy la ergometría se considera una herramienta complementaria: muy útil para detectar respuestas anormales, identificar pacientes de mayor riesgo y guiar el seguimiento, pero no suficiente por sí sola para establecer el diagnóstico y el manejo completo de la hipertensión.

Conclusiones

La ergometría es una herramienta clínica de alto valor en el manejo del paciente hipertenso: no solo aporta información sobre la conducta tensional frente al esfuerzo, además ofrece un valor pronóstico: una respuesta hipertensiva exagerada al ejercicio (HRE) se asocia con mayor probabilidad de desarrollar hipertensión sostenida y con mayor riesgo cardiovascular a mediano-largo plazo; por lo tanto, su identificación modifica el enfoque del paciente.

El valor diagnóstico en hipertensión arterial radica en las siguientes situaciones: La ergometría detecta patrones relevantes, hipertensión de esfuerzo (que sugiere riesgo futuro o HTA enmascarada), hipotensión con el

ejercicio (marcador de disfunción cardíaca o isquemia significativa) y cambios isquémicos en ECG, que orientan a la necesidad de estudios complementarios (MAPA, ecocardiograma, pruebas de imagen).

La presencia de HRE en un paciente sin diagnóstico de HTA obliga a la búsqueda de la misma mediante estudios complementarios (MAPA/MDPA). En un paciente hipertenso, la presencia de HRE debe llevar a reforzar control de factores de riesgo, indicar MAPA o MDPA para verificar control y valorar eventualmente adecuar terapia antihipertensiva.

BIBLIOGRAFÍA

1. Carvalho T, Freitas OGA, Chalela WA, Hossri CAC, Milani M, Buglia S, et al. Brazilian Guideline for Exercise Test in the Adult Population – 2024. *Arq Bras Cardiol* 2024;121(3):e20240110. <https://doi.org/10.36660/abc.20240525>
2. Consenso Argentino de Pruebas Ergométricas. Sociedad Argentina de Cardiología. *Rev Argent Cardiol* 2010;78:74-89. www.scielo.org.ar/pdf/rac/v78n1/v78n1a17.pdf
3. Börjesson M, Onerup A, Lundqvist S, Dahlöf B. Physical activity and exercise lower blood pressure in individuals with hypertension: narrative review of 27 RCTs. *Br J Sports Med* 2016;50:356-61. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095786>
4. Fagard RH, Bjornstad HH, Borjesson M, et al. ESC Study Group of Sports Cardiology recommendations for participation in leisure-time physical activities and competitive sports for patients with hypertension. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2005;12:326-31. <https://doi.org/10.1097/01.hjr.0000174827.79645.f5>
5. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2013;128(8):873-934. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31829b5b44>
6. Kharabsheh SM, Al-Sugair A, Al-Buraiki J, Al-Farhan J. Overview of exercise stress testing. *Ann Saudi Med* 2006;26(1):1-6. <https://doi.org/10.5144/0256-4947.2006.1>
7. Cuspidi C, Faggiano A, Gherbesi E, Sala C, Grassi G, Tadic M. Clinical and Prognostic Value of Exaggerated Blood Pressure Response to Exercise. *Rev Cardiovasc Med* 2023;24(3):64. <https://doi.org/10.31083/j.rcm2403064>
8. Cuspidi C, Gherbesi E, Faggiano A, Sala C, Carugo S, Grassi G, et al. Masked Hypertension and Exaggerated Blood Pressure Response to Exercise: A Review and Meta-Analysis. *Diagnostics* 2023;13(6):1005.
9. Schultz MG, Currie KD, Hedman K, Climie RE, Maiorana A, Coombes JS, et al. The Identification and Management of High Blood Pressure Using Exercise Blood Pressure: Current Evidence and Practical Guidance. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19(5):2819. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052819>
10. Mancia G, Kreutz R, Brunström M, Burnier M, Grassi G, Januszewicz A, et al. 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA). *J Hypertens* 2023;41(12):1874-2071. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000003480>
11. Suzuki Y, Kuwajima I, Aono T, Toyoshima T, Ozawa T. (The effect of ACE inhibitors, beta blockers and calcium antagonists on the responses to pressor stress tests in the elderly hypertensive patients). *Nihon Ronen Igakkai Zasshi* 1996;33(1):27-32. <https://doi.org/10.3143/geriatrics.33.27>
12. Caselli S, Serdoz A, Lemme E, Vaquer Seguí A, Pelliccia A, D'Ascenzi F, et al. Blood pressure response during exercise testing in individuals with and without hypertension: The value of the recovery phase. *Eur J Clin Invest* 2024;54(11):e14285.
13. Brunel P, Baschiera F, Cifkova R. Exercise testing in hypertensive patients for assessing the cardiovascular protective potential of antihypertensive drugs. *Ther Adv Cardiovasc Dis* 2013;7(2):99-108. <https://doi.org/10.1177/1753944713476363>

5.10 Ergometría en arritmias

COORDINACIÓN: DOMINGO USIN

AUTORES: DOMINGO USIN, GERARDO SAYAVEDRA, JUAN PABLO GUZMÁN^{MTSAC}

Introducción

Destacamos la importancia de la Prueba Ergométrica Graduada (PEG) en detectar arritmias supraventriculares, ventriculares, canalopatías y trastornos de la conducción durante el esfuerzo físico para estratificar riesgo de eventos fatales durante la actividad física; así también como para decidir su tratamiento. (1)

Si bien la PEG es una herramienta clásica para la detección de isquemia, su rol en la cardiología moderna se ha expandido significativamente. El estrés adrenérgico inducido por el ejercicio es un modulador clave del comportamiento eléctrico del corazón, convirtiendo a la PEG en una prueba de provocación fundamental para el diagnóstico y la estratificación de riesgo de las canalopatías, también para desenmascarar patología subyacente del sistema de conducción no evidente en reposo. (1, 2)

La PEG es útil como estudio de segunda línea cuando en el electrocardiograma encontramos extrasístoles supraventriculares y ventriculares para evaluar si aumentan al esfuerzo y su comportamiento en la recuperación. (1)

Arritmias Supraventriculares

Las Arritmias Supraventriculares (ASV) son una clase de ritmos cardíacos anormales que se originan en las cavidades superiores del corazón (auricular o nodo auriculoventricular), por encima del haz de His. Suelen ser

demasiado rápidos (taquiarritmia), aunque a veces pueden ser lentos (bradiarritmia). Estos últimos están más relacionados con las adaptaciones fisiológicas al ejercicio, llegando incluso a considerarse esperable hasta el BAV de 2º grado tipo Mobitz 1, debido al incremento del tono vagal, remodelado eléctrico, dilatación auricular, inflamación y/o fibrosis. (3)

Estos ritmos pueden ser asintomáticos, o causar síntomas que van desde palpitaciones, mareos, síncope o deterioro de la condición física hasta emergencias que ponen en riesgo la vida. El término TSV indica mayoritariamente taquicardia con frecuencias auriculares >100 latidos por minuto (lpm). Dentro de este espectro, la "taquicardia de QRS estrecho" indica aquellas con una duración de QRS ≤ 120 ms. Una taquicardia de QRS ancho se refiere a una con duración de QRS >120 ms. En la práctica clínica, ambas también pueden manifestarse con ritmos regulares. (4)

Clasificación y mecanismos de las ASV

- **Tipos más comunes:**
 - o Extrasístoles auriculares
 - o Taquicardia auricular
 - o Flutter auricular
 - o Fibrilación auricular
 - o Taquicardia por reentrada nodal (AVNRT)
 - o Taquicardia por vía accesorio (AVRT / WPW)
- **Mecanismos fisiopatológicos en el contexto del ejercicio:**
 - o Aumento del tono simpático
 - o Disminución del tono vagal
 - o Remodelado auricular (atletas, ancianos) (3)
 - o Isquemia en aurícula o nodo AV

Se entiende que hay modificaciones hormonales durante el ejercicio; de todas ellas, las catecolaminas juegan un papel determinante en el origen y mantenimiento de las arritmias cardíacas, tanto en personas sanas como en individuos con factores predisponentes a gatillarlas por enfermedad de base, tanto heredada como adquirida (3). Esto genera en nuestra práctica médica diaria un desafío para lograr el equilibrio entre los beneficios conocidos de la actividad física y el "daño" provocado por la aparición de algún evento potencialmente mortal. Tener en cuenta que en los atletas con arritmias supraventriculares debe descartarse la existencia de una enfermedad cardíaca de base, desbalance electrolítico, disfunción tiroidea y/o el uso/abuso de estimulantes o drogas para mejorar la performance deportiva. (5)

La ergometría es una herramienta diagnóstica fundamental para evaluar la respuesta cardiovascular al ejercicio. Durante su realización pueden aparecer alteraciones del ritmo cardíaco, siendo las arritmias supraventriculares uno de los hallazgos más comunes, con relevancia tanto clínica como pronóstica. (1, 2)

Durante la ergometría, las arritmias supraventriculares (ASV) pueden manifestarse como hallazgos aislados o repetitivos, con o sin correlación clínica. Las más frecuentes son las extrasístoles supraventriculares (ESV), observadas en aproximadamente 10–20% de las pruebas de esfuerzo en adultos, y con mayor prevalencia en personas mayores o con antecedentes cardiovasculares. (1) Estudios en población general han mostrado que:

- Las ESV aisladas o esporádicas durante la prueba no suelen tener significancia clínica en pacientes sin cardiopatía estructural. (2)
- La presencia de taquicardias supraventriculares (TSV) sostenidas o repetitivas, en cambio, es menos común y suele correlacionarse con una mayor probabilidad de cardiopatía subyacente, disfunción autonómica o alteraciones del sistema de conducción. (1, 4)

Factores que aumentan la incidencia de ASV en ergometría:

- Edad avanzada.
- Hipertrofia auricular (secundaria a hipertensión, valvulopatías).
- Enfermedad pulmonar crónica.
- Hipertiroidismo o desequilibrio electrolítico.
- Ingesta reciente de estimulantes (cafeína, nicotina, etc.).

Durante el esfuerzo físico, el aumento del tono simpático, la descarga de catecolaminas y la aceleración del automatismo auricular pueden facilitar la aparición de focos ectópicos supraventriculares. (3) En muchos casos, la aparición de ESV o breves ráfagas de TSV no requiere intervención, pero debe evaluarse en contexto. (4)

El significado clínico de las ASV detectadas en ergometría depende de múltiples factores:

Contexto clínico del paciente

En pacientes asintomáticos y sin evidencia de cardiopatía estructural, las ESV o TSV no sostenidas suelen considerarse benignas. En contraste, en pacientes con:

- Historia de palpitaciones, presíncope o síncope,
- Sospecha de cardiopatía isquémica,
- Enfermedades valvulares o disfunción ventricular conocida,

La aparición de ASV puede indicar un sustrato arritmico más complejo y justificar estudios complementarios. (4)

Frecuencia y duración

- ESV aisladas o poco frecuentes (menor a 8 por minuto): generalmente sin relevancia clínica.
- ESV frecuentes o en ráfagas: podrían indicar mayor irritabilidad auricular o predisposición a TSV. (1)
- TSV sostenida (>30 seg): especialmente si es sintomática, debe estudiarse más a fondo. (4)

Relación con el esfuerzo

- ASV que aparecen al inicio del esfuerzo: podrían reflejar tono vagal residual o automatismo aumentado.
- ASV durante el pico del esfuerzo: se asocian más a respuesta adrenérgica. (3)
- ASV en la recuperación: se han vinculado con disautonomía o mayor riesgo de fibrilación auricular futura. (2, 6)

Importante: La presencia de ASV durante la recuperación tiene mayor valor predictivo de eventos arritmicos futuros que durante el esfuerzo mismo. (2, 6)

Síntomas asociados

La aparición de ASV con síntomas como palpitaciones, disnea, dolor torácico o presíncope eleva el nivel de sospecha clínica y orienta a un manejo más activo, incluyendo eventualmente el uso de Holter, estudios de imagen o incluso evaluación electrofisiológica. (4)

Criterios de interrupción de la ergometría por arritmias supraventriculares

La mayoría de las ASV observadas durante la ergometría no constituyen un criterio absoluto de detención de la prueba, a menos que estén asociadas a síntomas significativos o inestabilidad hemodinámica. (1, 4)

Criterios clínicos para detener la ergometría por ASV:

- **Taquicardia supraventricular sostenida (>30 seg):** Particularmente si hay frecuencia cardíaca elevada persistente (>180 lpm) sin recuperación, o mayor riesgo si coexiste con hipotensión o signos de hipoperfusión. (4)
- **ASV sintomáticas con signos de mala perfusión:** Presíncope, síncope, angina, disnea intensa o caída de la presión arterial. (1)
- **ASV que inducen respuesta ventricular rápida (>200 lpm):** Riesgo de deterioro hemodinámico o desencadenamiento de otras arritmias.
- **Duda diagnóstica con necesidad de evaluación adicional inmediata:** Ej. TSV con morfología atípica o sugestiva de preexcitación (síndrome de Wolff-Parkinson-White). (4)

Se recomienda una ergometría para excluir la preexcitación en el pico de ejercicio antes de autorizar la actividad física, ya que, a pesar de que el Síndrome WPW es una causa rara de muerte súbita en atletas jóvenes, su existencia puede predisponer a Fibrilación Auricular, la cual, con una muy alta respuesta ventricular debido a la vía accesoria, sí puede desencadenar una fibrilación ventricular. (5) Por esto último, se debe valorar durante el estudio ergométrico la desaparición brusca de la onda delta al incrementar la FC, lo cual es indicativo de un período refractario anterógrado de la vía mayor a 250 mseg, sugiriendo que el riesgo del paciente es menor. (5)

No se recomienda interrumpir la prueba por:

- ESV aisladas, incluso frecuentes, si son asintomáticas.
- Ráfagas breves de TSV (<30 seg) sin síntomas ni compromiso hemodinámico.
- ASV en recuperación, si el paciente se mantiene estable.

La decisión final debe considerar el perfil del paciente, la estabilidad clínica y los objetivos diagnósticos del estudio.

ARRITMIAS VENTRICULARES

La presencia de extrasístoles ventriculares (EV), en sus distintas presentaciones (bigeminia, trigeminia, duplas) en la ergometría advierte que puedan ser secundarias a un sustrato patológico, una canalopatía o la previa de una taquicardia ventricular (TV) en corazón sano. (7) Por esto debemos avanzar en estudios complementarios de imágenes y funcionales para descartar riesgo de eventos durante la actividad física. (5)

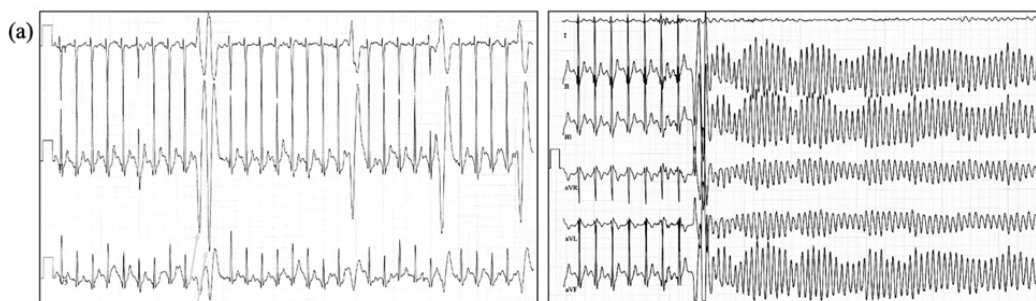
En la estratificación de riesgo contemplamos criterios de:

- **Benignidad:** EV en reposo y al comienzo del ejercicio que desaparecen a máximo esfuerzo, monomorfas, origen (fasciculares y tracto de salida).
 - **Malignidad:** EV a máxima carga, polimorfas, intervalo de acoplamiento corto, taquicardia ventricular. (7)
- Generalmente en los screening precompetitivos la ergometría no es estudio de primera línea en atletas jóvenes (menos de 35 años) debido a su baja sensibilidad, pero si en el electrocardiograma encontramos EV debemos solicitar una ergometría. (5)

Investigaciones recientes sugieren que los complejos ventriculares prematuros (CVP) durante una prueba de esfuerzo se asocian con un mayor riesgo de mortalidad en personas asintomáticas. (6) Además, la especificidad de las EV obtenidas durante la fase de recuperación para predecir los resultados de interés es superior a la de las EV en la fase de ejercicio. (2, 6)

Asimismo, se ha documentado la aparición de TV polimórfica idiopática de acoplamiento corto, complejos ventriculares prematuros acoplados intermedios y taquicardia ventricular durante la recuperación del ejercicio, lo que refuerza la necesidad de una monitorización estrecha en esta fase. (2, 7)

Fig. 2.



TV polimórfica idiopática de acoplamiento corto. Complejos ventriculares prematuros acoplados intermedios y taquicardia ventricular durante la recuperación del ejercicio. Christopher OY Li, Sonia Franciosi, Marc W Deyell, Shubhayan Sanatani 10 de noviembre de 2020

Zorzi, et al. descubrieron que los atletas que presentaban arritmia ventricular y posteriormente presentaban fibrosis no isquémica de la pared lateral del VI en la RMC eran más propensos a experimentar eventos arritmicos malignos que aquellos sin fibrosis. El mismo grupo investigó a atletas que presentaban arritmia ventricular inducida por el ejercicio y demostró que este patrón de fibrosis miocárdica se asociaba con un riesgo siete veces mayor de arritmia ventricular recurrente durante la prueba de esfuerzo. El estudio "*Ventricular arrhythmia and cardiac fibrosis in endurance experienced athletes*" (Estudio VENTOUX) complementa esta literatura al demostrar prospectivamente que la fibrosis miocárdica en la RMC, la dilatación del VI y las contracciones ventriculares prematuras (CVP) durante el ejercicio son predictores independientes de arritmia ventricular futura. (8)

EVALUACIÓN DE CANALOPATÍAS Y TRASTORNOS DE LA CONDUCCIÓN

Si bien la Prueba Ergométrica Graduada (PEG) es una herramienta clásica para la detección de isquemia, su rol en la cardiología moderna se ha expandido significativamente. El estrés adrenérgico inducido por el ejercicio es un modulador clave del comportamiento eléctrico del corazón, convirtiendo a la PEG en una prueba de provocación fundamental para el diagnóstico y la estratificación de riesgo de las canalopatías y para desenmascarar patología del sistema de conducción no evidente en reposo. Este capítulo se centrará en las indicaciones, hallazgos e implicancias clínicas de la PEG en estos dos escenarios específicos.

Canalopatías y prueba ergométrica

La PEG es una piedra angular en el diagnóstico de ciertas canalopatías, donde un electrocardiograma (ECG) basal puede ser normal o no concluyente.

Taquicardia ventricular polimórfica catecolaminérgica (TVPC)

La TVPC es la canalopatía con mayor rendimiento diagnóstico en la PEG. Se caracteriza por arritmias ventriculares inducidas por el estímulo adrenérgico en corazones estructuralmente sanos. (9) Los hallazgos característicos incluyen la aparición de extrasistolia ventricular que progresa rápidamente a formas complejas, incluyendo la distintiva taquicardia ventricular bidireccional, al alcanzar un umbral de frecuencia cardíaca reproducible.

La inducción de estas arritmias en un paciente joven con síncope de esfuerzo es virtualmente diagnóstica. (10) La prueba es también esencial para evaluar la eficacia del tratamiento betabloqueante.

Recomendaciones:

- La PEG está indicada como prueba de primera línea en pacientes con sospecha de TVPC (síncope o muerte súbita recuperada durante el ejercicio o estrés emocional agudo). (*Clase de Recomendación I, Nivel de Evidencia B*).
- Se recomienda la realización de PEG seriada para titular y evaluar la eficacia de la terapia betabloqueante en pacientes con diagnóstico de TVPC. (*Clase de Recomendación I, Nivel de Evidencia C*).

Síndrome de QT Largo (SQTL)

La respuesta del intervalo QT al ejercicio es un diferenciador clave entre los genotipos de SQTL. En individuos normales, el intervalo QT se acorta fisiológicamente. Los pacientes con SQTL, en particular el genotipo 1 (LQT1), muestran una adaptación anómala, con una atenuación de este acortamiento o incluso una prolongación paradójica del QTc durante la fase de recuperación, lo cual constituye un hallazgo de alto riesgo (11, 12). Por tanto, la PEG ayuda a estratificar el riesgo en pacientes con diagnóstico conocido y puede ayudar a desenmascarar el fenotipo en portadores genéticos asintomáticos.

Recomendaciones:

- Se debe considerar la PEG para la estratificación de riesgo en pacientes con diagnóstico de SQTL, particularmente en LQT1. (*Clase de Recomendación IIa, Nivel de Evidencia B*).
- Puede considerarse la PEG como test diagnóstico en familiares de primer grado asintomáticos con genotipo positivo para SQTL y ECG basal no concluyente. (*Clase de Recomendación IIb, Nivel de Evidencia C*).

Síndrome de Brugada (SBr)

El rol de la PEG en el Síndrome de Brugada es limitado. El patrón electrocardiográfico tipo 1 puede atenuarse con el ejercicio. Sin embargo, la aparición o acentuación del patrón de Brugada, o la inducción de arritmia ventricular durante la fase de recuperación (coincidiendo con el rebote vagal), son hallazgos infrecuentes pero de potencial mal pronóstico. (13)

Recomendación:

- La PEG no está recomendada para el diagnóstico de rutina o la estratificación de riesgo en el Síndrome de Brugada. (*Clase de Recomendación III, Nivel de Evidencia C*).

Trastornos de la conducción y prueba ergométrica

La PEG permite evaluar la reserva funcional del sistema de conducción His-Purkinje. Es especialmente valiosa para valorar la significancia clínica de bloqueos basales y para desenmascarar patología no evidente en reposo.

Evaluación de bloqueos auriculoventriculares (BAV) preexistentes

En pacientes con BAV de primer grado, una prolongación paradójica del PR con el esfuerzo (en lugar de su acortamiento fisiológico) sugiere enfermedad infrahisiana. En el BAV de segundo grado Mobitz I de reposo, su desaparición con el ejercicio apoya un origen vagal y benigno, mientras que su persistencia es patológica. (14) La PEG también es crucial en el BAVC congénito para evaluar la competencia cronotrópica del ritmo de escape.

Trastornos de la conducción inducidos por el esfuerzo

La aparición de un trastorno de la conducción durante la PEG en un paciente con ECG basal normal es siempre un hallazgo significativo que debe ser reportado y analizado.

La manifestación *de novo* de un **Bloqueo AV Inducido por Ejercicio**, como un BAV de segundo grado Mobitz II o un BAV completo, es siempre patológica, indica enfermedad severa del sistema de conducción infrahisiano y se asocia a un alto riesgo de progresión a BAV completo permanente. (15, 16)

Asimismo, el **Bloqueo de Rama Dependiente de Frecuencia**, que es la aparición de un bloqueo de rama a una frecuencia cardíaca crítica, es un marcador de enfermedad incipiente del sistema de conducción cuya significancia pronóstica debe ser individualizada. (17)

Finalmente, la aparición transitoria de un **Bloqueo de Rama Izquierda con Angina** es un equivalente de isquemia miocárdica severa y confiere a la prueba un criterio de alto riesgo. (18)

Recomendaciones:

- La aparición de un BAV de segundo grado Mobitz II o de un BAV completo a nivel infrahisiano durante la

PEG es una indicación de implante de marcapasos, incluso en pacientes asintomáticos. (*Clase de Recomendación I, Nivel de Evidencia C*).

- Se debe considerar la PEG para evaluar la reserva del sistema de conducción en pacientes con síntomas inespecíficos (presíncope, mareos) y ECG basal normal o con trastornos menores de la conducción. (*Clase de Recomendación IIa, Nivel de Evidencia B*).

BIBLIOGRAFÍA

1. Podrid PJ, Venditti FJ, Levine PA, Klein MD. The Role of Exercise Testing in Evaluation of Arrhythmias. *AJCardiology* 1988;61:112-7.
2. Lee PY, Bello J, Patel S, Toro-Manotas R, Biviano A, Wan E, Garan H, Dizon J, Yuyun M, Yarmohammadi H. Prognostic implications of stress test- induced arrhythmias: a systematic review and meta-analysis. *Openheart* 2025;12(1):e002610.
3. D'Souza A, Trussell T, Morris GM, Dobrzynski H, and Boyett MR. Supraventricular Arrhythmias in Athletes: Basic Mechanisms and New Directions. *Physiology* 2019;34:316-26.
4. Brugada J, Katritsis DG, Elena Arbelo E, et al. ESC Scientific Document Group. 2019 ESC Guidelines for the management of patients with supraventricular tachycardia. *Eur Heart J* 2020;41:655–720.
5. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, et al. ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur Heart J* 2021;42:127-96. (Versión oficial traducida: Guía ESC 2020 sobre cardiología del deporte).
6. Iqbal M, Iwan Cahyo Santosa Putra IC, Kamarullah W, et al. Revisiting exercise-induced premature ventricular complexes as a prognostic factor for mortality in asymptomatic patients: A systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med* 2022;9:949694.
7. Zeppenfeld K, Tfelt-Hansen J, De Riva M, et al. ESC Scientific Document Group. 2022 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death. *Eur Heart J* 2022;43:3997-4126.
8. Javed W, Botis I, Goh ZM, Shabi B, Brown B, Tomoia R, et al. Ventricular Arrhythmia and Cardiac Fibrosis in Endurance Experienced Athletes (VENTOUX). *Circ Cardiovasc Imaging* 2025;18:e018470. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.125.018470>.
9. Priori SG, Wilde AA, Horie M, Cho Y, Behr ER, Berul C, et al. HRS/EHRA/APHRS expert consensus statement on the diagnosis and management of patients with inherited primary arrhythmia syndromes: document endorsed by HRS, EHRA, and APHRS in May 2013 and by ACCF, AHA, PACES, and AEPC in June 2013. *Heart Rhythm* 2013;10:1932-63. doi: 10.1016/j.hrthm.2013.05.014.
10. Sy RW, Chattha IS, Klein GJ, Gula LJ, Skanes AC, Yee R, et al. Exercise testing for risk stratification of channelopathies. *Heart Rhythm* 2011;8:1104-08. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2010.09.069>
11. Shimizu W, Antzelevitch C. Effects of a K(+) channel opener to reverse torsade de pointes in a canine model of the long QT syndrome. *Circulation* 2000;102(2):226-31.
12. Sy RW, van der Werf C, Chattha IS, Chockalingam P, Adler A, Healey JS, et al. Derivation and validation of a simple exercise-based algorithm for prediction of genetic testing in relatives of LQTS probands. *Circulation* 2011;124:2187-94. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.028258.
13. Makimoto H, Nakagawa E, Takaki H, Yamada Y, Okamura H, Noda T, et al. Augmented ST-segment elevation during recovery from exercise predicts cardiac events in patients with Brugada syndrome. *J Am Coll Cardiol* 2010;56:1576-84.
14. Al-Khatib SM, Stevenson WG, Ackerman MJ, Bryant WJ, Callans DJ, Curtis AB, et al. 2017 AHA/ACC/HRS guideline for management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *Heart Rhythm* 2018;15:e73-e189.
15. European Society of Cardiology (ESC); European Heart Rhythm Association (EHRA); Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G, Bordachar P, Boriani G, Breithardt OA, et al. 2013 ESC guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: the task force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). *Europace* 2013;15:1070-118.
16. Barold SS, Ilercil A, Herweg B. Exercise-induced atrioventricular block. *J Interv Card Electrophysiol* 2012;33:289-96.
17. Stein R, Ho M, Oliveira CM, Ribeiro JP, Lata K, Abella J, et al. Exercise-induced left bundle branch block: prevalence and prognosis. *Arq Bras Cardiol* 2011;97:26-32.
18. Gulati M, Levy PD, Mukherjee D, Amsterdam E, Bhatt DL, Birtcher KK, et al. 2021 AHA/ACC/ASE/CHEST/SAEM/SCCT/SCMR Guideline for the Evaluation and Diagnosis of Chest Pain. *Circulation* 2021;144(22):e368–e454.

5.10 Ergometría en pediatría

COORDINACIÓN: DOMINGO USIN

AUTORES: INÉS ABELLA

La ergometría en pediatría es una prueba simple y útil para la evaluación de los niños que consultan en Cardiología. Se puede realizar en niños a partir de los 3 años de edad, siempre dependiendo de la colaboración del paciente.

Sus indicaciones son similares a la ergometría de adultos. La diferencia más importante es que la detección de la cardiopatía isquémica es muy infrecuente y su uso está enfocado fundamentalmente en la evaluación de niños, adolescentes y adultos portadores de cardiopatías congénitas.

Indicaciones

- a) **Síntomas inespecíficos:** Palpitaciones, disnea, precordalgia atípica, síncope en reposo o con ejercicio, cianosis sin causa aparente. A través de la misma tenemos un primer acercamiento al diagnóstico de patología

cardiológica o descartamos la misma: la Prueba Ergométrica es muy útil para evidenciar el síntoma referido y darle la real importancia, evaluando la evolución de la FC durante la prueba, comportamiento de la PA, trastornos de ST y la saturación de O₂ % durante el esfuerzo que nos sugieran completar con otros estudios.

- b) **Evaluación de la Capacidad Funcional** en niños sanos, deportistas y pre y post cirugía cardíaca, seguimiento de terapéuticas médicas y rehabilitación cardiovascular. (1)
- c) **Evaluación de la PA durante el esfuerzo:** diagnóstico y seguimiento del tratamiento.
- d) **En arritmias:** detección, seguimiento y evaluación del tratamiento.
- e) **Cardiopatías congénitas** en pre-quirúrgico cuando es posible por la edad, pero fundamentalmente en el seguimiento post-quirúrgico de las cardiopatías congénitas, debiendo conocer los distintos procedimientos hemodinámicos y quirúrgicos y sus complicaciones a largo plazo para buscar específicamente las consecuencias de los mismos.
- f) **Valvulopatías:** en el seguimiento clínico, indicación quirúrgica de las mismas y seguimiento post-quirúrgico.
- g) **En las miocardiopatías.**
- h) **En enfermedades sistémicas** como Diabetes, Lupus, Enf. de Kawasaki, etc.

Protocolos

En nuestro servicio preferimos utilizar la cinta deslizante, ya que la actividad de caminar/correr es habitual en los niños; además, se les dificulta alcanzar una frecuencia cardíaca máxima en bicicleta (antes de la adolescencia la fuerza muscular de los cuádriceps no es suficiente y el agotamiento muscular aparece precozmente).

Utilizamos en cardiopatías congénitas preferentemente el Protocolo de Bruce, ampliamente utilizado, pero además hemos desarrollado en el Hospital de Niños "R. Gutiérrez" un protocolo de 7:30 min muy utilizado en niños sanos y deportistas que representa mejor el tipo de actividad que realizan los niños: carreras cortas, precedidas de una adecuada entrada en calor. (2)

Contraindicaciones

Son similares a las de los adultos, remarcando que el Bloqueo AV de 3° grado no constituye una contraindicación, salvo en casos muy puntuales, para la realización de la prueba en pediatría, como tampoco lo es la Estenosis aórtica severa.

Las causas de suspensión de la prueba son las mismas que en los adultos.

Interpretación de los Resultados

Surgen de analizar:

Capacidad Funcional (CF)

Evaluamos la CF de acuerdo a percentilos para varones y mujeres (3) según la duración de la prueba, cuando utilizamos el Protocolo de Bruce

Fig. 1. Duración de la Prueba niños. Protocolo de Bruce.

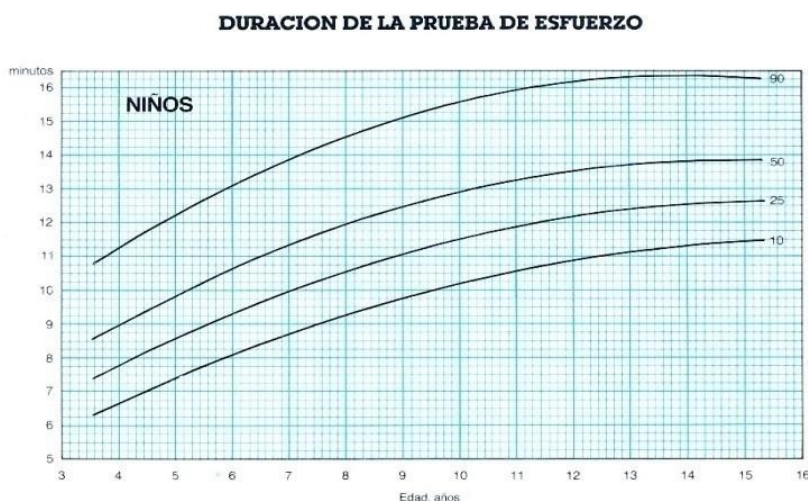
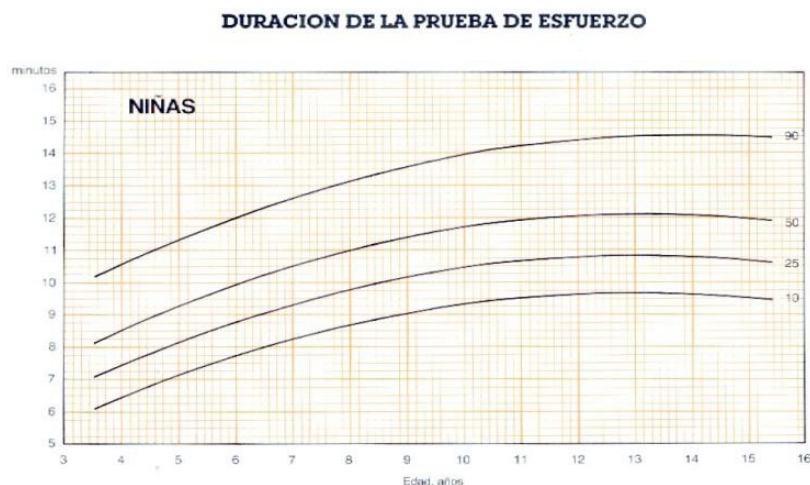
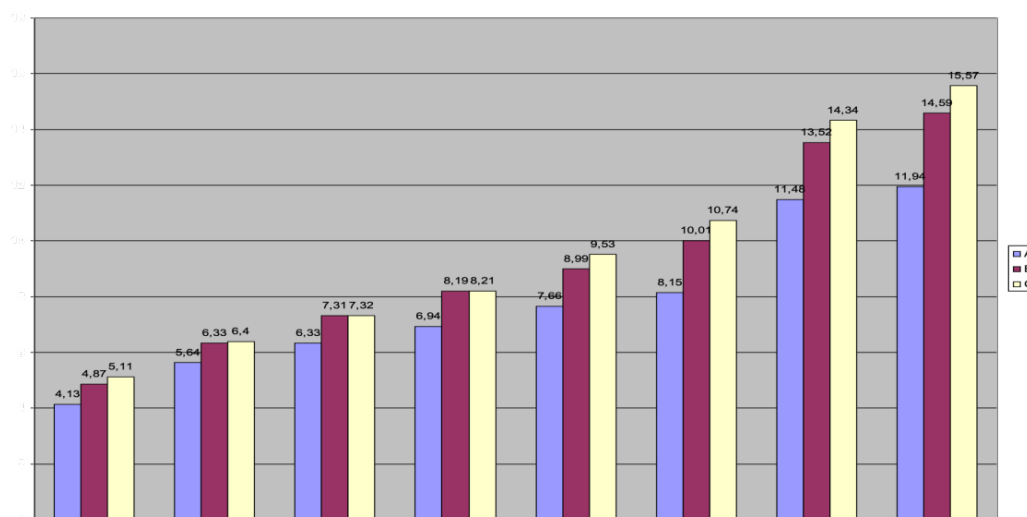


Fig. 2. Duración de la prueba niñas. Protocolo de Bruce.



Si utilizamos los Protocolos A, B y C del HNRG los mets para cada una de las etapas se representan en el siguiente cuadro.

Fig. 3. Costo energético Protocolos A, B y C. HNRG



La frecuencia cardíaca:

La misma va aumentando a medida que se incrementa el esfuerzo físico hasta llegar a la FC Máxima que es una constante en población pediátrica. La FC máxima prevista en pediatría es 200 ± 10 lat/min. La misma se recupera rápidamente en el primer minuto post-esfuerzo.

La presión arterial

También es evaluada de acuerdo con percentilos para varones y mujeres por edad y superficie corporal, la que va aumentando con la edad y más específicamente con la superficie corporal, y es muy inferior a la observada en los adultos, por lo que son tan importantes estos valores de referencia.

Fig. 4. Percentilos para PA sistólica y diastólica para niños por edad

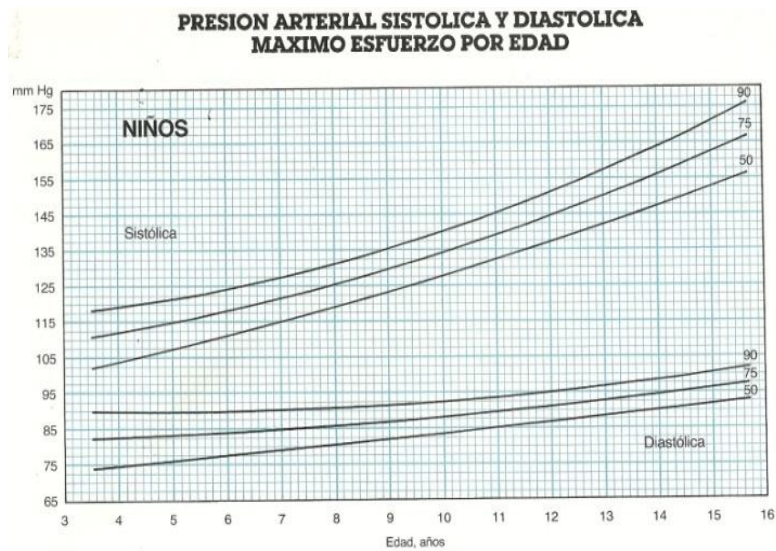


Fig. 5. Percentilos para PA sistólica y diastólica para niñas por edad

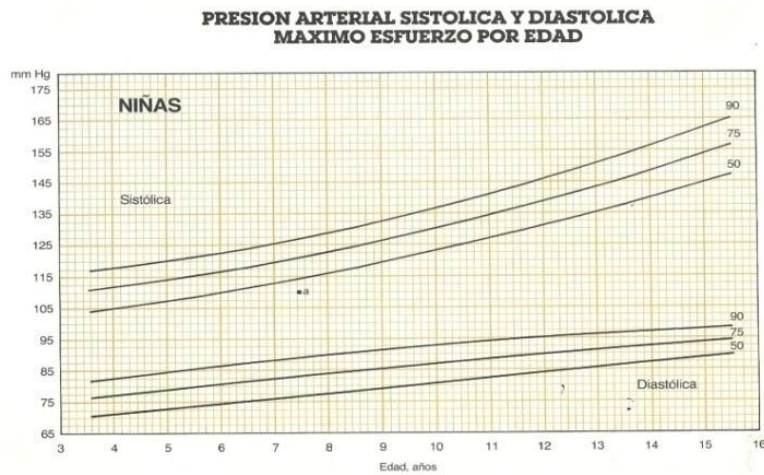


Fig. 6. Percentilos para PA sistólica y diastólica para niños por superficie corporal

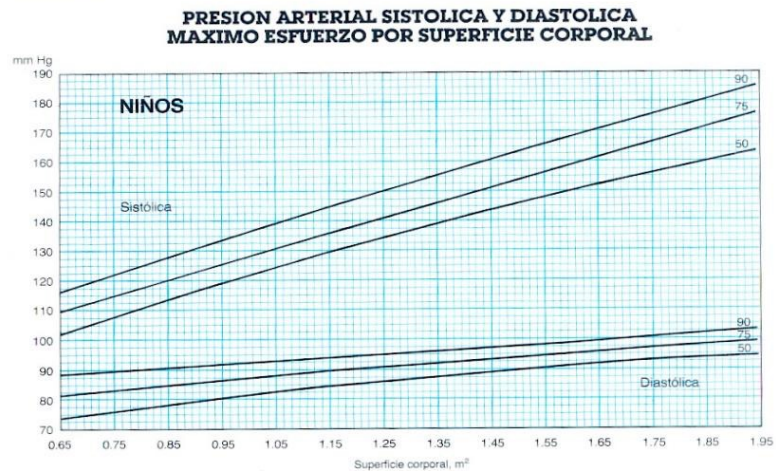
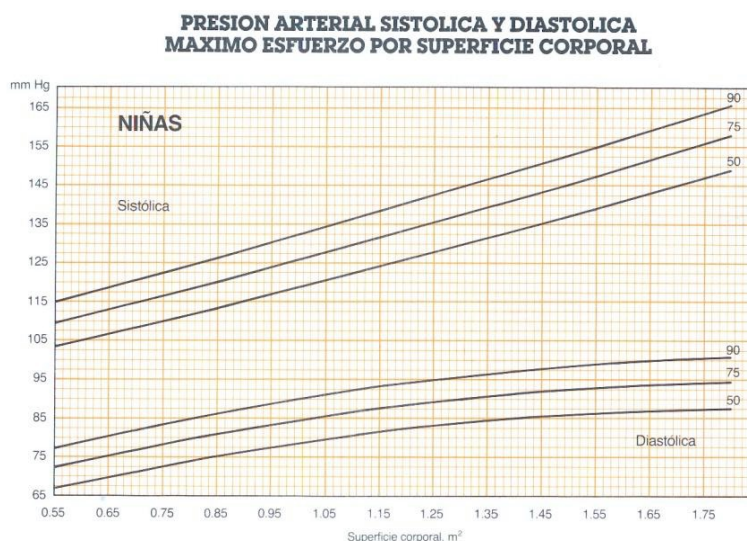


Fig. 7. Percentilos para PA sistólica y diastólica para niñas por superficie corporal



Saturación de oxígeno:

En las cardiopatías donde hay cortocircuito de derecha a izquierda o que provoquen cianosis como la Hipertensión Pulmonar primaria, la anomalía de Ebstein etc. Es muy importante controlar este dato con un saturómetro de pulso.

Diferencias en la respuesta al ejercicio entre niños y adultos

En el niño la Capacidad Funcional va variando con la edad y la superficie corporal, lo mismo que la Presión Arterial. (3-5)

La Frecuencia cardíaca en los niños es una constante que oscila entre 200 ± 10 latidos, diferente a los adultos en los cuales va descendiendo con la edad. Para valorar la FC máxima no utilizamos la tabla de Robinson ya que esta comienza a los 20 años. Otra diferencia de los niños con respecto a los adultos es la rápida recuperación de la Frecuencia cardíaca en el primer minuto post-esfuerzo (3-5), continuando el descenso gradual hasta valores basales.

El objetivo principal de la prueba en los adultos es la detección de isquemia miocárdica (desnivel ST inducido por el esfuerzo), por eso se informa prueba negativa o positiva, dato que no se incluye en la ergometría pediátrica. Tampoco se utiliza en niños el doble producto o ITTM ($FC \times PAS$) por el escaso aumento de la PA en los niños con el esfuerzo.

La realización de la prueba de esfuerzo en pediatría y adultos con cardiopatías congénitas requiere un amplio conocimiento de las mismas y sus tratamientos quirúrgicos y hemodinámicos y sus complicaciones a largo plazo. En la Figura 8 incluimos la tabla de diferencias de las distintas variables evaluadas en la PE y la Prueba de ejercicio cardiopulmonar entre niños y adultos. (6)

Variable	Diferencia niños/adultos
VO ₂ pico L/min	Menor
VO ₂ pico mL/Kg/min	Mayor
FC pico	Mayor
Volumen sistólico	Menor
Gasto cardíaco	Menor
Diferencia arterio/venosa de O ₂	Mayor
Flujo sanguíneo muscular	Mayor
Presión arterial sistólica y diastólica	Menor
Isquemia miocárdica	Rara

Variable	Diferencia niños/adultos
Volumen Tidal	Menor
Frecuencia respiratoria	Mayor
Ventilación pulmonar pico (VE)	Menor
Pendiente VE/VCO ₂	Mayor

Fig. Takken, Borgers, Van Brussel et al. CPET in children

BIBLIOGRAFÍA

1. Arós F, Boraita A, Alegría E, Alonso AM, Bardají A, Bueno H, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en pruebas de esfuerzo. Rev Esp Cardiol 2000;53:1063-94.
2. Leveroni AF, Abella IT, Pintos LF, Sgroi AJ, Giannini G, Peirone A, et al. Medición del consumo de oxígeno durante una prueba ergométrica en futbolistas infantiles. Rev Hosp Niños (B Aires) 2017;59(266):171-6.
3. Berri GG, López MS, Abella IT, Ghio AM, Moreno G, Sciegata AM, et al. Prueba de esfuerzo en niños sanos: Estándares de referencia de variables fisiológicas. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Pediatría; 1990.
4. Sociedad Argentina de Cardiología. Consenso argentino de pruebas ergométricas. Consejo de Ergometría, Rehabilitación cardiovascular y Cardiología del Deporte. Buenos Aires: Edimed; 2010. p. 216-225.
5. Takken T, Blank AC, Hulzebos EH, van Brussel M, Groen WG, Helders PJ. Cardiopulmonary exercise testing in congenital heart disease: (contra)indications and interpretation. Neth Heart J 2009;17:385-92.
6. Takken T, Bongers BC, van Brussel M, Haapala EA, Hulzebos EH. Cardiopulmonary Exercise Testing in Pediatrics. Ann Am Thorac Soc. 2017;14(Suppl 1):S123-S128.

6. El rol del técnico en prácticas cardiológicas: formación, colaboración y aporte a la calidad asistencial

COORDINACIÓN: ENRIQUE GONZÁLEZ NAYA

AUTORES: FRANCO PAROLA, JUAN MARTÍN, BÁRBARA QUINTANA

Formación académica: base para una práctica profesional segura y eficaz

La formación del Técnico en Prácticas Cardiológicas (TPC) responde a un enfoque integral que combina conocimientos científicos, habilidades técnicas y valores éticos, orientados a una práctica profesional comprometida con la calidad asistencial. (1) Esta preparación le permite desempeñarse en diversos contextos del ámbito de la salud, tanto hospitalarios como extrahospitalarios, abarcando funciones que van desde la gestión de su entorno laboral y la preparación de materiales y equipamiento, hasta la realización de procedimientos diagnósticos bajo supervisión médica. (2)

En su práctica cotidiana, demuestra autonomía en la organización de sus tareas, la administración de recursos y la supervisión de actividades específicas, asumiendo responsabilidades que requieren capacidad de resolución ante situaciones no rutinarias y compromiso con la seguridad del paciente, y la eficiencia operativa. (1, 2) Asimismo, su formación incluye entrenamiento en reanimación cardiopulmonar, lo que lo habilita para actuar con rapidez y eficacia ante situaciones críticas, garantizando una primera respuesta adecuada hasta la intervención médica correspondiente. (3)

Atención centrada en el paciente y obtención del estudio

Durante la prueba de esfuerzo, el TPC cumple funciones esenciales que incluyen desde la preparación del paciente, la colocación de electrodos, la calibración del equipamiento, el registro continuo de datos y la observación técnica del trazado electrocardiográfico, hasta la obtención del estudio final con la elaboración de su pre-informe. (4)

Como rasgo destacado, el TPC posee la capacidad de realizar un interrogatorio exhaustivo de los antecedentes del paciente, lo que le permite anticipar el tipo de estudio que está por realizarse y ejercer criterio profesional en caso de presentarse contraindicaciones para su ejecución. (4, 5) Esta habilidad, derivada de su formación previa, representa una característica principal del perfil profesional del técnico en prácticas cardiológicas.

Impacto en la calidad del estudio y en la seguridad del paciente

La correcta ejecución de la prueba de esfuerzo depende de múltiples factores, entre ellos, la coordinación efectiva entre los distintos profesionales involucrados. En este marco, el TPC aporta su formación técnica y su compromiso con el cumplimiento de las normas de bioseguridad y la mejora continua de los procesos. (2)

Durante la realización del estudio, el TPC es responsable de conducir la prueba de esfuerzo, realizar los controles de presión arterial y llevar a cabo el monitoreo electrocardiográfico en las fases pre, intra y post esfuerzo, respetando los tiempos establecidos según el protocolo correspondiente. (4, 5) Asimismo, le compete el registro de los eventos clínicamente relevantes que se presenten durante el estudio, la identificación de los criterios que indiquen la posibilidad de realizar la prueba de esfuerzo, así como también la necesidad de su interrupción o contar con supervisión médica directa para realizar dicho estudio en un paciente considerado de alto riesgo.

Su rol contribuye a minimizar riesgos, detectar precozmente eventos adversos y asegurar que el estudio se realice en condiciones óptimas. Esto se traduce en una mayor confiabilidad de los resultados, una mejor toma de decisiones clínicas por parte del equipo médico y una atención más segura y eficiente.

Conclusión

El TPC representa una figura profesional clave en el abordaje integral de la salud cardiovascular. Su formación académica, basada en sólidos conocimientos científicos, habilidades técnicas especializadas y compromiso ético, lo posiciona como una pieza indispensable en la realización de estudios funcionales, como la prueba de esfuerzo graduada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Nacional de Educación Tecnológica (INET). Perfil Profesional del Técnico/a Superior en Prácticas Cardiológicas. Ministerio de Educación de la Nación; 2023.
2. Consejo Federal de Educación. Resolución CFE N.º 129/11 – Anexo II: Marco de referencia para procesos de homologación de títulos de nivel superior – Prácticas Cardiológicas. Instituto Nacional de Educación Tecnológica (INET); 2011.
3. Ministerio de Salud de la Nación. Decreto N.º 15/1995 – Reconocimiento de la actividad de Técnicos en Prácticas Cardiológicas. Boletín Oficial de la República Argentina; 1995.
4. Rodgers GP, Ayanian JZ, Balady G, Beasley JW, Brown KA, Gervino EV, et al. American College of Cardiology/American Heart Association Clinical Competence Statement on Stress Testing. *Circulation* 2000;102:1726–38.
5. Angelino A, Peidro R, Iglesias R, et al. Consenso Argentino de Prueba Ergométrica Graduada (versión resumida). *Rev Argent Cardiol*. 2010;78:74-89. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.102.14.1726>

7. Características y contenido del informe

COORDINACIÓN: BELÉN TINARI

AUTORES: GRACIELA BRIÓN^{MTSAC}, ROBERTO PEIDRO^{MTSAC}, JORGE FRANCHELLA^{MTSAC}, SORAYA KERBAHEN

Introducción

La ergometría continúa siendo una de las herramientas fundamentales para la evaluación clínica, funcional y pronóstica del paciente cardiovascular y de individuos aparentemente sanos. Desde la publicación del consenso del año 2010, la práctica profesional ha incorporado nuevas evidencias en fisiología del ejercicio, interpretación eléctrica, criterios de suspensión del esfuerzo y, de manera muy significativa, en la comprensión contemporánea del concepto de “prueba máxima”.

Los avances científicos también han cuestionado la tradicional estimación de la frecuencia cardíaca máxima (FC_{máx}) mediante la ecuación 220–edad, lo que ha obligado a redefinir el modo en que se interpreta la intensidad lograda durante una prueba de esfuerzo. Además, se ha fortalecido el rol de la percepción subjetiva del esfuerzo como marcador integrador de fatiga y nivel de demanda metabólica. (1)

En este documento se presenta una actualización integral, basada en la evidencia reciente (2024–2025), que propone una estructura clara del informe de ergometría, criterios modernos de interpretación y un marco conceptual acorde al conocimiento fisiológico actual. (2–5)

Estructura estandarizada del informe de ergometría

Una presentación uniforme, precisa y completa del informe facilita la interpretación clínica y la comparación entre estudios. Se recomienda incluir los siguientes elementos:

Datos del paciente

- Nombre y apellido
- Edad y sexo
- Datos de contacto y cobertura médica
- Médico solicitante
- Número de informe y fecha
- Factores de riesgo cardiovascular
- Antecedentes clínicos relevantes
- Medicación habitual
- Motivo de solicitud
- Diagnóstico presuntivo
- Datos antropométricos (peso, talla, IMC)

Datos técnicos

- Tipo de equipo: cinta ergométrica o cicloergómetro
- Protocolo utilizado (Bruce, Balke, Rampa, Naughton, ciclo incremental, etc.)
- Duración total del ejercicio
- Carga final alcanzada o última etapa completada
- Frecuencia cardíaca máxima alcanzada
- METs máximos logrados
- Motivo de detención del ejercicio

Variables por fases

Se recomienda informar valores en las siguientes fases:

Basales

- **Clínicas:** síntomas, Borg inicial
- **Hemodinámicas:** FC, presión arterial, doble producto
- **ECG:** ritmo, intervalos, ST, T

Pico de esfuerzo

- Síntomas y Borg
- FC, PA, DP
- Cambios eléctricos
- Arritmias

Primer minuto de recuperación

- FC (índice de recuperación)
- PA
- Ritmo, ST, arritmias
- Síntomas

Recuperación final

- Normalización de variables
- Persistencia o aparición tardía de eventos eléctricos
- Estabilidad clínica al finalizar el estudio

Componentes descriptivos e interpretativos del informe

La descripción debe integrar los hallazgos del estudio:

- Tolerancia al ejercicio
- Motivo real de detención (agotamiento, síntomas, criterios clínicos)
- Respuesta hemodinámica global
- Ritmo y presencia de arritmias
- Comportamiento del segmento ST
- METs alcanzados y comparación con valores esperados según edad y sexo
- Consistencia entre síntomas, variables fisiológicas y ECG

La interpretación diagnóstica y funcional debe ser clara y categórica:

- Prueba normal
- Prueba con respuesta isquémica sugestiva o definitiva
- Prueba con arritmias inducidas por el ejercicio
- Prueba con limitación funcional
- Prueba submáxima por criterios clínicos o programados

Actualización conceptual: alcance y significado de las pruebas máximas

El término “prueba máxima” ha evolucionado notablemente. Tradicionalmente asociado al logro de un porcentaje estimado de FC_{máx}, hoy el consenso internacional coincide en que la absolutización de la FC como marcador de “máximo” carece de sustento fisiológico. (6, 7)

Nueva definición de prueba máxima

Una prueba es verdaderamente máxima cuando:

- Es detenida por agotamiento muscular extremo voluntario.
 - No existen criterios clínicos, eléctricos o hemodinámicos que obliguen a suspenderla.
 - El paciente alcanza un nivel que se correlaciona fisiológicamente con su consumo máximo de oxígeno (VO₂máx). (8, 9)
 - La percepción subjetiva del esfuerzo es muy elevada (Borg 18–20 o 9–10 en escala modificada). (1)
- Esto implica que la FC no debe utilizarse para decidir cuándo la prueba “fue máxima”.

Pruebas submáximas

Las pruebas submáximas se detienen por razones predefinidas:

- Objetivos de FC (rehabilitación, postinfarto inmediato),
- Etapas programadas,
- Aparición de síntomas moderados,
- Limitaciones musculoesqueléticas.

En ambas situaciones, el informe debe especificar claramente el motivo de detención, y no inferir intensidad solo por valores de FC.

Revisión científica: la ecuación 220–edad y su falta de precisión

El análisis de 9160 pruebas ergométricas máximas en sujetos aparentemente sanos realizado por nuestro grupo demostró que (10):

- El 48,2% de las FC_{máx} reales se encuentran fuera de 220–edad $\pm$ 5%.
- El error estándar es amplio (12 lat/min).
- Existe variabilidad interindividual determinada por genética, entrenamiento, autenticidad, motivación y tipo de protocolo.

La evidencia reciente (2024–2025) confirma este hallazgo:

- Las ecuaciones tradicionales subestiman la FC_{máx} en adultos mayores y la sobreestiman en jóvenes. (2, 4)
- En pacientes con medicación (ej. betabloqueantes), su utilidad es aún menor (2).
- Existen nuevas fórmulas basadas en VO₂, índice FC (HRI) y umbrales ventilatorios, aunque ninguna reemplaza el criterio clínico del agotamiento. (3, 5, 7)

Conclusión clave:

La FC estimada no debe emplearse para clasificar una prueba como máxima ni para la prescripción exacta del entrenamiento individual. (10, 11)

Rol de la percepción subjetiva del esfuerzo

La escala de Borg integra componentes musculares, respiratorios, autonómicos y psicológicos, funcionando como la herramienta más robusta para estimar la intensidad real del esfuerzo. (1)

Ventajas:

- Correlaciona con el VO₂, la ventilación y la producción de lactato. (8)
 - No depende de medicación, edad o variabilidad del sistema nervioso autónomo.
 - Es simple, reproducible y universal en medicina del ejercicio.
- Debe registrarse en cada fase: basal, pico y recuperación.

Fisiología actual aplicada a la ergometría

Respuesta cardiovascular

- Incremento lineal de la FC con la intensidad, pero con variabilidad interindividual. (10)
- Aumento del volumen sistólico hasta intensidades moderadas. (8)
- Elevación sostenida del doble producto (demanda miocárdica).
- Aumento inicial de la PA sistólica y leve descenso o estabilidad de la diastólica. (11)

Elementos eléctricos

- Alteraciones del ST sensibles, pero no específicas. (12)
- Arritmias que pueden ser fisiológicas (supraventriculares aisladas) o patológicas (polimórficas, sostenidas).
- Valor de la recuperación del ST y la aparición tardía de arritmias. (11, 12)

Conclusiones integradoras para esta actualización

- El informe debe ser estandarizado, completo y orientado a la toma de decisiones.
- La clasificación máximo/submáximo debe basarse en criterios clínicos y de agotamiento, no en FC teórica.
- La fórmula 220–edad carece de utilidad diagnóstica y no debe guiar la prescripción del ejercicio.
- La escala de Borg debe incorporarse sistemáticamente.
- La interpretación debe integrar síntomas, hemodinamia, ECG y capacidad funcional (METs).
- Las nuevas evidencias 2024–2025 consolidan la necesidad de modernizar criterios y abandonar aproximaciones simplistas basadas en FC esperada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med* 1970;2:92–8. <https://doi.org/10.2340/1650197719702239298>
2. Almaadawy O, Birnbaum Y, Ziada KM. Target heart rate formulas for exercise stress testing: What is the evidence? *J Clin Med* 2024;13:5562. <https://doi.org/10.3390/jcm13185562>
3. Wang L, Huang Z, Liu Q, et al. Old and new equations for maximal and anaerobic threshold heart rate prediction in coronary heart disease in a Chinese population. *BMC Cardiovasc Disord* 2024;24:4307. <https://doi.org/10.1186/s12872-024-04307-x>
4. Cao Y, Zhang W, Li H, et al. Effects of different incremental treadmill exercise protocols on autonomic nervous system function. *Front Physiol* 2025;16:1579929. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1579929>
5. Liu R, Zhao Y, Chen H. Exercise heart rates determined by ventilatory threshold and target heart rate based on HR_{max}/HRR in metabolic syndrome. *Sci Rep* 2025;15:8734. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-03084-7>
6. Mann TN, Lamberts RP, Lambert MI. Methods of prescribing relative exercise intensity: Physiological and practical considerations. *Sports Med* 2013;43:613–25. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0045-x>
7. Wicks JR, Pariser G, Ruff L. Heart rate index—An alternative exercise-based equation for estimating oxygen uptake during cycling. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2025. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11864050/>
8. Bassett DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:70–84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
9. Joyner M, Coyle EF. Endurance exercise performance: The physiology of champions. *J Physiol* 2008;586:35–44. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
10. Peidro R, Brión G, Abad D, et al. ¿Es confiable la fórmula 220–edad para determinar la frecuencia cardíaca máxima que puede alcanzar un individuo? *Prensa Med Argent* 2009;96:9–15.
11. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2013;128:873–934. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31829b5b44>
12. Myers J, Arena R. The clinical value of cardiopulmonary exercise testing. *Prog Cardiovasc Dis* 2020;62:225–33.

8. Consentimiento informado y aspectos legales

COORDINACIÓN: BELÉN TINARI
AUTORES: ROBERTO FOYO

Introducción

La práctica médico asistencial ha ido adquiriendo, con el paso del tiempo, un mayor reconocimiento en materia de derechos de los pacientes, de modo de convertir a una relación absolutamente verticalista en una más fluida, combinando compromisos y obligaciones mutuas, en forma de proceso donde interactúan el mismo paciente y el equipo de salud, siendo facilitador ello para que aquel participe y especialmente comprenda el alcance de la conducta médica propuesta, en función de su estado, de sus necesidades y de las indicaciones que la ciencia médica considere apropiadas al momento de la evaluación.

Fue así que el concepto de consentimiento informado ha surgido y ha ido tomando fuerza en la actividad cotidiana de los médicos. Visto en algunos casos con cierta desconfianza, con algún dejo de temor e incertidumbre, como un trámite meramente administrativo, incluso con un relativismo o subestimación peligroso, no hay duda que en todos los ámbitos asistenciales es un concepto conocido y mencionado de modo permanente como así también que constituye una herramienta probatoria y documental imprescindible para la atención médica y como formalidad de la relación médico- paciente.

Por ello, intentamos a través de estas líneas, fijar algunos conceptos, remarcar su trascendencia y utilidad al margen de su obligatoriedad, y sugerir líneas orientativas para la confección de un consentimiento informado útil, práctico y seguro.

Concepto de Consentimiento Informado

El Consentimiento Informado ha sido tratado por una amplia cantidad de autores tanto del ámbito del Derecho, como de la Medicina Legal. Todas las definiciones que sobre él se han dado, contiene como punto común conceptos tales como la voluntad de decidir sobre la información recibida y de participar en la toma de decisiones al respecto, en el marco del privilegio del principio de autonomía vinculado a los procesos de salud y enfermedad.

En nuestro país fue incorporado en su marco normativo a través de la ley 17132 (Ley de ejercicio de la Medicina, Odontología y actividades de colaboración), expresamente en su artículo 19, inciso 3° cuando alude a la obligación de los médicos de respetar la voluntad del paciente en cuanto sea negativa a tratarse o internarse, con las excepciones que marca dicha disposición legal agregando la obligación de contar con la “conformidad por escrito en caso de operaciones mutilantes salvo que la inconsciencia, la alienación o la gravedad del caso no admitiera dilaciones”.⁽¹⁾ No obstante lo expuesto, el consentimiento, como parte del acto médico, ha sido ampliado para su aplicación a los procedimientos diagnósticos, terapéuticos, los que conllevan riesgos, sin necesidad que se circunscriban al campo quirúrgico.

Otras normas posteriores han incorporado este verdadero instituto documental de valor médico asistencial y legal alcanzando su punto culminante mediante la ley 26529 (Ley de derechos de pacientes en su relación con instituciones sanitarias y profesionales de la salud). Junto a los derechos de los pacientes, a la información sanitaria y a la historia clínica, el consentimiento informado queda reconocido en esta norma como derecho, deber y obligación de los médicos en relación a los pacientes y de estos en relación a los galenos e instituciones de salud.

Lo define el artículo 5° de esta última ley como: *la **declaración de voluntad suficiente** efectuada por el paciente, o por sus representantes legales, en su caso, **emitida luego de recibir, por parte del profesional interviniente, información clara, precisa y adecuada** con respecto a:*

- a) Su estado de salud;
- b) El procedimiento propuesto, con especificación de los objetivos perseguidos;
- c) Los beneficios esperados del procedimiento;
- d) Los riesgos, molestias y efectos adversos previsibles;
- e) La especificación de los procedimientos alternativos y sus riesgos, beneficios y perjuicios en relación con el procedimiento propuesto;
- f) Las consecuencias previsibles de la no realización del procedimiento propuesto o de los alternativos especificados;⁽²⁾

⁽¹⁾ Ley 17132, artículo 19, inciso 3°

⁽²⁾ LLeY 26529, artículo 5

Caben aquí una serie de consideraciones para la interpretación de los alcances del tema que consideramos. En primer término, resulta muy clara la expresión de **declaración de voluntad suficiente**. Ello implica que, con la sola manifestación por parte del paciente o de su representante legal (si corresponde), resulta cumplido el deber exigido en la medida que contenga las formalidades planteadas. Es decir, no se requiere otro acto posterior ni convalidante del consentimiento cuando este resulta adecuado.

En el mismo sentido resulta claro que a través del consentimiento informado, se acredita el cumplimiento del deber de información previo que precede a todo acto médico (aclarado en la mención a la emisión de esa voluntad **luego de haber recibido**).

El deber de información queda centrado en el profesional tratante o interviniente (de allí la importancia de considerar, aún en caso de intervención de un equipo amplio, que el paciente identifique a un representante de ese equipo como su médico de confianza, como aquel con el que habrá de interactuar y con el que tendrá el vínculo más dinámico). Ello implica por otra parte, que resulta claramente vedado a quienes no lo cumplan con ese rol hacerse cargo de la confección del consentimiento o su formalización por escrito (cuando corresponda) o darlo por cumplido luego de información verbal en su caso. En otros términos, el responsable de la confección del consentimiento informado es el médico que brinda información o quien, en un contexto de varios profesionales conjuntos, asume el rol de referencia para el paciente informando, analizando y despejando las dudas que el asistido posea. Cabe así considerar que el personal administrativo, secretarías, enfermería, colaboradores técnicos como así también todo aquel funcionario o empleado que no sea médico no se encuentra autorizado para cumplimentar con el consentimiento informado de un acto médico como tal. Lo expuesto obedece a dos razones: en primer término, solo los médicos podrán brindar información clara, precisa, suficiente y adecuada al paciente a fin de despejar sus dudas, en virtud del conocimiento técnico y empírico que poseen. En segundo lugar, constituye un acto indelegable para el médico en base a ser admitidos dentro de las obligaciones y reglamentos a su cargo. La prohibición de tales actos delegatorios se encuentra prevista en la Ley 17132, artículo 20 entre otras disposiciones regulatorias.

El tercer punto que destaca de la definición mencionada está dado por las condiciones de la información que permitirá otorgar el consentimiento por parte del paciente o su representante legal. Así se requiere que la misma sea clara (entendida como la que no ofrece dudas y si las hay, las mismas han sido despejadas de manera que el paciente pueda conocer el contenido de lo que se la ha comunicado), accesible (entendida como la que permite, en función de su nivel de instrucción y cultural ser pasible de interpretación lógica e intelectual) y adecuada (en términos de correcta, relacionada con el procedimiento o proceso para el cual se requiere la formalidad analizada).

Si bien el artículo de la ley nacional referido contempla más supuestos (especialmente incorporados en el contexto del llamado consentimiento de voluntades anticipadas), para el interés del presente Documento la información a otorgar (luego de la cual surgirá la aceptación o rechazo por parte del paciente o su representante legal) se vincula al estado de salud, al procedimiento propuesto (en nuestro caso, la prueba ergométrica graduada) dejando claramente manifestado cuales son los objetivos que dicho procedimiento posee, lo que se busca de él y el porqué de su indicación en ese caso, cuáles son los beneficios que se esperan (en este caso diagnóstico los cuales, a su vez, permitirán de ser necesario orientar las conductas terapéuticas apropiadas en base a sus hallazgos), los riesgos, molestias y efectos adversos previsibles (especialmente del tenor de los más graves y los más frecuentes), la existencia o no de procedimientos alternativos al propuesto, su posibilidad de realización, la recomendación sobre los mismos y, especialmente, los motivos por los cuales la prueba ergométrica graduada (en nuestro caso) resulta necesaria o conveniente por encima de otros procedimientos (si los mismo fueran posibles, si han sido descartados por su inaplicabilidad, riesgos o contraindicaciones para el caso o por no existir otro método apropiado) y, finalmente (pero no menos importante) cuales serían las consecuencias previsibles de no efectuar el procedimiento conforme a lo que le fuera informado, en base a la decisión negativa de la persona.

El valor de la totalidad de los elementos consignados es mayúsculo; especialmente de cara a los aspectos vinculados con la responsabilidad profesional. El cumplimiento adecuado coloca, en caso de negativa del paciente y ante complicaciones informadas que se presenten por ello, como eximente de la responsabilidad por tratarse de culpa grave de la víctima (no existiendo posibilidad de obligar al paciente a realizar el procedimiento por imperativo del principio de autonomía, aquel pasa a asumir las consecuencias de su decisión contraria a la prescripción facultativa). Para ello es digno observar que no se requiere expresión de los motivos por los cuales rechaza el procedimiento (aunque puede manifestarlos) siendo suficiente su negativa para la no realización.

Tal como se expresara, el consentimiento informado resulta ser un acto médico no delegable en terceros, bajo absoluta responsabilidad del galeno a cargo, y de carácter obligatorio (artículo 6°, ley 26529). Este consentimiento deberá ser otorgado (o rechazado) por el paciente en la medida que su estado así lo permita, si se encuentra dotado de capacidad para recibir, analizar, comprender y decidir sobre lo propuesto y en el contexto de la edad mínima exigida por ley para tal caso (ver más adelante). Ante la imposibilidad de tales requisitos, dependiendo la situación, la urgencia del caso y el tipo de procedimiento, la conformidad o rechazo para su realización podrá

ser brindada por las personas que en función del vínculo que la unen, poseen esa atribución

Modalidades de consentimiento

La modalidad del consentimiento estará condicionada al tipo de procedimiento propuesto y sus alcances. Se exige su aplicación en la modalidad escrita en casos de internaciones, intervenciones quirúrgicas, procedimientos diagnósticos y terapéuticos invasivos, procedimientos que impliquen riesgos al igual que en la revocatoria del consentimiento previamente otorgado.

Para ello debe considerarse que el proceso del consentimiento informado debe partir de una primera fase (información sobre los alcances, objetivos, riesgos, beneficios esperados de la prueba ergométrica graduada), una segunda fase (respuesta y consignación por escrito de las preguntas formuladas por el paciente y las respuestas otorgadas ante ellas), una tercer etapa (tiempo para la realización de otras consultas si así lo desea) y el momento final (la firma del consentimiento consignando previamente toda la información brindada, la solicitada y las aclaraciones formuladas).

Primera fase: de índole explicativa. Debe ser clara, taxativa, expresada de modo entendible acorde al lenguaje y pautas culturales del paciente, con los tiempos que el mismo requiera para su entendimiento, evitando utilizar términos ambiguos, expresiones metafóricas, o toda expresión que invite a una inadecuada interpretación. Esta fase explicativa debe luego trasladarse a la modalidad escrita toda vez que se trata de un procedimiento que requiere el consentimiento informado (sea para aceptación o rechazo en ese tipo de modalidad)

Segunda fase: respuesta a las dudas o planteos. Resulta conveniente efectuarla en el mismo contexto de la anterior, aprovechando la presencia del paciente en la consulta o el momento de su evaluación en internación. Si bien no suele ser categóricamente obligatorio que se diferencien en estas fases, puede ser recomendable que exista una primera etapa explicativa a fin de evitar que se constituya un conjunto de preguntas y respuestas desordenando, prolongado y con idoneidad para confundir. No obtener ello, el tiempo que demanden las fases, la posibilidad de ausencia de dudas o preguntas por parte del paciente atento a la explicación dada, a su conocimiento previo o al deseo del paciente de no requerir otras explicaciones, cada caso podrá tener tiempos propios.

En caso de dilación para autorizar por parte del paciente por diversos motivos (dudas, deseo de otras interconsultas, tiempo para reflexión, etc.) si, a criterio del profesional o del equipo tratante la extensión del lapso recomendado podría modificar o afectar los resultados esperados, conformar una espera no deseable por la postergación consecuente de la terapéutica a aplicar, una modificación sensible en el pronóstico o por cualquier condición de fundamento científico no fuera lo deseable, es importante dejarlo asentado en el consentimiento como tal, en la historia clínica y hacerlo saber claramente al paciente o su representante legal. Si la demora modifica el contenido de la información (riesgos, beneficios esperados, condiciones del procedimiento) deberá efectuarse un nuevo consentimiento informado dotado de la información actualizada, dejando por otro lado constancia en el mismo documento y en la historia clínica del paciente que los cambios respecto del consentimiento anterior obedecen al paso del tiempo que ha podido modificar las condiciones presentes en ese momento anterior.

Fase final: la firma del consentimiento requiere previamente que el paciente lea (salvo decisión propia en sentido contrario) el formulario del consentimiento, que el mismo sea la réplica de lo informado y aclarado, que no introduzca información no brindada previamente ni contradictoria y que deje un espacio para consignar observaciones si fuera necesario (v.g.: el pedido del paciente sobre la asistencia y condición de testigo de familiares o allegados, aspectos que dese expresar y que no estén previstos o contenidos en el formulario, etc.) la firma, aclaración de firma y número de documento del paciente, la firma, aclaración y matrícula del médico participante y, de haber sido considerados necesario para el acto o a pedido del paciente, familiares, acompañantes, representantes legales).

Consentimiento informado para prueba ergométrica graduada en menores de edad

El marco normativo nacional considera que toda persona es apta para gozar de sus derechos y ejercerlos en la medida de ser reconocido por ley salvo excepciones establecidas (quien no cuenta con edad y grado de madurez suficiente, quien ha sido declarado incapaz por sentencia judicial con los alcances que esta última ha fijado).⁽³⁾

Con respecto al tema de la edad, si bien se considera menor de edad a toda aquella persona que no ha cumplido los 18 años, a partir de los 13 años (en algunos supuestos) y especialmente a partir de los 16 años (en una gran amplitud de casos) si su grado de madurez resulta suficiente, puede ejercer por sí mismo esos derechos reconociéndose su atribución de ser oído y de ser tenida en cuenta su decisión u opinión en relación todo lo que implique sus derechos reconocidos.

⁽³⁾ Código Civil y Comercial de la Nación

Previo a cumplir los 13 años, la autorización para todo acto médico diagnóstico, terapéutico, incluyendo las pruebas o exámenes que fueran indicadas (vale como ejemplo la prueba ergométrica graduada), requieren la autorización de los representantes legales. En caso de conflicto entre ellos, o entre la decisión de los representantes legales y lo que, a criterio médico resulta necesario o recomendable para el caso, impera el interés superior del niño, entendido como tal las acciones o medidas que se recomiendan por razones fundadas (siendo, en caso de negativa de sus representantes, necesaria la intervención de la autoridad de aplicación de los derechos de niños, niñas y adolescentes)

A partir de los 13 años y hasta los 16 años, se considera que el adolescente (así definido por el Código Civil y Comercial de la Nación) cuenta con aptitud para decidir por sí mismo respecto de tratamientos o procedimientos no invasivos o que no comprometen su estado de salud o provocan un riesgo grave en su integridad física o su salud. Para aquellos procedimientos considerados riesgosos, se requiere el consentimiento del adolescente con la asistencia de sus progenitores inclinándose, en caso de conflicto entre ambas posiciones por el criterio del interés superior ya expresado, en base a opinión médica relacionada con las consecuencias de la realización o no del acto propuesto.

A partir de los 16 años, el adolescente es considerado como adulto para las decisiones atinentes del cuidado de su cuerpo y salud salvo que el grado de madurez alcanzado no le permita valorar la información recibida y, por ende, actuar en consecuencia

En caso de conflicto, el profesional médico debe elevar el caso al Comité de Ética Institucional para que, conforme a las disposiciones y valoración de los principios en juego, definan la conducta a seguir y la eventual judicialización.

Personas con restricción de la capacidad

La restricción de la capacidad resulta de una evaluación multidisciplinaria dispuesta por autoridad judicial ante caso específicos quedando expresamente consignados el tipo de acto que la persona puede ejercer o consentir y, en su defecto, la representación legal que dará aval a los mismos cuando la persona con esa restricción o inhabilitación no lo puede realizar. Por ende, para dichos casos, el consentimiento informado deberá ser otorgado por el paciente o sus representantes legales en función de los alcances de la restricción otorgada. Aún en el supuesto que el consentimiento sea otorgado por el representante legal, se debe procurar que el paciente participe, en la medida de las posibilidades, de la información del procedimiento a realizar como forma de respetar sus derechos y, a la vez, que pueda disipar temores o dudas colaborando con la prueba a realizar.

Consentimiento informado por representación

Se encuentra admitida esta posibilidad en nuestra legislación cuando la persona se encuentra impedida por razones físicas o psíquicas de otorgar la autorización, y esta puede ser brindada por el representante legal, el cónyuge, la persona conviviente, parientes o allegado que lo acompañe. En caso que el consentimiento deba ser prestado por personas que se encuentran en el mismo orden de prelación (ambos padres, hermanos, hijos mayores de edad), la sola oposición de una de ellas implica la intervención del comité de ética institucional para definir conforme a los criterios y principios del caso.

Consentimiento en personas con dificultades idiomáticas para comprender la información otorgada

Para el caso, a fin de garantizar que la información sea accesible de modo integral al paciente, se considera necesario que se provea en el idioma de referencia del mismo, especialmente por acompañante que posea dominio del idioma español (para poder transmitir de manera fehaciente las explicaciones que el profesional asistente provea) y que, bajo autorización del paciente, participe en las fases ya indicadas del proceso de consentimiento informado. En su defecto, una opción pertinente (en muchos casos de preferencia) es el contacto con la representación diplomática consular del país de origen del paciente, por ser quien vela por los derechos del mismo en el territorio nacional. La provisión de la información por parte de profesionales médicos en el idioma del paciente (v.g.: inglés), si bien puede ser consignada, requeriría un documento en ambos idiomas teniendo en cuenta que el consentimiento informado debe ser expresado en la lengua oficial (español). No resulta recomendable el uso de dispositivos electrónicos informáticos de traducción habida cuenta de posibles errores en la traducción y, sobre todo, porque lo que se requiere es la comprensión de la información para autorizar o rechazar el acto propuesto y, en caso de expresión en otras lenguas, podría verse afectados por giros o expresiones locales o de dificultosa traducción. Solamente sería aceptable la información otorgada por el profesional que realizará el procedimiento en el idioma del paciente, cuando aquel domine a la perfección la lengua en la cual se brinda la información y, de ser posible, se cuente con testigos (integrantes del mismo equipo de salud) que posean igual idoneidad idiomática que el médico asistente. No obstante, este recurso resulta ser el último aplicable, en caso de no mediar traductor oficial o persona de confianza del paciente. Esta

situación, las razones por las cuales se brinda la información en otro idioma y el documento que da cuenta de este impedimento deben quedar consignados en la historia clínica correspondiente.

En similar sentido debería actuarse en caso de requerirse el consentimiento en persona que se expresa en un idioma propio de su pertenencia étnica, así será esencial contar con persona de confianza del paciente para que oficie de nexo de explicación entre lo indicado y la decisión, consultas, dudas y decisiones del paciente debiendo obrar en el consentimiento los datos de la persona que actúa como traductor, los motivos por los cuales se debió recurrir a su colaboración, la información brindada y la decisión del paciente.

En el caso de personas que se expresen mediante lenguaje de señas u otra modalidad equivalente por razones intrínsecas, la primera opción sería proveer la información de modo escrito (si el paciente puede darse a entender por esa vía), intercambiar dudas, respuestas, consultas y explicaciones por esa vía y dejar asentada la decisión en el documento, adjuntando la totalidad de lo que hubiera conformado el procedimiento. De no ser factible recurrir a esta vía se podrá contar, en caso de autorización del paciente, con la colaboración de familiares o allegados que faciliten la comunicación o, en su defecto, de entidades de asistencia a personas con limitaciones o impedimentos en la comunicación verbal y que dominen el lenguaje de señas. Todo lo actuado, como así también los datos de las personas o entidades intervinientes deben quedar asentado en el respectivo documento.

En ningún caso en los que se requiera el consentimiento informado debe suponerse la aceptación del paciente sin haber cumplido con los requisitos formales (explicación, manifestación de aceptación de la persona) aún cuando ya se ha efectuado con anterioridad el mismo procedimiento. El beneficio para el paciente, la necesidad terapéutica, la suposición que la concurrencia a un servicio de Cardiología implica la aceptación de los procedimientos que allí se indiquen o cualquier otra condición que lleve a considerar una aceptación implícita, no posee valor en la medida que, para cada acto o estudio se requiere la correspondiente expresión de voluntad del paciente, salvo que hubiere manifestado previamente o en un único acto, la aceptación formal para todos los procedimientos que el profesional actuante considere necesario o que rechace formalmente recibir información dejando al arbitrio del galeno la decisión sobre la realización según su leal saber y entender.

No obstante, ello, por tratarse la prueba ergométrica graduada de un procedimiento que requiere una explicación sobre su modo de realización dado que requiere la participación y colaboración del paciente, es recomendable igualmente expresarle en que consiste el procedimiento, sus alcances y condiciones como así también dejar asentado la conformidad del paciente para ese acto.

Información previa

El contenido de información que debe brindarse al paciente estará condicionado a una serie de factores tales como capacidad del paciente de comprender la explicación en virtud de factores como el grado de instrucción alcanzado, el nivel cultural, el lenguaje de uso cotidiano, la edad, el estado psicoafectivo entre otros. No debe suponerse que el paciente conoce los alcances del procedimiento por el hecho de ya habérselo efectuado con anterioridad (surge en ocasiones la mención a expresiones tales como “nunca me lo explicaron”, “no recuerdo de que se trata”, “hace mucho que me hice una ergometría”, “creo que alguna vez me la hicieron”). La información provista debe ser actualizada, y aún en el caso que el paciente la haya realizado en un lapso de tiempo cercano al momento actual, puede que, por distintos motivos, tenga objeciones, dudas, o simplemente dese formular consultas que con anterioridad no había formulado.

De tal modo, salvo que el paciente exprese su deseo de no recibir información, esta debe ser brindada en forma clara, accesible a su nivel cultural y en cantidad que el paciente considere suficiente para aceptar o rechazar la realización de la prueba. La información básica debe contener mención al procedimiento, como se realiza, que tipo de colaboración se requiere del paciente, cuánto dura, que sucedería en caso de presentar síntomas o signos de cualquier índole, la presencia continua de profesional que la realiza acompañando y controlando el desarrollo de la prueba, la posibilidad de ser interrumpida ante el pedido de aquel o a criterio médico, los efectos que puede evidenciar durante y a posteriori de la prueba, las conductas a adoptar en tales casos, la indicación precisa respecto de la continuidad de los tratamientos farmacológicos o de otra índole que el paciente realice con asiduidad, recomendaciones sobre las acciones habituales (laborales, de esparcimiento, académicas) del mismo y la no interferencia de las mismas por haberse realizado la prueba, la necesidad de control y evaluación posterior al estudio por parte de su médico de cabecera (de no haber sido este quien realizó la prueba ergométrica), los beneficios que la realización del procedimiento suele presentar, los resultados a los que se puede arribar, objetivos que persigue como así también procesos o patologías que no descarta o confirma, y toda otra información que, acorde al caso y a criterio médico deba proveerse como así también requerir si posee dudas o consultas que desee formular.

Suele ser recomendable, como garantía de comprensión de la información brindada, especialmente en casos en los cuales podrían quedar dudas al respecto, que el profesional le consulte al paciente que es lo que ha entendido y como cree que se realizará el procedimiento. De tal forma, si la devolución formulada por el paciente no es la adecuada, antes de iniciar la prueba, debería reformularse la explicación hasta tanto quede garantizada

la comprensión.

Un punto importante en la información se relaciona con los riesgos. Como en todo consentimiento informado, debe informarse de aquellos que resultan los más frecuentes y los más graves conforme al estado actual del conocimiento médico. Si bien no hay un porcentaje de frecuencia o gravedad de riesgos a partir de los cuales se deban informar, cabe suponer que la información debería ser la más completa posible en función del caso. Es de destacar también la necesidad de mención que puede surgir otras complicaciones no previsibles o habitualmente infrecuentes siendo esta la forma de cumplimentar la naturaleza de las obligaciones profesionales en materia de información, vale decir en base a obligaciones de medios y no garantía de resultados (no se debe descartar o manifestar la ausencia absoluta de riesgos aún bajo el argumento que nunca han ocurrido en ese centro asistencial o a ese profesional como así también minimizar esa posibilidad en base a la edad o antecedentes del paciente).

En el contexto de la información brindada previo a obtener el consentimiento, es necesario que el profesional que habrá de realizar la prueba ergométrica graduada consulte al paciente sobre antecedentes médicos, medicación que tiene prescrita y su cumplimiento (o no), otras patologías y toda aquella información que considere necesaria para saber si el acto a realizar puede encontrar contraindicaciones o requiere algún control previo. Ello aún en el caso de habersele provisto al paciente en el momento de solicitar el turno correspondiente de la información o recomendaciones al respecto. Debe considerarse que, el hecho de haberle entregado folletería o información adecuada previamente no garantiza su cumplimiento, de allí la necesidad de su corroboración en la fase informativa del consentimiento.

Si bien en la actualidad, el desarrollo tecnológico e informático han alcanzado un desarrollo notable, sigue siendo de aplicación práctica y legalmente recomendable que el consentimiento informado este contenido en formato físico (papel) para dejar asentado la firma, aclaración y documento del paciente, firma y sello del médico que lo realiza y la totalidad de información que ha formado parte del acto referido.

Consentimiento informado en pacientes con patologías o en estudio vs. Consentimiento informado en personas que se encuentran en estudio para obtener un certificado de apto médico

Los criterios esenciales del consentimiento no difieren sustancialmente según el alcance u objetivo del estudio. La obligación de información persiste en ambos ejemplos, como así también las modalidades y previsiones ya comentadas. El hecho de tratarse de un control de salud o de un estudio confirmatorio o evolutivo de un proceso patológico no modifica lo sustancial del procedimiento. La única diferencia estaría en la mención de las causas por las cuales se efectúa la prueba en la introducción (aclarando si es parte de un control de salud destinado a un certificado de aptitud física, si es un estudio a realizar en el contexto de un examen laboral, si ha sido requerido por médico de cabecera o a criterio de quien lo realiza por razones diagnósticas, evaluativas de proceso evolutivo, como complemento de otras futuras prácticas médicas, o por la causa que lo motive).

Consentimiento informado ante pruebas ergométricas graduadas en deportistas del alto rendimiento

De modo similar a lo comentado en el punto anterior, la información básica a proveer no debería diferir de otros casos no vinculados a la práctica profesional o amateur de alto rendimiento. Solo debería agregarse en los objetivos del estudio los fundamentos científicos y reglamentarios que exigen su realización efectiva.

Advertencias en el consentimiento

Así como debe informarse, en el contexto de la fase explicativa, que la prueba podrá ser interrumpida por criterio médico en caso de necesidad o cuando haya alcanzado los objetivos puntuales para el caso, esta información debe quedar expresada en el mismo documento firmado de modo de dejar asentado el control continuo y la intervención médica de corresponder ante complicaciones que fueran explicadas o que se presentaran.

Conveniencia de un consentimiento informado por escrito vs. La sola expresión verbal

La ley 26529 (ley de derechos del paciente en su relación con profesionales de la salud y con instituciones sanitarias) exige con carácter obligatorio el consentimiento por escrito, entre otros casos, para procedimientos diagnósticos o terapéuticos que conlleven riesgos. Considerando que, aún en baja frecuencia, los riesgos de complicaciones que puedan presentar están descriptos, es parte de la *lex artis* la confección del consentimiento informado por escrito antes de la realización de la prueba. Tal como se expresó con anterioridad, si el paciente prestó su conformidad y el estudio no se ha realizado o ha sido diferido por cualquier causa, al momento de llevarlo a cabo debería requerirse un nuevo consentimiento si el paso del tiempo, las condiciones clínicas del paciente o cualquier otra razón a criterio médico, hace que las condiciones pudieran diferir y por ende deba actualizarse de modo completo la información. Idéntico criterio cabe adoptar en caso que un paciente hubiera

rechazado la práctica y luego modifica su decisión. En tal situación debe efectuarse un consentimiento nuevo si a criterio profesional el paso del tiempo o las condiciones del paciente así lo ameritan, dejando constancia de la revocatoria que el paciente realiza de una negativa previa.

En el supuesto inverso (aceptación para luego rechazarlo), debe dejarse constancia en el consentimiento que la prueba no se efectuó por decisión del paciente al cual se le requiere que deje constancia en el mismo formulario que decide modificar su decisión y que toma conocimiento y comprensión de los riesgos o efectos sobre su diagnóstico, tratamiento o evaluación que tiene tal decisión, agregando la correspondiente firma y aclaración al pie.

Formalidades de llenado del consentimiento informado

El consentimiento informado, además de representar el acto formal de cumplimiento de una obligación, constituye una parte integrante de la historia clínica. Por ello todas las condiciones normativas al respecto rigen de igual manera para el consentimiento (prohibición de tachaduras, enmiendas no salvadas, textos ilegibles o ambiguos, textos o imágenes superpuestas, apartados a completar en blanco, no cruzados por líneas oblicuas que impidan agregados, ausencia de datos sobre el paciente, firmas, aclaraciones, o toda forma que permita considerarlo incompleto, fraudulento o viciado o nulo). Puede confeccionarse en formato papel con la impresión previa de la información brindada, de las preguntas formuladas y respuestas otorgadas como así también las observaciones que fueran pertinentes. De la misma forma puede formularse por escrito consignando a mano lo anterior debiendo ser necesario que la mención sea legible en todos los casos.

Dado que conforma la historia clínica como parte esencial de la misma, su tiempo de custodia y guardado es el mismo que el exigido para tal documental

