

Ergometría en la Medicina del Deporte. Aportes al control del entrenamiento en Cuba

Ergometry in Sports Medicine. Contributions for the control of training in Cuba

María Elena González Revuelta^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-7019-6414>

¹Instituto de Medicina del Deporte, Departamento Docente. La Habana, Cuba.

^{1*} Autora para la correspondencia: mariae.gonzalez@inder.gob.cu

RESUMEN

Introducción: la evaluación funcional del rendimiento deportivo se vio muy afectada a finales de los años 90 debido al déficit tecnológico, así como a otras limitaciones metodológicas relacionadas con el diseño de los protocolos ergométricos que se utilizaban en las pruebas de esfuerzo. **Objetivo:** describir la evolución experimentada por la evaluación funcional del rendimiento, y sistematizar desde una perspectiva cronológica los resultados en cuanto al diseño de protocolos ergométricos originales, aplicados en el control médico deportivo a partir del nuevo milenio en el Instituto de Medicina del Deporte. **Materiales y Métodos:** Se realizó una revisión documental procedente de archivos del Instituto, así como de los principales resultados del proyecto de investigación “Control médico del entrenamiento en condiciones de laboratorio y terreno” desarrollado en el Instituto durante el periodo 2000-2007. **Resultados:** se exponen los principales aspectos tenidos en cuenta desde el punto de vista metodológico para la confección de nuevos protocolos ergométricos como parte del control médico del entrenamiento a partir del nuevo milenio. Se citan algunos resultados de la producción científica que establecen pautas para aplicación de los protocolos confeccionados. **Conclusiones:** se brinda, desde una perspectiva temática y cronológica, los resultados obtenidos en cuanto al diseño de los protocolos ergométricos aplicados en el control médico del entrenamiento a deportistas de alto rendimiento a partir del nuevo milenio. Se pone de manifiesto la importancia de algunas investigaciones pioneras en este campo, así como sus aportes a la Especialidad de Medicina del Deporte y a la Maestría de Control Médico del entrenamiento.

Palabras clave: ergometría; protocolos ergométricos; rendimiento funcional aerobio anaerobio.

ABSTRACT

The functional evaluation of sports performance was greatly affected in the late 1990s due to technological deficits, as well as other methodological limitations related to the design of the ergometric protocols used in stress tests. **Objectives** Describe the evolution experienced by the functional evaluation of performance, and systematize from a chronological perspective the results regarding the design of original ergometric protocols, applied in sports medical control from the new millennium in the Institute of Sports Medicine. **Materials and Methods:** a documentary review from Institute archives was carried out, as well as the main results of the research project "Medical control of training in laboratory and field conditions" developed at the Institute during the period 2000-2007. **Results:** the main aspects taken into account from the methodological point of view for the preparation of new ergometric protocols as part of the medical control of training from the new millennium are exposed. Some results of the scientific production are cited that establish guidelines for the application of the protocols made. **Conclusions:** from a thematic and chronological perspective, the results obtained in terms of the design of ergometric protocols applied in the medical control of training for high-performance athletes from the new millennium are provided. The importance of some pioneering research in this field is highlighted, as well as its contributions to the Specialty of Sports Medicine and the Master's Degree in Medical Control of training.

Keywords: ergometry; ergometry protocols; aerobic-anaerobic functional performance.

Recibido: 1^o/10/22

Aprobado: 21/11/22

INTRODUCCIÓN

Quizás una de las tareas más importantes que se ha venido desplegando en el Instituto de Medicina del Deporte (IMD) desde su creación, como un pilar sustancial para el desarrollo del Control Médico del Entrenamiento Deportivo, ha sido el trabajo realizado en el

laboratorio de Pruebas funcionales cardiorrespiratorias. Sin embargo, probablemente este trabajo ha sido desconocido, o no suficientemente valorado, en la red de Medicina del Deporte de nuestro país, quedando muchos de sus logros encubiertos u olvidados en el tiempo.

Resulta por lo tanto un compromiso con las generaciones que nos antecedieron y que iniciaron este trabajo, así como con las generaciones presentes y futuras, poner de manifiesto la evolución del trabajo realizado en este campo durante los últimos 50 años, con la intención de que el mismo pueda ser reconocido y ocupe el lugar que le corresponde en la historia de esta institución y de la red nacional de Medicina del Deporte en Cuba, sirviendo de ejemplo e incentivo para su continuidad y mejoramiento en los años futuros.

El objetivo de esta revisión es dar a conocer la evolución del trabajo realizado en el campo de la ergometría en el IMD desde su fundación, así como sistematizar desde una perspectiva cronológica los resultados en cuanto al diseño de protocolos ergométricos originales, aplicados al control médico deportivo a partir del nuevo milenio. Igualmente pretende poner de manifiesto la importancia de algunas investigaciones pioneras en este campo, sus perspectivas futuras y su contribución a la formación del capital humano en la especialidad de Medicina del Deporte.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha realizado una revisión de documentos inéditos procedentes de archivos del IMD que abarcó los últimos treinta años del siglo pasado, con la intencionalidad de encontrar información relacionada al trabajo desarrollado en los laboratorios de pruebas funcionales cardiorrespiratorias del Instituto, así como de las características de las diferentes etapas por las que transitó este trabajo en ese periodo. Igualmente se han tenido en cuenta los principales resultados del proyecto de investigación “Control médico del entrenamiento a través de pruebas de laboratorio y terreno”, aprobado por el Instituto, y llevado a cabo en el período 2000-2007 en el Laboratorio de Pruebas de esfuerzo de esta institución, el que para poder ser llevado a cabo hasta su culminación requirió de un conjunto de acciones metodológicas las cuales se describen en el desarrollo de este artículo, y que culminaron en la realización de protocolos ergométricos para los diferentes grupos de deportes. Se han tenido también en cuenta para la realización de este artículo, la revisión retrospectiva de tesis de especialidad de Medicina del Deporte, de Maestría en control médico del

entrenamiento y de Doctorado en Ciencias Médicas, así como del documento de Consenso del Laboratorio de esfuerzo del IMD, todos los cuales han constituido salidas del proyecto de investigación antes citado y que reflejan los resultados obtenidos de la aplicación de los protocolos ergométricos confeccionados.

DESARROLLO:

Antecedentes: Creación del Instituto de Medicina del Deporte y de la Especialidad de Medicina Deportiva en Cuba¹.

El 23 de febrero de 1961, se promulgó en Cuba la ley de constitución del Instituto Nacional del Deporte, Educación Física y Recreación (INDER), con el objetivo esencial de incorporar a las grandes masas del pueblo a la Educación Física, el deporte y la recreación saludable.

Con la creación del INDER, el país sentó las bases para el desarrollo de un potente movimiento deportivo nacional que, con el paso de los años, ha llevado a Cuba a ubicarse en los primeros planos a nivel internacional.

En 1960 se crea el Departamento Médico del organismo deportivo, que contaba con consulta médica, consulta estomatológica, farmacia, laboratorio y servicio de fisioterapia, y en el cual se desarrollaba una labor puramente asistencial. Conformaban ese departamento entre otros los doctores Raúl Mazorra Zamora, su director, junto a Julio Escobar, René Iglesias y Eduardo Graupera. En 1961 comienzan a adiestrarse en Medicina del Deporte los primeros médicos cubanos en el antiguo campo socialista.

El 20 de julio de 1966 se oficializa por el Ministerio de Salud Pública la especialidad de Medicina del Deporte y la Cultura Física y se constituye el Instituto de Medicina del Deporte (IMD), que comienza a funcionar el 3 de diciembre del propio año, por la Resolución 500/1966 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros de la República de Cuba.

En 1967 comienza en el país la formación de los primeros especialistas en Medicina del Deporte y en 1970 se gradúan las dos primeras especialistas de la rama en el país, las Doctoras Gladys del Pilar Castellanos Delgado y Mercedes González Díaz. Se instaura, asimismo, el servicio de Traumatología del Deporte en el Hospital Docente Frank País, el cual se ha mantenido funcionando hasta la fecha.

Desde sus inicios, el IMD contó con un destacado colectivo de compañeros especialistas, residentes, enfermeros y técnicos. Entre 1975 y 1978 la institución se categoriza como Unidad de Ciencia y Técnica adjunta a la Academia de Ciencias de Cuba, comienza el desarrollo de la Medicina del Deporte en cuatro provincias, se participa en la solución de problemas del deporte y la salud unido al Ministerio de Salud Pública, se comienza la validación de técnicas novedosas en el sector de Nutrición y Deporte y la salud nutricional de la población; se trabaja en el proceso de obtención de grados científicos, se incrementa la integración médico-biológica y psicológica en el control del entrenamiento deportivo y se acrecienta su representación en Federaciones Internacionales, Sociedades, Confederaciones y Comisiones Científicas Nacionales e Internacionales.

En la década del 80 se crean los Círculos de Abuelos por el Dr. Raúl Mazorra Zamora, como un destacado aporte de la Medicina Deportiva y la Cultura Física a la salud comunitaria.

En 1982 se establecen las bases y se crean los Centros Provinciales de Medicina del Deporte, ya para esta fecha el IMD había logrado graduar 74 especialistas de Medicina del Deporte y recalificar a numerosos técnicos en las áreas de Desarrollo Físico, Nutrición, Evaluación Cardiovascular, Pruebas Ergométricas, Pruebas Neuromusculares y Fisioterapia. Desde su fundación y hasta la actualidad, el IMD ha sido la institución rectora de la Especialidad de Medicina del Deporte, y ha continuado ampliando y desarrollando sus servicios para estar a la altura del crecimiento experimentado por el deporte revolucionario a través del tiempo.

Importancia de la Evaluación funcional del deportista como parte del Control Médico del entrenamiento.

La Medicina del Deporte y la Cultura Física es la especialidad médica encargada de mantener en forma óptima la salud del deportista, en todos sus aspectos, biológico, psicológico y social brindándole una atención preventiva integral para lograr su mayor rendimiento deportivo sin lacerar su salud ni su ética. Esta especialidad se proyecta en dos esferas sociales muy importantes.

En su primera esfera, la Medicina del Deporte desempeña un papel de suma importancia al llevar a cabo un estricto control biomédico del entrenamiento deportivo. En la segunda, la especialidad se ocupa de la aplicación de la actividad física en beneficio de la profilaxis, terapéutica y rehabilitación de un grupo de afecciones, como las enfermedades crónicas no transmisibles, y su utilización científica en la promoción de la salud, diferenciando sexo y edad de los participantes.

En relación al rol que juega la Medicina del Deporte en la atención al atleta de alta competición, ya se ha mencionado su papel en la elevación del rendimiento deportivo.

El rendimiento deportivo depende de la interacción de factores genéticos, estructurales, fisiológicos, biomecánicos y psicológicos que se traducen en capacidades motrices y funcionales, potenciadas al máximo a través del entrenamiento, proceso pedagógico que induce adaptaciones sistemáticas a las cargas físicas contribuyendo a mejorar las capacidades funcionales que determinan el rendimiento^{2,3}, (Figura 1).

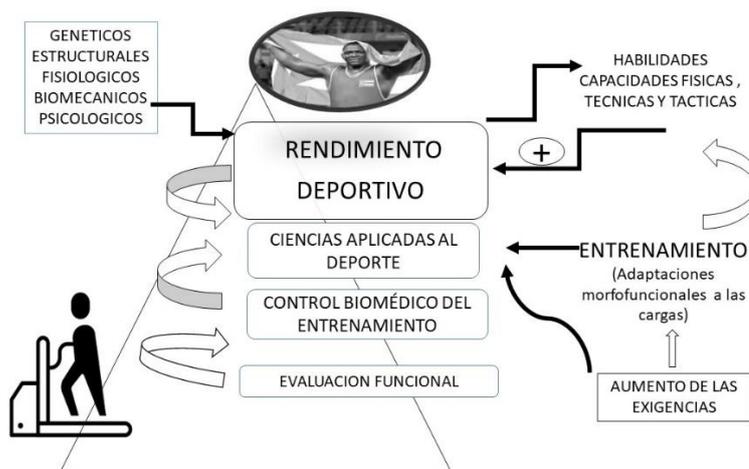


Figura 1. Integración de factores y elementos que influyen en el rendimiento deportivo. Papel de las ciencias aplicadas al deporte, del control biomédico del entrenamiento y de la evaluación funcional de los deportistas como base científica del rendimiento deportivo.

Fuente: Elaboración propia.

Los destacados resultados obtenidos en los últimos años en el ámbito deportivo, dependen de la interacción de los diversos factores antes señalados, pero también en gran medida son reflejo de una constante elevación de las exigencias en la preparación de los deportistas, generándose la necesidad de la integración de los conocimientos que aportan las diversas especialidades, y de esta forma poder conducir la preparación deportiva sobre bases científicamente fundamentadas, donde el control sistemático del desarrollo de las capacidades motrices constituye la vía idónea para lograr que la preparación de los deportistas se realice en correspondencia con los objetivos.

Por esta razón resultan indispensables las investigaciones que permitan, no solo la minuciosa caracterización morfofuncional de los deportistas, sino también, una elevada calidad del diagnóstico funcional de su rendimiento y así contribuir a incrementar las posibilidades del éxito⁴.

Un lugar importante, dentro del conjunto de acciones necesarias para lograr cada vez mejores resultados deportivos, lo ocupa la calidad con que se realice el control médico del entrenamiento deportivo donde la valoración funcional del deportista ocupa un relevante lugar⁴.

La evaluación funcional se concreta en la evaluación objetiva de las capacidades funcionales de un sujeto para realizar una tarea deportiva o motriz. Dicho proceso requiere el registro y la medición (cuantificación) de una o más variables e indicadores fisiológicos, mediante la realización por parte del sujeto, de una o varias tareas motrices determinadas, las que en su conjunto se denominan test o pruebas funcionales ergométricas; ellas constituyen un elemento crucial en el sistema de valoración funcional⁴.

Una planificación y realización adecuada de las pruebas de laboratorio y de terreno, así como el análisis periódico de los resultados que en ellas se obtengan, de conjunto con el entrenador, podrán brindar elementos de gran valor para efectuar un diagnóstico funcional óptimo del rendimiento de cada deportista, según las etapas del macrociclo en que se encuentren, así como establecer las recomendaciones pertinentes al plan de entrenamiento.

En relación con el control médico del entrenamiento deportivo se debe reconocer el importante papel que desempeñan las ciencias aplicadas al deporte sin las que sería imposible sustentar sobre una base científica el control biomédico del entrenamiento.

Etapas de tránsito de la evaluación funcional del rendimiento en el IMD durante las tres últimas décadas del siglo XX¹.

Primera Etapa:

El control médico del entrenamiento deportivo se limitaba a la realización del electrocardiograma (ECG) y pruebas funcionales respiratorias, a través de las cuales solo se descartaban enfermedades; además se realizaban pruebas que medían la recuperación de los deportistas, como el test de Letunov, pero en esta etapa no se determinaba el consumo máximo de oxígeno, variable fundamental para el control médico del entrenamiento deportivo.

Segunda Etapa:

Se incorpora la utilización de la prueba ortostática para determinar los cambios neurovegetativos en el sistema cardiovascular, así como de las pruebas ergométricas con veloergómetro para evaluar el indicador PWC 170, con lo que se determinaba el consumo máximo de oxígeno, de forma indirecta.

Tercera Etapa

Se realizaba la determinación directa del consumo máximo de oxígeno, al inicio con el equipo Spyrolit, luego con el Oxycon y por ultimo con el ergoanalizador de gases de la Jaeger, incorporado a una estera rodante o con bicicleta ergométrica eléctrica, todo computarizado, para determinar consumo máximo de oxígeno, umbral anaeróbico y, durante la recuperación, la deuda de oxígeno con sus fases alactácida y lactácida, lo cual permitía brindar al entrenador información acerca de cómo conducir el entrenamiento para lograr obtener los objetivos que se proponía.

Durante la tres etapas antes descritas por las que transitó la evaluación funcional del rendimiento deportivo en el laboratorio de Pruebas funcionales cardiorrespiratorias del IMD, correspondientes a las tres últimas décadas del siglo pasado, se produjeron importantes logros deportivos, que permitieron posicionar a los deportistas cubanos en un lugar elite a nivel internacional, y donde sin lugar a dudas, el control médico del entrenamiento llevado a cabo durante esos años contribuyó de forma significativa.

Evolución de la ergometría como parte del control médico del entrenamiento en el IMD a partir del nuevo milenio.

Algunos años antes de que finalizara el pasado milenio, la riqueza tecnológica con que contaba el IMD al principio de la década de los años 80, se fue deteriorando. La situación financiera que imperaba en esos momentos en el país, como consecuencia del bloqueo económico impuesto a Cuba, fue creando un gran déficit tecnológico, pues resultaba imposible adquirir piezas de repuesto para reparar los equipos deteriorados por el uso; así mismo, resultaba imposible la adquisición de nuevos equipamientos. Esa realidad fue provocando una obsolescencia tecnológica que evidentemente abrió una brecha en el desarrollo que se había logrado en relación con la evaluación funcional de los deportistas; ello imponía un freno para continuar trabajando con igual énfasis y calidad en pos de mantener importantes resultados deportivos. Sin embargo, la falta de tecnología no podía obstaculizar el proceso de evaluación funcional de los deportistas.

Por estas razones a finales del año 1999, y a solicitud de la Dirección de Alto Rendimiento del INDER, se diseñó y aprobó un Proyecto de investigación en el Instituto de Medicina del Deporte, que se denominó “Control médico del entrenamiento en condiciones de laboratorio y terreno”.

Esta fue la respuesta ante la necesidad de perfeccionar la batería de recursos empleados para medir y evaluar el rendimiento funcional de los deportistas, como parte del control médico del entrenamiento deportivo.

Una tarea del proyecto dirigió sus objetivos al perfeccionamiento de las pruebas funcionales de laboratorio, entre ellos las del Laboratorio de Pruebas de Esfuerzo del Instituto de Medicina del Deporte.

Por otra parte, el nivel de los logros que venían alcanzando los deportistas de combate, tanto en el ámbito nacional como internacional, determinó la necesidad de continuar profundizando en las bases científico metodológicas del entrenamiento y así mantener ubicados a los deportistas cubanos en una posición elite a nivel internacional.

Por estas razones el colectivo de investigadores que formaban parte del proyecto acordó unánimemente comenzar con el estudio de este grupo de deportes.

En el caso específico del laboratorio de pruebas de esfuerzo, se decidió llevar a cabo una tarea de investigación que permitiera dar solución a la problemática existente en relación a la tecnología, ya que se disponía solamente de una bicicleta Monark, y por otro lado intentar mejorar algunos problemas metodológicos identificados, ya que tampoco se disponía de protocolos ergométricos que resultaran de utilidad para evaluar a los deportistas de combate y que cumplieran en alguna medida con el principio de especificidad que se requiere para este fin, ya que los protocolos existentes en ese entonces eran muy generales, no tenían en cuenta las categorías de peso para la dosificación de las cargas, no se consideraban las características específicas de los “combates tipo” en cuanto a duración de las acciones y la existencia de pausas entre estas, ni tampoco se atendía a la intensidad relativa de los combates a medida que el tiempo transcurría.

Se puede afirmar entonces que dicha tarea surge ante la necesidad de introducir métodos indirectos para realizar el diagnóstico funcional del rendimiento aerobio anaerobio de los deportistas de combate, como parte del control médico en el deporte de alto rendimiento, y como una alternativa a implementar ante la problemática existente.

El objetivo general que se trazó fue proponer una metodología para evaluar de forma indirecta, en condiciones de laboratorio, el rendimiento funcional aerobio anaerobio de deportistas de combate.

Entre las tareas que se acometieron para poder llevar a cabo la investigación estuvieron las siguientes:

Entrevistas a médicos especialistas en Medicina del Deporte, lo que permitió reunir elementos relacionados con el control médico en las diferentes disciplinas que integraban el grupo de deportes de combate.

Se diseñaron tentativamente esquemas ergométricos para algunos deportes de combate, que tenían en cuenta las características específicas de los “combates tipo” en cuanto a duración de las acciones y la existencia de pausas entre estas.

Se efectuó el cálculo de esfuerzos relativos según categorías de peso en escalones de carga, así como el análisis de las pendientes de carga por escalones para la elaboración de protocolos.

Se realizaron pruebas ergométricas de ensayo y observación estricta de su desarrollo y resultados.

Se tuvieron en cuenta los criterios de expertos, para determinar la validez de apariencia y de contenido de la metodología.

Se consideraron los criterios de los usuarios que colaboraron en las pruebas piloto y así poder valorar la utilidad de la metodología para caracterizar a los deportistas, como parte del proceso de control médico del entrenamiento.

Se aplicaron técnicas estadísticas para comprobar la confiabilidad y la validez de las evaluaciones llevadas a cabo, durante la fase de ensayo de protocolos confeccionados.

El primer deporte del grupo de combate que se estudió fue el boxeo, se estudiaron 42 boxeadores del equipo nacional de Cuba, los que fueron agrupados según categorías de peso en ligeros medianos, pesados y superpesados. Todos los boxeadores fueron estudiados al inicio y final de la preparación general y final de la preparación especial del macrociclo de entrenamiento 2000-2001, con vistas a la preparación para el Campeonato Mundial de Boxeo y los Juegos de Buena Voluntad. Se realizaron un total de 126 pruebas en la bicicleta ergométrica disponible, con un protocolo diseñado específicamente para el boxeo (Figura 2), que quedó conformado en cuatro escalones de dos minutos de duración y un minuto de pausa entre ellos, simulando la cronología del “combate tipo”⁵⁻⁸.

El esquema de cargas se diseñó en dependencia de la categoría de peso y con incrementos por escalones de una magnitud decreciente de la carga, lo que perseguía simular el efecto de la fatiga que se iba presentando en el boxeador a medida que el combate transcurría^{4,5}.

Durante la prueba de esfuerzo, una vez vencidos los cuatro primeros escalones se continuaban incrementando los escalones de 1 minuto de duración y 25 watts de potencia hasta provocar el agotamiento^{4,5}.

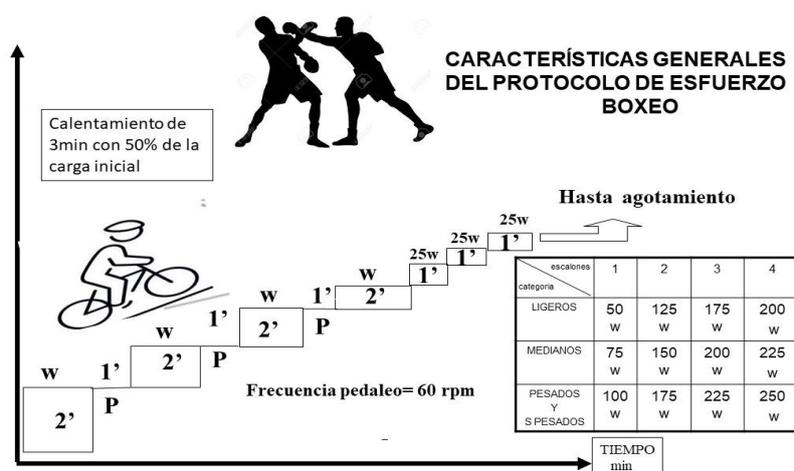


Figura 2. Esquema de protocolo ergométrico diseñado para los boxeadores.

Fuente: Elaboración propia.

Lo novedoso en el diseño de este protocolo, radicó en que se incluyen un conjunto de escalones que remedan el “combate tipo” y luego puede continuarse trabajando hasta el agotamiento por lo que se puede evaluar durante una misma prueba de esfuerzo, tanto las adaptaciones que se producen como consecuencia del entrenamiento, así como el rendimiento funcional durante un test de máximo esfuerzo.

Al estudio realizado con el boxeo en el periodo 2000-2002, le continuaron estudios en otros deportes de combate, como taekwondo, entre 2002 y 2003⁹, la lucha grecorromana en 2003 y 2004^{10,11} y judo durante 2005 y 2006¹². Todos los deportistas de cada uno de estas disciplinas fueron evaluados funcionalmente utilizando los protocolos diseñados específicamente para ellos; así fue posible caracterizarlos en dependencia de sus categorías de peso, de las adaptaciones provocadas por el entrenamiento al inicio y final de la etapa estudiada, y de la respuesta al esfuerzo máximo; se incluyó casi una veintena de variables e indicadores de desempeño, de esfuerzo (pulsometría), así como metabólicos y del rendimiento aerobio, (Tabla I).

Tabla I. Variables e indicadores funcionales determinados durante la prueba de esfuerzo.

Desempeño	Esfuerzo (pulsometría) (pulsómetro marca Polar)	Metabólicos	Aerobios y de eficiencia pulmonar
Número total de escalones vencidos	Frecuencia cardíaca de reposo (l/min)	Concentración de lactato en reposo (mmol/l)	Consumo máximo de oxígeno (MVO ₂) (Litros/min)
Duración de la prueba (min y seg)	Frecuencia cardíaca al final de cada escalón de carga (l/min)	Concentración de lactato en pausas (mmol/l)	Consumo máximo de oxígeno relativo al peso corporal (MVO ₂ /kg.), (ml/kg./min.)
Potencia máxima (watts)	Frecuencia cardíaca al final de las pausas entre escalones (l/min)	Concentración de lactato al 3er y 5to min. de la recuperación (mmol/l)	Pulso de oxígeno (MVO ₂ /FcM), (ml/latidos)
Índice carga peso en el último escalón del protocolo básico (watts/ kg.)	Frecuencia cardíaca al final del esfuerzo máximo (l/min)	Diferencia de lactato (en reposo y en escalones de carga) entre el final y el inicio de la preparación general (mmol/l)	Índice de eficiencia aerobia (Pulso de oxígeno/kg.) (ml/latidos/kg.)
Índice carga peso en el esfuerzo máximo (watts/ kg.)	Diferencia de Fc. (en reposo y en escalones de carga) entre el final y el inicio de la preparación general (l/min)	El Umbral del metabolismo anaerobio, a nivel de los 4 mmol/l	
	% de Recuperación de la Fc. en las pausas		
	% de Frecuencia cardíaca máxima alcanzada en relación a la frecuencia cardíaca máxima predicha según la edad		

Fuente: Elaboración propia.

Paralelamente al estudio realizado en los deportes de combate se fueron diseñando otros protocolos (Figura 3) para deportes de resistencia y juegos deportivos a solicitud de los médicos de equipos nacionales, para utilizarlos en sus investigaciones^{14-23,24-28}.



Figura 3. Deportes de los grupos de Juegos Deportivos y Resistencia para los que se han diseñado protocolos ergométricos.

Fuente: Elaboración propia.

Aunque los deportes de arte competitivo y coordinación, y los de fuerza rápida y velocidad no realizan habitualmente pruebas ergométricas en el laboratorio de Pruebas de Esfuerzo, también se han diseñado protocolos para algunos de los deportes de estos grupos metodológicos por haber sido solicitados para la caracterización funcional de sus deportistas con fines de investigación.

Muchos de estos protocolos han sido utilizados en la caracterización funcional de deportistas de Guatemala, República Dominicana y Venezuela durante los años 2007 al 2012, y sus resultados han sido dados a conocer en publicaciones, tesis de Especialidad y Maestría, a la vez que en múltiples eventos científicos locales e internacionales^{11, 13-16, 18-20, 24-26}.

Todos los protocolos confeccionados han sido recogidos en manuales de procedimientos del Laboratorio de Pruebas de Esfuerzo del IMD entre los años 2014 y 2017. Del último manual se derivó la obra literaria “Rendimiento funcional aerobio anaerobio: Protocolos ergométricos para su evaluación” dedicado a fines docentes e investigativos²⁹ y el Documento de Consenso cubano para la realización de pruebas de esfuerzo cardiorrespiratorias en la red nacional de Medicina del Deporte en el Instituto de Medicina Deportiva de Cuba³⁰.

Con la realización de estos materiales se ha pretendido estandarizar todo el trabajo concerniente a la realización de protocolos de pruebas de esfuerzo para evaluar el rendimiento funcional aerobio anaerobio de deportistas de elite, así como en niños y adolescentes deportistas (Figura 4); y en personas de la población general, en especial practicantes de actividad física sistemática con fines de promoción de salud y Fitness.

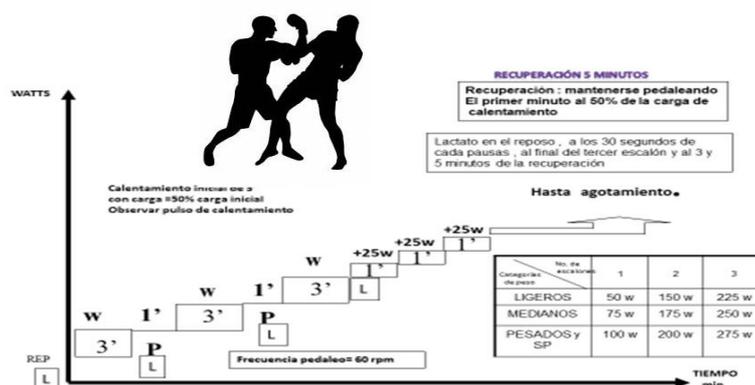


Figura 4. Test ergométrico para evaluar rendimiento funcional aerobio anaerobio en boxeadores juveniles (Reservas deportivas).

Fuente: Elaboración propia.

Los materiales antes citados además de constituir una guía útil para todo aquel personal vinculado a la función de control biomédico de la adaptación a entrenamiento; constituyen a su vez, antecedentes para nuevas investigaciones y bibliografía básica para los residentes y maestrantes en el área de la Medicina del Deporte en el país. Tampoco deben considerarse materiales definitivos, sino que deberán estar sujetos a un perfeccionamiento continuo, a punto de partida de la experiencia de su aplicación en el trabajo sistemático como parte del control médico del entrenamiento deportivo.

CONCLUSIONES

La ergometría en los inicios del nuevo milenio, en el Instituto de Medicina del Deporte en Cuba, ha brindado importantes aportes desde diferentes puntos de vista, entre ellos se destacan los siguientes: desde el punto de vista económico: el diseño de los protocolos ergométricos, así como las variables e indicadores que pueden ser determinados durante la prueba, brindan una alternativa para la evaluación funcional aun cuando no se disponga de un analizador de gases. Desde el punto de vista práctico asistencial: enriquece los métodos diagnósticos del rendimiento funcional a través de pruebas de laboratorio, específicas por deportes. Desde el punto de vista científico: no se reporta en la literatura especializada ningún trabajo con características similares, en cuanto al diseño de los protocolos, y al número de deportes incluidos. Desde el punto de vista pedagógico: aporta conocimientos y habilidades incorporados al Plan de estudio de la Especialidad Medicina del Deporte y de la Maestría en Control Médico del Entrenamiento Deportivo, que enriquecen la formación del

capital humano. Desde el punto de vista social: contribuye con el perfeccionamiento del proceso de preparación deportiva de los deportistas cubanos, al elevar el rigor científico metodológico de dicha preparación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1-Sánchez Martínez AF. La Medicina del Deporte en Cuba. Documento PDF. La Habana: Instituto de Medicina Deportiva. 2018.
- 2-MacDougall JD & Howard AW. The purpose of physiological testing. In: MacDougall JD, Howard AW & Howard JG. (Eds). Physiological testing of the high performance athletes. Human Kinetics; 1991. p.1-5
- 3-González IJ, Villegas GI (Eds). Valoración del Deportista. Aspectos biomédicos y funcionales. Pamplona: Femed; 1999. p. 482-52.
- 4-González ME. Diseño de una Prueba de Esfuerzo para la evaluación funcional del rendimiento en Boxeadores Cubanos de Alto Rendimiento [tesis de maestría]. La Habana: Instituto de Medicina del Deporte. 2002.
- 5-González ME, Almenares ME, Nicot RG. Diseño de una prueba de esfuerzo para evaluar el rendimiento en boxeadores cubanos de elite. Rev.Cub.Med.Dep.&Cult.Fís. 2004; 1(2).
- 6-González ME, Almenares ME, Nicot RG, Amaro JR, González M. Determinación indirecta del rendimiento aerobio en boxeadores cubanos de elite. Revista Antioqueña de Medicina del Deporte. 2005; 7(1-2): 18-27.
- 7-González ME, Nicot RG, Almenares ME, Amaro JR. Utilidad de un test ergométrico para determinar el rendimiento aerobio-anaerobio en boxeadores cubanos de elite. 2005 <http://www.portalesmedicos.com / monografias test ergometrico boxeadores/index.htm>
- 8-González ME, Almenares ME, Amaro JR. Pulso de Oxígeno relativo al Peso Corporal como indicador de la Eficiencia Cardiovascular en boxeadores cubanos de elite. Revista Arrancada. 2005; (8). Facultad de Cultura Física “Manuel Fajardo”, Santiago de Cuba.
- 9-Kindelán S. Diseño de una prueba de esfuerzo para evaluar el rendimiento funcional en taekwondoistas masculinos en condiciones de laboratorio. [tesis de maestría]. La Habana: Instituto de Medicina del Deporte. 2002.

- 10-Moreno U. Diseño de una prueba de esfuerzo para evaluar el rendimiento funcional en luchadores de grecorromana en condiciones de laboratorio [tesis de maestría]. La Habana: Instituto de Medicina del Deporte. 2004.
- 11-Vargas L. Evaluación morfo-funcional de selección juvenil zuliana de lucha grecorromana con vistas a los Juegos Bolivarianos [tesis de maestría]. Barquisimeto, Venezuela: Universidad Rómulo Gallego. 2009.
- 12-González ME. Metodología para evaluar en el Laboratorio el rendimiento funcional aerobio - anaerobio de deportistas de combate” [tesis doctoral]. La Habana: Universidad de Ciencias Médicas. 2007.
- 13-Joaquín TH. Determinación del rendimiento aerobio en ciclistas dominicanos [tesis de maestría] República Dominicana: Universidad Autónoma de Santo Domingo. 2004.
- 14-Joaquín TH, González ME. Rendimiento aerobio en ciclistas dominicanos. Rev.Cub.Med.Dep.&Cult.Fís. 2006; 2(6).
- 15-González ME. Motta PJ, Álvarez C. Potencia y resistencia aerobia en pentatlonistas guatemaltecos por dos métodos diferentes. Reporte de casos. <http://www.portalesmedicos.com>. 2007; II(13).
- 16-Acosta W. Caracterización funcional de atletas del equipo cubano de pentatlón moderno [tesis de maestría] La Habana: Instituto de Medicina del Deporte. 2010
- 17-Acosta W, González ME, Acosta S, Cueto A, Amaro Chelala JR. Caracterización funcional de atletas de pentatlón moderno. Rev.Cub.Med.Dep.&Cult.Fís. 2010; 5 (3). www.revmedep.sld.cu
- 18-Mendoza G. Influencia de la oxigenación hiperbárica en el rendimiento funcional aerobio de ciclistas venezolanos del área larga [tesis de maestría]. Barquisimeto, Venezuela: Universidad Rómulo Gallego. 2012
- 19-Mendoza G, González ME. Influencia de la oxigenación hiperbárica en el rendimiento funcional aerobio de ciclistas venezolanos. Rev.Cub.Med.Dep.&Cult.Fís. 2013; 8(3). www.revmedep.sld.cu
- 20-Mendoza G, González ME. Consumo de oxígeno, capacidad ventilatoria, hemoglobina y hematocrito en ciclistas venezolanos sometidos a oxigenación hiperbárica. Rev.Cub.Med.Dep.&Cult.Fís. 2013. www.revmedep.sld.cu
- 21-Martínez la Rosa R. Características ergoespirométricas de remeros cubanos durante un test máximo de 2000 [tesis de maestría]. La Habana: Instituto de Medicina del Deporte. 2013

- 22-Martínez la Rosa R, González ME Comportamiento de la función cardiovascular de remeros cubanos determinada mediante remoergometría. Rev.Cub.Med.Dep.&Cult.Fís. 2015; 10(3). www.revmedep.sld.cu
- 23-Martínez la Rosa R, González ME. Comportamiento de la función respiratoria en remeros cubanos durante un test remoergométrico de 2000 metros. Rev.Cub.Med.Dep.&Cult.Fís. 2015; 11(1). www.revmedep.sld.cu
- 24-Rangel JG. Rendimiento funcional aerobio en futbolistas juveniles venezolanas sometidas a entrenamiento en altitud moderada [tesis de maestría]. Barquisimeto, Venezuela: Universidad Rómulo Gallegos. 2012
- 25-González ME, Motta PJ, Álvarez C. Caracterización funcional de voleibolistas juveniles guatemaltecos. [http://www.portalesmedicos.com / monografías / voleibolistas guatemaltecos/ index.htm](http://www.portalesmedicos.com/monografias/voleibolistas/guatemaltecos/index.htm). 2005
- 26-González ME, Álvarez C, Motta PJ. Caracterización funcional de futbolistas juveniles Guatemaltecos . [http://www.portalesmedicos.com / monografías /futbolistas guatemaltecos/ index.htm](http://www.portalesmedicos.com/monografias/futbolistas/guatemaltecos/index.htm). 2005
- 27-González ME., Almenares ME, Castellanos P, Obregón H. Efectos del entrenamiento de altura sobre el rendimiento aeróbico de jugadoras del equipo nacional de baloncesto. Rev.Cub.Med.Dep.&Cult.Fís. 2006; 1(5). www.revmedep.sld.cu
- 28-González Revuelta ME, Díaz Gutiérrez Y. Características físicas y funcionales de tenistas de mesa cubanos de élite. Rev.Cub.Med.Dep.&Cult.Fís. 2019; 14(2). www.revmedep.sld.cu
- 29-González Revuelta ME Rendimiento funcional aerobio anaerobio. Protocolos ergométricos para su evaluación. Documento PDF. Instituto de Medicina del Deporte La Habana. 2018. Editorial Deportes (de próxima aparición).
- 30-González Revuelta ME, Díaz Gutiérrez Y. Documento de Consenso cubano para la realización de pruebas de esfuerzo cardiorrespiratorias en la red nacional de Medicina del Deporte. Documento PDF. Instituto de Medicina del Deporte La Habana. 2019.

Declaración de Autoría

María Elena González Revuelta: idea y diseño del estudio, recogida de datos y el análisis e interpretación de ellos; redacción del contenido intelectual y la versión final del manuscrito.

Declaración de Conflicto de Interés

La autora declara no tener ningún conflicto de interés.