

ERGOMETRÍA CARDIOPULMONAR GESTO ESPECÍFICO PARA JUDOCAS ÉLITES

SPECIFIC GESTURE CARDIOPULMONARY ERGOMETRY FOR ELITE JUDOKAS

Recibido el 11 de agosto de 2023 / Aceptado el 12 de diciembre de 2023 / DOI: 10.24310/riccafd.12.3.2023.17443
Correspondencia: Teresita Danayse Duany-Díaz. tduanyd@gmail.com

Duany-Díaz, TD^{1ACDF}; Colás-Viant, M^{2BC}; Padrón-Pérez, AJ^{3BC}

¹ Duany-Díaz, TD. Universidad de Ciencias Médicas de la Habana; Centro de Investigaciones del Deporte Cubano, Cuba, tduanyd@gmail.com.

² Colás-Viant, M. Centro de Investigaciones del Deporte Cubano, Cuba, colasmargiolis@gmail.com.

³ Padrón-Pérez, AJ. Centro de Investigaciones del Deporte Cubano, Cuba, aaapadronjudo@yahoo.es.

Responsabilidades

^A Diseño de la investigación. ^B Recolector de datos. ^C Redactor del trabajo. ^D Tratamiento estadístico. ^F Idea original y coordinador de toda la investigación.

RESUMEN

La ergometría en el judo se realiza a través de protocolos sobre tapiz rodante o cicloergómetro. Para hacerla más parecida a los gestos técnicos del deporte, es preciso la remodelación protocolar ergométrica. Se diseñó un protocolo ergométrico que simuló movimientos definidos en el judo (ergometría gesto específica), para evaluar los parámetros cardiorrespiratorios. Participaron ocho judocas del Equipo Nacional Cubano de Judo, de ambos sexos; edades: 19 - 31 años. Se les realizaron dos pruebas de esfuerzo máximo (en tapiz y en remoergómetro con manga y solapa ajustadas). De los parámetros cardiorrespiratorios registrados, las medias que resultaron superiores en la gesto específica fueron: la frecuencia cardíaca máxima [$178 \pm 9,3$ vs $179 \pm 7,9$ (latidos/minuto), $p=0,04$]; el consumo máximo de oxígeno [$4,3 \pm 1,4$ vs $4,7 \pm 1,1$ (L/minuto), $p=0,01$] y el relativo [$51,3 \pm 16,8$ vs $55,5 \pm 14,6$ (ml/kg/minuto), $p=0,01$]; el equivalente metabólico [$14,9 \pm 4,7$ vs $16,3 \pm 3,8$ (METS), $p=0,02$] y el consumo miocárdico de oxígeno [$45,3 \pm 4,7$ vs $47,9 \pm 4,6$ (%), $p=0,01$]. Se concluyó que la prueba ergométrica gesto específica fue más efectiva que la convencional para los judocas.



■ PALABRAS CLAVE

prueba de esfuerzo, frecuencia cardíaca, consumo de oxígeno, atletas, deportes.

■ ABSTRACT

Ergometry in judo is carried out through protocols on a treadmill or a cycle ergometer. To make it more similar to the technical gestures of sport, an ergometric protocol remodeling is necessary. An ergometric protocol that simulated defined movements in judo (specific gesture ergometry) was designed to evaluate cardiorespiratory parameters. Eight judokas from the Cuban National Judo Team participated, of both sexes; Ages: 19 - 31 years. Two maximal effort tests were performed (on the treadmill and on a rowing machine with a tight sleeve and lapel). Of the cardiorespiratory parameters recorded, the means that were higher in the specific gesture were: maximum heart rate [$178 \pm 9,3$ vs $179 \pm 7,9$ (beats/minute), $p=0,04$]; maximum oxygen consumption [$4,3 \pm 1,4$ vs $4,7 \pm 1,1$ (L/minute), $p=0,01$] and relative [$51,3 \pm 16,8$ vs $55,5 \pm 14,6$ (ml/kg/minute), $p=0,01$]; metabolic equivalent [$14,9 \pm 4,7$ vs $16,3 \pm 3,8$ (METS), $p=0,02$] and myocardial oxygen consumption [$45,3 \pm 4,7$ vs $47,9 \pm 4,6$ (%), $p=0,01$]. It was concluded that the specific gesture ergometric test was more effective than the conventional one for judokas.

■ KEY WORDS

exercise test, heart rate, oxygen consumption, athletes, sports.

■ INTRODUCCIÓN

La prueba de esfuerzo es un procedimiento médico que permite conocer, de manera preferencial, los cambios funcionales en los sistemas cardiovascular, respiratorio y endocrino metabólico. La ergometría, como también se conoce, es un término que tiene como origen el idioma griego; está constituida por la unión de dos vocablos: *ergon*, que significa trabajo, y *metron*, que quiere decir medida (1). La propia raíz de la palabra demuestra su significado; constituye un proceso médico tecnológico mediante el cual se puede cuantificar el esfuerzo que el organismo realiza al imponerse una carga de trabajo progresiva.

En la valoración cardiovascular realizada a los deportistas durante el control médico del entrenamiento, la prueba de esfuerzo es una herramienta fundamental para evaluar y seguir con apoyo científico los planes y programas técnicos (2,3). Fue desarrollada en sus inicios



para probar la aptitud de los practicantes de deportes, como los corredores de larga distancia y los esquiadores de fondo, debido a que el consumo máximo de oxígeno constituye el patrón dorado para predecir el rendimiento físico (4). La medición del consumo directo de oxígeno durante las diversas formas de trabajo físico es así mismo uno de los primeros aportes de la prueba ergométrica (5). A través de la ergometría se estudia la capacidad funcional del individuo, mediante parámetros que aportan al deportista datos sobre su estado de salud y aspectos relacionados con la prescripción del ejercicio, elementos que se aprovechan para mejorar su entrenamiento y optimizar el rendimiento atlético (6,7).

El entrenamiento individual representa un fundamento importante en la preparación de cualquier deporte (8,9); este precepto se cumple también en el judo, en especial en el alto rendimiento. Un entrenamiento es más efectivo cuando se basa en datos e información científica, confiable y personalizada sobre los requerimientos físicos particulares del deportista. Es aquí donde se evidencia la utilidad práctica de las pruebas ergométricas como una de las herramientas fundamentales para la evaluación de las capacidades fisiológicas, porque aportan datos que contribuyen a que la preparación atlética sea mejor orientada (10).

Los protocolos actuales para la ergometría deportiva a los judocas se realizan de modo convencional sobre el tapiz (estera) rodante o la bicicleta ergométrica. Sin embargo, se puede aplicar el criterio de que la prueba de esfuerzo en el deporte es posible realizarla mediante la simulación de la actividad preferencial del participante, para que sea lo más específica posible (11-13). La actividad definida de los judocas difiere de correr o pedalear, que es lo que acontece en las ergometrías aplicadas en el judo. Para simular el gesto técnico del deporte, con el propósito de que sea lo más cercano posible a los movimientos propios del judo (14-15), se hace necesario un diseño ergométrico que permita llevar a cabo la prueba de esfuerzo a semejanza de la actividad deportiva que efectúan, en este caso, los judocas. De este modo, se pueden obtener resultados comparables con los obtenidos durante el entrenamiento y competición, lo cual hace más efectiva la ergometría. Es por eso que la presente investigación tuvo como objetivos diseñar un protocolo ergométrico deportivo para el judo, con la simulación de un movimiento técnico definido para este deporte (a la cual se le nombra ergometría gesto específica, término creado por los autores para este tipo de proceder) y evaluar los resultados de los parámetros cardiopulmonares en comparación con la ergometría tradicional sobre tapiz rodante.



■ MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de estudio

Se realizó un estudio prospectivo, longitudinal, de innovación y desarrollo, entre enero de 2019 y enero de 2020.

Muestra

Selectiva intencional, dependiente o relacionada, constituida por ocho judocas del Equipo Nacional de Judo Cubano, en ambos sexos: cuatro atletas femeninas y cuatro varones, con edades entre los 19 y 32 años.

Los propios judocas constituyeron el grupo de control histórico, en la realización de la ergometría convencional para el judo sobre estera rodante, y el grupo de casos, en cuanto a la ejecución de la prueba de esfuerzo con nuevo diseño. Esto es debido a que, al ser judocas de alto rendimiento, su desempeño superior al de la media poblacional y deportiva hace que solo sus parámetros puedan ser comparables con los de ellos mismos.

Métodos

Antropometría: antes de iniciarse la prueba de esfuerzo se tomó de cada deportista en estado de reposo: la talla en metros (m), el peso en kilogramos (kg) y se calculó el índice de masa corporal [peso (kg) / talla² (m²)].

Todas las pruebas ergométricas se realizaron mientras los judocas se encontraban en etapa similar del entrenamiento deportivo (inicios de la preparación especial).

Fueron realizadas dos ergometrías a cada participante:

- Primera prueba (ergoespiometría I): sobre tapiz rodante con el protocolo convencional para el judo.
- Segunda prueba (ergoespiometría II, gesto específica): en remoergómetro con manga y solapa ajustadas, según el nuevo diseño del protocolo para el judo.

Aspectos comunes para ambos protocolos ergométricos (convencional sobre tapiz y el diseño en remoergómetro).

- Antes de iniciar la prueba de esfuerzo se dio a conocer la finalidad del test, el desarrollo y se obtuvo el consentimiento voluntario para la participación en el estudio de cada uno de los judocas. Se



contó con el aval del Comité de Ética del Centro de Investigaciones del Deporte Cubano para el desarrollo de la investigación.

- Se registraron los datos de la frecuencia cardíaca (FC) en estado de reposo, durante todo el esfuerzo y en el primer, tercer y quinto minutos de la recuperación.
- Se llevó el registro del electrocardiograma mediante la monitorización continua con el software ERGOCID, y de la presión arterial a través del esfigmomanómetro digital marca TANGO, adjunto al ergómetro.
- Se determinó por medición directa el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) mediante el análisis del intercambio de gases con la utilización del software METALYZER, así como el equivalente metabólico alcanzado durante el esfuerzo, expresado en METS (*metabolic equivalent of task*). Esta unidad de medida [obtenida en mililitros de oxígeno por kilogramo en un minuto (ml/kg/min)], indica la proporción de oxígeno necesario por el organismo para mantener sus constantes vitales, tanto en reposo como en el esfuerzo; se incrementa en la medida en que se intensifica el ejercicio. Para el adulto promedio, un MET tiene un valor aproximado de entre 3,5 y 4,0 ml/kg/min, rango que corresponde al consumo basal o en reposo de un individuo (16,17).
- Se realizó el calentamiento durante 20 minutos previos a la ergometría, similar al que ejecutan los judocas antes del entrenamiento habitual.
- La prueba finalizó en el momento que el (o la) judoca alcanzó la fatiga; no podía continuar por cansancio de los miembros inferiores o superiores, o logró completar el protocolo programado.

Diseños protocolares ergométricos

- 1) Ergometría I: protocolo de esfuerzo en el tapiz rodante (convencional) para judo (figura 1).

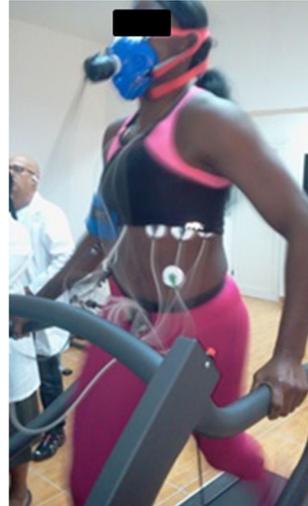


Figura 1. Judoca que realiza la prueba en el tapiz rodante (ergometría I). Laboratorio de ergometría.

- La prueba fue continua y escalonada sobre el tapiz rodante marca ERGOCID AT-PLUS, previamente calibrada.
- Se comenzó con un escalón de adaptación que constó de tres minutos con velocidad de nueve kilómetros por hora (km/h) para las mujeres, y de 10 km/h para los hombres.
- Se empezó el primer estadio con una carga inicial de 11 km/h para las damas y de 12 km/h para los varones, mientras el tapiz presentaba el uno por ciento de inclinación.
- Se continuó con escalones de dos minutos e incrementos de un km/h, a completar cuatro estadios, con el uno por ciento de pendiente.
- De sobrepasar estos escalones, se prolongó hasta el agotamiento, con incrementos de un km/h cada dos minutos, e inclinación del tapiz del tres por ciento.
- En la recuperación, se mantuvo a cada judoca durante el primer minuto sobre el tapiz, a la velocidad de adaptación; luego se procedió a sentarse hasta completar la recuperación.

2) Ergometría II (gesto específica): diseño del protocolo de esfuerzo para el judo en remoergómetro.

- Se utilizó el remoergómetro marca Concept 2, con previa calibración, al que se le ajustó una manga y una solapa al manubrio, análogas a las utilizadas con ligamentos durante el entrenamiento en el judo, las cuales simulan a los elementos de la chaqueta del traje del deportista o judogi (figura 2).



Figura 2. Remoergómetro marca Concept 2 con manga y solapa ajustadas al manubrio. Laboratorio de ergometría.

- Según el peso corporal del judoca, se le aplicó la resistencia proporcional en el remoergómetro, con cargas fijas que estuvieron entre 100 y 250 vatios (W).
- Se realizó un periodo de adaptación inicial de tres minutos, sin aplicar resistencia en el remoergómetro, para el ajuste y práctica del movimiento en el remo, de tracción y empuje de las piernas y coordinación de los brazos.
- Se distribuyó la prueba en tres etapas de cuatro minutos cada una, durante las cuales los judocas tiraron de la manga y la solapa con la mayor potencia posible; se establecieron pausas de 10 minutos de recuperación entre cada etapa de esfuerzo.
- Al finalizar la ergometría, se procedió a la recuperación activa durante el primer minuto mediante la retirada de la resistencia aplicada en el remoergómetro, y se mantuvo al judoca con el movimiento del remo con la manga y solapa por 60 segundos más. Luego, se pasó a sentarse para completar la recuperación.
- El protocolo de trabajo simuló al régimen de un día de competición internacional, con mínimo de tres presentaciones, basado en las pausas límites de 10 minutos como valor inferior, según lo reglamentado por Federación Internacional de Judo.

Características simuladas en la ergometría II (prueba gesto específica) sobre el remoergómetro con manga y solapa ajustadas que coinciden con el judo.

1- Las mangas se ajustan al remoergómetro, lo que garantiza el control manual o *kumi-kata*: es la forma de agarrar o controlar el *judogi* del adversario. Constituye un elemento básico del judo, imprescindible



para su práctica, y fundamental para las acciones en este deporte de combate (figura 3).

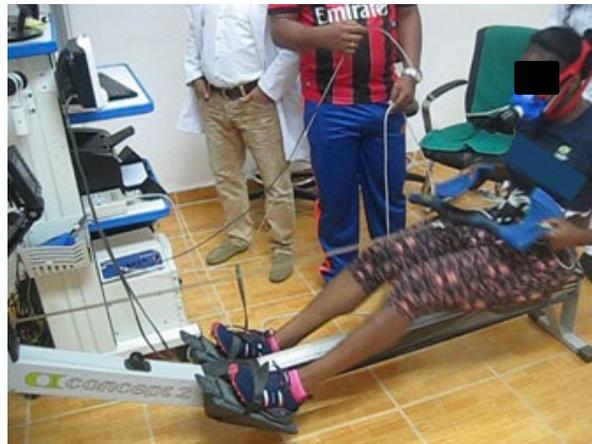


Figura 3. Judoca que realiza la prueba en remoergómetro Concept 2, con manga y solapa ajustadas al manubrio. Laboratorio de ergometría.

2- Permite la coordinación de brazos y piernas, como ocurre en el judo.

3- Mantiene el reflejo tónico del cuello y tronco erecto: *shisei*, postura fundamental en el judo.

4- Se realiza con la tracción o el empuje de forma frontal (*kuzushi*), uso del desequilibrio para realizar la proyección con la menor cantidad de esfuerzo posible.

5- La postura de trabajo en el decúbito supino cumple con la forma del trabajo en el *ne-waza* (técnica de judo en suelo).

6- La musculatura utilizada en la realización de la prueba en el remoergómetro con manga y solapa es similar a la que interviene en el entrenamiento y competición del judoca.

Operacionalización de variables

Fueron seleccionadas como variables independientes: la frecuencia cardíaca máxima (en latidos por minuto), el consumo máximo de oxígeno, tanto el absoluto, expresado en litros por minuto (L/min), como el relativo, ajustado para el peso corporal en kilogramos (ml/kg/min); el volumen de dióxido de carbono (CO₂) expulsado en un minuto (L/min), así como el equivalente metabólico del esfuerzo realizado, reflejado en METS. Todas estas variables se obtuvieron de manera directa por los softwares ERGOCID AT Plus y el METALYZER.

Constituyeron las variables dependientes: el porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima respecto a la predicha (% FC_{máx}); la



relación de intercambio respiratorio (RIR), que representa la proporción VCO_2/VO_2 , donde VCO_2 es el volumen expulsado de CO_2 y VO_2 , el consumo de oxígeno. También se seleccionaron el consumo miocárdico de oxígeno (MVO_2), que se determinó con la fórmula: $[(\text{doble producto máximo} \times 0,14 \times 0,01) - (6,3)]$, y el índice de eficiencia miocárdica (IEM), calculado en cada caso mediante la razón: $IEM = [(MVO_2/VO_{2\text{máx}}) \times 10]$ (17-20). El IEM se estimó como normal cuando su valor fue menor a 10; se consideró que el valor igual o superior a 10 demostraba un trabajo miocárdico excesivo. Tanto el MVO_2 como el IEM indican el estado e integridad morfo-funcional cardiovascular, razones mediante las que se puede valorar la posibilidad de riesgo de padecer injuria miocárdica durante el esfuerzo (16,21).

Análisis de datos

La organización de los resultados se llevó a cabo a través del software para Windows Microsoft Excel, versión 2016, y el tratamiento estadístico fue realizado mediante el programa IBM SPSS Statistics versión 25.0. Fueron calculados estadígrafos de tendencia central y dispersión (medias, desviaciones estándares, máximos y mínimos); en la comparación de los estadísticos se utilizó la prueba t de Student para muestras dependientes. Se estableció el nivel de significación para un valor de $p < 0,05$.

■ RESULTADOS

Los ocho judocas participantes se encontraban entre los 19 y 32 años de edad (media: $26 \pm 4,5$ años). En cuanto a las variables antropométricas, el peso tuvo una media de $88,6 \pm 25,8$ kg; la talla promedio fue de $1,75 \pm 0,07$ metros, mientras el índice de masa corporal promedió $28,6 \pm 7,4$ kg/m^2 .

En la tabla 1 se representan los resultados de las variables ergoespirométricas obtenidas en las dos pruebas de esfuerzo, la convencional (ergometría I) y el nuevo diseño sobre remoergómetro (ergometría II). Estos se muestran a través de las medias y sus desviaciones estándares, así como el valor del estadígrafo t y la significación estadística, establecido para un nivel de confianza del 95%.

Las diferencias de las medias de la frecuencia cardíaca máxima tuvieron significación estadística. En todos los casos, para ambas ergometrías, las pruebas resultaron máximas al sobrepasar el 95% de la FC máxima estimada para cada judoca.

Tanto el consumo máximo de oxígeno absoluto como el relativo, al examinar las medias y las diferencias entre ellas, se encontró que



resultaron superiores ambas en la ergometría con el protocolo gesto específico, respecto al protocolo sobre tapiz rodante. El volumen de dióxido de carbono (VCO₂) expulsado en un minuto, así como la relación de intercambio respiratorio, no tuvieron trascendencia estadística.

Tabla 1. Variables cardiopulmonares de la muestra, n=8

Variables	Media ± desviación estándar		Prueba t de Student (p<0.05)	
	Ergometría I: convencional en estera	Ergometría II: diseño en remoergómetro	Valor de t	p
Valores máximos	Media ± DE	Media ± DE	Valor de t	p
FCmáx (lat/min)	178 ± 9,3	179 ± 7,9	1,9	0,04*
% FCmáx estimada	95,2 ± 3,2	95,1 ± 3,2	1,7	0,05
VO ₂ máx (L/min)	4,3 ± 1,4	4,7 ± 1,1	2,5	0,01*
VO ₂ máx relativo (ml/kg/min)	51,3 ± 16,8	55,5 ± 14,6	2,4	0,01*
VCO ₂ (L/min)	4,7 ± 1,9	3,9 ± 1,2	0,8	0,23
Equivalente metabólico (METS)	14,9 ± 4,7	16,3 ± 3,8	2,5	0,02*
RIR	1,6 ± 0,3	1,4 ± 0,2	0,2	0,43
MVO ₂ (%)	45,3 ± 4,7	47,9 ± 4,6	2,8	0,01*
IEM	0,9 ± 0,3	1,0 ± 0,5	1,2	0,13

Leyenda: (*) Con significación estadística, para nivel de confianza del 95 % en prueba t de Student. FCmáx: frecuencia cardíaca máxima; lat/min: latidos por minuto; %FCmáx estimada: porcentaje de la FC máxima respecto a la predicha; VO₂máx: consumo máximo de oxígeno; L/min: litros por minuto; VO₂máx relativo: consumo máximo de oxígeno ajustado, por kilogramo de peso; ml/kg/min: mililitros por kilogramo en un minuto; VCO₂: volumen de dióxido de carbono expulsado en un minuto; METS: unidad en que se expresa el equivalente metabólico alcanzado (*metabolic equivalent of task*, por sus siglas en inglés); RIR: relación de intercambio respiratorio. MVO₂: consumo miocárdico de oxígeno; IEM: índice de eficiencia miocárdica.

El equivalente metabólico de la prueba gesto específica fue superior en comparación con la convencional. También el consumo miocárdico de oxígeno (MVO₂) reflejó mayor valor, de manera significativa. El índice de eficiencia miocárdica obtenido fue igual entre las dos ergometrías.

■ DISCUSIÓN

La edad, el peso, la talla promedio y el índice de masa corporal se comportaron de manera similar a los estudios realizados por Lopes-Silva (2021), Kons (2022), así como Ouergui *et al* (2022) (22-24), en los cuales



se realizaron test de campo y ergométricos a judocas élités en uno u otro sexo.

En cuanto a las variables obtenidas a través de las pruebas ergoespirométricas, de acuerdo con la tabla 1, la frecuencia cardíaca máxima tuvo mayor valor medio que en la convencional. Durante la prueba gesto específica los niveles de la FC máxima superaron a los registrados durante la ergometría sobre el tapiz rodante. A pesar de que en todos los casos el porcentaje de la FC máxima sobrepasó el 95% de la estimada para cada judoca, variable sin significación estadística, sí la tuvo con respecto a la FC máxima ($p=0,04$); esto comprueba que con el protocolo de la segunda ergometría se logró llegar a pruebas cardiorrespiratorias máximas, además de superar en este aspecto a la convencional. Shiroma *et al* (2019) en estudio similar realizado a 12 judocas (25), a los que se les aplicó cinco pruebas de esfuerzo y se evaluó la FC máxima, se encontró que en los protocolos con movimientos específicos para el judo, los valores de la variable resultaron superiores a los convencionales de manera significativa, tal como ocurrió en la presente investigación.

Como en el caso de la FC máxima, los valores medios del consumo máximo de oxígeno (tanto el absoluto como el relativo) conseguidos en la segunda prueba respecto a la convencional, demuestran la mayor capacidad del test gesto específico para alcanzar los extremos del esfuerzo de manera más efectiva, con diferencias que resultaron significativas ($p=0,01$ para ambos parámetros). Shiroma *et al* (2019) en estudio donde compararon diferentes protocolos de esfuerzo para judocas, en los que se usaron ergómetros para el tren superior, el segundo, en cicloergómetro para el tren inferior y un tercero donde se aplicaron movimientos típicos del judo, llegaron a concluir que el consumo máximo de oxígeno no difirió entre las pruebas realizadas con ergómetro de mano y las de los movimientos específicos del deporte, pero fue superior en esta última respecto a la ergometría en cicloergómetro (25). Lopes-Silva *et al* (2021) en investigación realizada con 35 judocas (22), a los que se les aplicaron cinco pruebas, realizadas unas en cicloergómetro y otras por medio del test de Wingate para la parte superior e inferior del cuerpo; en ambas variantes se evidenció que los valores tanto de FC máxima como de consumo máximo de oxígeno fueron superiores y con significación estadística para las pruebas efectuadas para el tren superior del cuerpo. Ambos estudios coinciden con los resultados obtenidos durante la aplicación de la ergometría gesto específica, con movimientos preferenciales del tren superior, característicos del judo.

Entre las medias del volumen de dióxido de carbono expulsado (VCO_2) y la relación de intercambio respiratorio de ambas ergometrías no existieron diferencias manifiestas, y esto puede explicarse con el



hecho de que, en personas bien entrenadas como lo son los judocas que constituyen la muestra estudiada, en la medida en que se incrementa el consumo de oxígeno (VO_2) durante el esfuerzo, así lo hace la expulsión de dióxido de carbono. De igual manera, la relación de intercambio respiratorio, al ser la razón entre el VCO_2 y el VO_2 , los cambios proporcionales entre ambos elementos impiden que haya diferencias al compararlos entre la primera y la segunda ergometría, realizadas a los mismos judocas, como en este estudio (23,26).

El equivalente metabólico, expresado en METS, fue también superior en el análisis estadístico entre la ergometría II respecto a la I ($p=0,02$), aspecto relevante pues representa la cantidad de veces que el organismo eleva su metabolismo para lograr suplir las necesidades de un esfuerzo dado, por lo que traduce mayor esfuerzo y, por tanto, mayor efectividad de la ergometría gesto específica (17,24).

El porcentaje del consumo miocárdico de oxígeno (MVO_2) resultó mayor de manera significativa ($p=0,01$) en la evaluación estadística de la ergometría gesto específica (prueba II), lo cual indica mayor utilización de oxígeno por parte del músculo cardíaco, al ser superior el esfuerzo realizado. Este es otro aspecto confirmatorio de la efectividad de la prueba simuladora de los movimientos para el judo, respecto a la convencional sobre tapiz rodante. Parámetros similares fueron medidos en diversos estudios realizados a judocas élites, donde se demuestra que en la medida en que se asemeje el movimiento del deporte practicado, también mejoran el VO_2 y la FC, con el consecutivo incremento del MVO_2 (26-28).

El índice de eficiencia miocárdica (IEM) no tuvo diferencias significativas, lo cual habla a favor del excelente estado miocárdico de cada uno de los judocas, durante la realización de las dos ergometrías. Las medias de ambos índices estuvo por debajo de 2,0, lo que traduce la salud cardiovascular de los deportistas; solo un IEM igual o por encima de 10 refleja una sobrecarga de trabajo del músculo cardíaco, lo cual infiere mal estado de entrenamiento (21). Sin embargo, en el estudio se demostró que los judocas pudieron realizar sus esfuerzos máximos, con gran eficiencia cardíaca al analizar este importante parámetro, útil también para diagnóstico de salud cardiovascular.

■ CONCLUSIONES

El nuevo protocolo ergométrico diseñado para pruebas de esfuerzo máximo, gesto específico para el judo, simuló el movimiento en la posición sobre el suelo (*ne-waza*) a través de la utilización del remoergómetro (Concept 2), al cual se le incorporaron una manga y una



solapa al manubrio, implementos de uso en el entrenamiento de los judocas.

Se realizaron dos ergometrías, una convencional sobre estera rodante y la segunda, gesto específica, en las que se evaluaron: la frecuencia cardíaca máxima, el consumo máximo de oxígeno, el equivalente metabólico y el consumo miocárdico de oxígeno, los que resultaron tener significación estadística; fueron superiores durante la ergometría diseñada respecto a la convencional. La relación de intercambio respiratorio, el volumen de dióxido de carbono espirado y el índice de eficiencia miocárdica no tuvieron trascendencia en el estudio. La prueba gesto específica resultó más efectiva que la convencional sobre tapiz rodante.

■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cobos MA, Cobos B. *Capítulo 5: La prueba de esfuerzo o ergometría*. En: F. López, y C. Macaya, editores. Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA. En, (pp. 57-59). Fundación BBVA: 2009. Disponible en: https://www.fbbva.es/microsites/salud_cardio/fbbva_libroCorazon_ficha_5.html
2. Allison T, Burdiat G. Pruebas de esfuerzo cardiopulmonar en la práctica clínica. *Rev Urug Cardiol*. 2010;25(1),17-27. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/228524882>
3. Iglesias D, Franchella J, Paz I, Cabo M, Díaz G, Filosa E, et al. Guías para la recomendación y prescripción de actividad física en adultos para promover la salud cardiovascular. Versión resumida. Sociedad Argentina de Cardiología. *Rev Arg Cardiol*. 2021;89 Suplemento 4:1-14. Disponible en: <https://www.sac.org.ar/wp-content/uploads/2021/08/consenso-89-4-resumido.pdf>
4. Kenn C, May AE. Ergometry - Step by Step. *Dtsch Med Wochenschr*. 2018;143(17):1252-1257. doi: <https://doi.org/10.1055/s-0043-111859>
5. Melo X, Arrais I, Marôco JL, Ribeiro PN, Nabais S, Coelho R, et al. Effects of kettlebell swing training on cardiorespiratory and metabolic demand to a simulated competition in young female artistic gymnasts. *PloS one*. 2023;18(4):e0283228. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283228>
6. Ghorayeb N, Stein R, Daher DJ, Silveira AD, Filho JA, Ritt LE, et al. The Brazilian society of cardiology and Brazilian society of exercise and sports medicine updated guidelines for sports and exercise cardiology-2019. *Arqu Brasil Cardiol*. 2019;112(3):326-368. doi: <https://doi.org/10.5935/abc.20190048>
7. Rivas E, Barrera JD, Henry G. Prueba de Esfuerzo bajo control Electrocardiográfico. Revisión de Guías Internacionales y Normas Cubanas. *Rev Cub Cardiol Cir Cardio*. 2020;26(2):e925. Disponible en: <http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/925/pdf>



8. Garcés JE, Soto AJ. La prescripción del ejercicio físico para la planificación de actividades físicas y deportivas. *Rev Cient Olimpia*. 2016;13(39):144-151. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/6210557.pdf>
9. Jayanthi N, Schley S, Cumming SP, Myer GD, Saffel H, Hartwig T, et al. Developmental Training Model for the Sport Specialized Youth Athlete: A Dynamic Strategy for Individualizing Load-Response During Maturation. *Sports Health*. 2022;14(1):142-153. doi: <https://doi.org/10.1177/19417381211056088>
10. Duany TD, Colás M. Ergometría cardiovascular en la cultura física y el deporte. *Rev Cub Med*. 2021;60(2):e1646. Disponible en: <http://www.rev-medicina.sld.cu/index.php/med/article/view/1646/2061>
11. Manonelles PM, Franc LB, Naranjo JO. Pruebas de esfuerzo en medicina del deporte. *Arch Med Dep*. 2016;33(1):5-83. Disponible en: http://www.femede.es/documentos/Consenso_PE.pdf
12. Mora Y, Arzuaga JO, González Y. Indicadores fisiológicos para evaluar en laboratorio el rendimiento funcional en judocas juveniles masculinos de Granma. *Rev Cient Olimpia*. 2019;16(54):216-228. Disponible en: <https://revistas.udg.co.cu/index.php/olimpia/article/view/719>
13. Galván C, del Valle M, Bonafonte L. Guía de realización de pruebas de esfuerzo en medicina del deporte. *Soc Esp Med Dep*. 2020. Disponible en: http://www.femede.es/documentos/Guia_pruebas_esfuerzo_MD-COVID.pdf
14. Campos-Mesa MC, Prieto-Alegre N, Toronjo Hornillo L, del Castillo Andrés Óscar. Efectos de un programa de judo utilitario adaptado sobre un adulto de 54 años. Estudio de caso. *RICCAFD*. 2022;11(2):1-14. Disponible en: <https://revistas.uma.es/index.php/riccafd/article/view/14376>
15. Vasquez-Lopez C, Posada-López Z. Salud mental y retiro deportivo en atletas Antioqueños que participaron en Juegos Olímpicos y Juegos Paralímpicos. *RICCAFD*. 2022;11(3):148-69. Disponible en: <https://revistas.uma.es/index.php/riccafd/article/view/15725>
16. Segovia JC, López FJ, Ramos JJ, Legido JC. *Adaptaciones del corazón al esfuerzo. Valoración funcional del deportista y enfermo cardiovascular*. 1ª ed., pp. 57-80. En: Sanitas.es, editor. Corazón y deporte. España, 2018. Disponible en: https://www.sanitas.es/media/cen/documento/doc_corazon_ydeporte/sanitas_hospitales_corazon_deporte.pdf
17. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, Bäck M, Börjesson M, Caselli S, et al. ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur Heart J*. 2021;42(1):17-96. doi: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa605>
18. Berényi I, Ludwig G, Böszörményi E. Relative cardiac efficiency and ST depression during progressive exercise test. *Cardiology*. 1981;68(1):54-58. doi: <https://doi.org/10.1159/000173264>
19. Rodríguez I. *Índice de eficiencia miocárdica en jugadores de fútbol asociación en pretemporada 2015 a 2600 metros sobre el nivel del mar*.



[Tesis de posgrado], Universidad Autónoma del Estado de México. 2017. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/65526>

20. Citalán-Jiménez JA, Lara-Vargas JA, Pineda-Juárez JA, Salgado-Solorio MC, Reza-Orozco MA, Arteaga-Martínez R, et al. Índice de eficiencia miocárdica en cardiópatas posterior a un programa de rehabilitación cardiaca. *Arch Cardiol México*. 2022;92(4):446-453. doi: <https://doi.org/10.24875/ACM.21000227>

21. Duany-Díaz T. Determinación ergométrica del índice de eficiencia miocárdica en atletas élites cubanos. *Rev Cub Inv Biom*. 2023;42(1). Disponible en: <https://revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/2516>

22. Lopes-Silva JP, Gonçalves-Panissa VL, Ferreira-Julio UF, Franchini E. Influence of physical fitness on special judo fitness test performance: a multiple linear regression analysis. *J Stren Cond Res*. 2021;35(6):1732-1738. doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002948>

23. Kons RL, Detanico D. High-intensity interval exercise performance in judo athletes: physiological, perceptual, and pacing responses. *Mot Cont*. 2022;26(3):353-361. doi: <https://doi.org/10.1123/mc.2022-0002>

24. Ouergui I, Delleli S, Chtourou H, Formenti D, Bouhleb E, Ardigo LP, et al. The role of competition area and training type on physiological responses and perceived exertion in female judo athletes. *Int J Env Res Pub Health*. 2022;19(6):3457. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph19063457>

25. Shiroma SA, Julio UF, Franchini E. Criterion Validity, Reliability and Usefulness of a Judo-Specific Maximal Aerobic Power Test. *Int J Sports Physiol Perf*. 2019;14(7):987-993. doi: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0813>

26. Ceylan B, Balci SS. The Effects of Various Work-to-Rest Ratios During High-Intensity Intermittent Exercises on Uchi-Komi Performance and Postexercise Heart Rate and Blood Lactate in Judo Athletes. *J Stren Cond Res*. 2023;37(6):1231-1236. doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004386>

27. Franchini E, Takito MY, Alves ED, Shiroma SA, Julio UF, Humberstone C. Effects of Different Fatigue Levels on Physiological Responses and Pacing in Judo Matches. *J Stren Cond Res*. 2019;33(3):783-792. doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003006>

28. Vasconcelos BB, Protzen GV, Galliano LM, Kirk C, Del Vecchio FB. Effects of High-Intensity Interval Training in Combat Sports: A Systematic Review with Meta-Analysis. *J Stren Cond Res*. 2020;34(3):888-900. doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003255>

Referencias totales citadas: 28

Referencias citadas correspondientes a la Rev Ib CC Act Fis Dep: 2