

<https://doi.org/10.58210/odep303>

Ergometría en la valoración funcional en un triatleta paralímpico: estudio de caso

Ergometry in functional assessment in a Paralympic triathlete: a case study

Ergometria na avaliação funcional em um triatleta paraolímpico: um estudo de caso

Horacio Aquiles González González

Centro Médico Asdrubal de la Torre, Ecuador
toga1981@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6917-3514>

Juan Fernando Hidrobo Coello

Centro Médico Asdrubal de la Torre, Ecuador
jfhcvenom@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0001-6990-3118>

Paul Jhonatan Yar Bolaños

Centro Médico Asdrubal de la Torre, Cuba
pauylarb@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4014-057X>

Raydel Pérez Castillo

Centro Médico Asdrubal de la Torre, Cuba
raydelp77@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-9454-5375>

Fecha de Recepción: 24 de junio de 2023

Fecha de Aceptación: 21 de julio de 2023

Fecha de Publicación: 29 de diciembre de 2023

Financiamiento:

La investigación fue autofinanciada por el autor.

Conflictos de interés:

Los autores declaran no presentar conflicto de interés.

Correspondencia:

Nombres y Apellidos: Horacio Aquiles González González

Correo electrónico: toga1981@hotmail.com

Dirección postal: Ecuador

RESUMEN

La ergometría permite evaluar la cantidad de trabajo que puede soportar el sujeto, y las respuestas funcionales cardiovasculares, respiratorias y metabólicas. Se valoró la respuesta funcional ante un protocolo de esfuerzo con test incremental en cicloergómetro de un paratriatleta categoría PTVI. Se aplicó el protocolo incremental, para estimar indicadores submaximales y maximales, a partir de la potencia máxima alcanzada, la frecuencia cardíaca y la tensión arterial. El voluntario es un paratriatleta de 35 años, clasificado como PTVI. Fue sometido a una prueba en cicloergómetro, de 50 W cada 2 minutos hasta la fatiga. La respuesta cardiovascular se midió con un pulsómetro y tensiómetro digital. La carga mecánica máxima estable fue de 250 W en la 5ª etapa, con una economía de pedaleo de $12,34 \text{ ml}\cdot\text{W}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, presentando un consumo de oxígeno de $45,23 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. La frecuencia cardíaca máxima fue de 179 l.p.m y la tensión arterial de 167/670 mmHg ($\Delta\text{TAS}=50 \text{ mmHg}$; $\Delta\text{TAD}= 4 \text{ mmHg}$). El paratriatleta pudo responder al procedimiento de diferentes cargas durante la prueba, y así valorar su capacidad funcional. La valoración de la capacidad aeróbica y su eficiencia cardiovascular puede ayudar a la dosificación de cargas durante el entrenamiento, a partir de las demandas fisiológicas del Paratriatlón.

Palabras clave: Consumo de Oxígeno; Eficiencia; Ergometría; Frecuencia Cardíaca. (Tomado del DeCS)

ABSTRACT

The ergometry that allows to evaluate the amount of work that the subject can support, and the cardiovascular, respiratory and metabolic functional responses. The functional response to an effort protocol with incremental test on a cycle ergometer of a PTVI category paratriathlete was assessed. The incremental protocol was applied to estimate submaximal and maximal indicators, from the maximum power reached, heart rate and blood pressure. The volunteer is a 35-year-old paratriathlete, classified as PTVI. He was subjected to a cycle ergometer test of 50 W every 2 minutes until fatigue. Cardiovascular response was measured with a digital heart rate monitor and blood pressure monitor. The maximum stable mechanical load was 250 W in the 5th stage, with a pedal economy of $12.34 \text{ ml}\cdot\text{W}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, presenting an oxygen consumption of $45.23 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. The maximum heart rate was 179 bpm and blood pressure 167/670 mmHg ($\Delta\text{TAS}=50 \text{ mmHg}$; $\Delta\text{TAD}= 4 \text{ mmHg}$). The paratriathlete was able to respond to the procedure of different loads during the test, and thus assess their functional capacity. The assessment of the aerobic capacity and its cardiovascular efficiency can help the dosage of loads during training, based on the physiological demands of Paratriathlon.

Key words: Oxygen Consumption; Efficiency; Ergometry; Heart Rate. (Taken from DeCS)

RESUMO

A ergometria que permite avaliar a quantidade de trabalho que o sujeito pode suportar, e as respostas funcionais cardiovasculares, respiratórias e metabólicas. Foi avaliada a resposta funcional a um protocolo de esforço com teste incremental em cicloergômetro de um paratriatleta categoria PTVI. O protocolo incremental foi aplicado para estimar indicadores submáximos e máximos, a partir da potência máxima atingida, frequência cardíaca e pressão arterial. A voluntária é uma paratriatleta de 35 anos, classificada como PTVI. Foi submetido a um teste em cicloergômetro de 50 W a cada 2 minutos até a fadiga. A resposta cardiovascular foi medida com um monitor digital de frequência cardíaca e monitor de pressão arterial. A carga mecânica estável máxima foi de 250 W no 5º estágio, com economia de pedal de 12,34 ml·W⁻¹·min⁻¹, apresentando um consumo de oxigênio de 45,23 ml·kg⁻¹·min⁻¹. A frequência cardíaca máxima foi de 179 bpm e a pressão arterial de 167/670 mmHg (Δ TAS=50 mmHg; Δ TAD= 4 mmHg). O paratriatleta conseguiu responder ao procedimento de diferentes cargas durante o teste, e assim avaliar sua capacidade funcional. A avaliação da capacidade aeróbica e sua eficiência cardiovascular podem auxiliar na dosagem de cargas durante o treinamento, com base nas demandas fisiológicas do Paratriathlon.

Palavras-chave: Consumo de Oxigênio; Eficiência; Ergometria; Frequência Cardíaca. (Retirado do DeCS)

INTRODUCCIÓN

El Triatlón es un deporte compuesto por cinco segmentos y tres especialidades (natación/ transición 1/ ciclismo/ transición 2/ carrera) ¹. Por su parte, el Paratriatlón es un deporte en auge para los atletas con discapacidades, que ha ganado más reconocimiento en los últimos años, hasta aceptada su inclusión en los Juegos Paralímpicos de Río 2016.

La *World Triathlon* refiere que actualmente existen nueve clases deportivas para paratriatletas en tres disciplinas (se basan en las discapacidades físicas específicas): 750 metros de natación, seguidos por 20 kilómetros de ciclismo y 5 kilómetros de carrera a pie. Los paratriatletas pueden usar diferentes medios en correspondencia con sus capacidades funcionales. En la parte de ciclismo una bicicleta de mano, bicicletas convencionales con o sin adaptaciones, tándems o triciclos; y en tramo de carrera a pie se permiten las muletas, sillas de ruedas, prótesis o arneses. Los paratriatletas ciegos, además, deberán competir con un guía ^{2 3}.

Entre las nueve clases elegibles el PTVI (atletas con discapacidad visual), se subdividen en tres según la gravedad de la pérdida visual. En Tokio, 2020 por

¹ Fundora García, «Estudio sobre los test utilizados en el triatlón».

² Chambers, «Determinación del Umbral de Lactato en Triatletas: Aplicaciones Para el Entrenamiento».

³ Wolbring y Martin, «Analysis of the Coverage of Paratriathlon and Paratriathletes in Canadian Newspapers».

la clase PTVI resultaron ganadores Bradley Snyder (1:01:16), Hector Catala Laparra (1:02:11) y Satoru Yoneoka (1:02:20); de los EEUU, España y Japón respectivamente. Los récords paralímpicos se batieron durante estos juegos, con una tendencia al incremento a romper nuevos cronos en los eventos internacionales ⁴.

La valoración funcional del deportista es un proceso mediante el cual se evalúa las capacidades físicas que determinan su nivel de rendimiento ⁵. El objetivo principal de la valoración funcional es identificar las áreas en las que un deportista necesita mejorar para maximizar su rendimiento. La ergometría es una de la técnica que conforman la batería de valoración funcional, mediante la evaluación de la cantidad de trabajo que puede soportar el sujeto, y las respuestas funcionales cardiovasculares, respiratorias y metabólicas ^{6 7}.

La valoración funcional ergométrica de un paratriatleta de élite, no son datos reportados en la literatura. De ahí la importancia de aportar datos cuantitativos acerca de las respuestas y los métodos diagnósticos para abordar al caso desde una visión más integral, que no solamente recae en indicadores clínicos. Así, se recomienda que la valoración funcional ergométrica de un paratriatleta debe considerar su clasificación funcional, elementos biomecánicos y metodológicos. El objetivo de este estudio fue valorar la respuesta funcional ante un protocolo de esfuerzo con test incremental en cicloergómetro de un paratriatleta categoría PTVI.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un estudio de caso de tipo descriptivo, y transversal, con una muestra intencional de un paratriatleta. La indicación de la prueba se incluye en la clase III de la clasificación *Task Force*, que corresponden a la utilización rutinaria para valorar la capacidad funcional.

El protocolo ergométrico fue de un diseño escalonado, continuo e incremental:

- Ergómetro: Bicicleta marca Ergoline
- Reposo: 5 minutos para la determinación de (FC, Tensión Arterial (TA mmHg), y registro electrocardiográfico)
- Calentamiento: 10 minutos en una carga m
- Inicio de prueba: se comenzó con una carga de 50 W.
- Incrementos: se aumentaron las cargas a razón de 50 W cada dos minutos, hasta el agotamiento.

⁴ Hosokawa et al., «Prehospital management of exertional heat stroke at sports competitions for Paralympic athletes».

⁵ Mantilla, «Aptitud física y valoración funcional en futbolistas: revisión de la literatura».

⁶ López, *Pruebas de aptitud física*.

⁷ González et al., «Índice de Eficiencia Aerobia como Indicador de la Eficiencia Cardiovascular en Deportistas de Combate».

- Recuperación: Al finalizar el test continuar rodando a baja intensidad durante 5 minutos para la monitorización de la HRR (*heart rate recovery* o recuperación de la frecuencia cardíaca).

La tensión arterial se determinó mediante un monitor de presión arterial BP-200 Plus, para el registro de la frecuencia cardíaca se utilizó una banda y reloj Polar RCX3.

Para la evaluación de los indicadores de respuesta de la carga mediante indicadores externo e internos:

- Indicadores de carga externa:
- Tiempo de trabajo (minutos)
- Potencia máxima alcanzada (vatios).
- Ratio potencia/peso (vatios/kg).
- Economía de Pedaleo= $\text{Vatios}/\text{VO}_2$.

Indicadores cronotrópicos:

- Frecuencia cardíaca (FC) (l.p.m) en el reposo,
- FC máxima predicha, según la fórmula $[208-(0,7*\text{edad})]$ propuesta por ⁸.
- FC al finalizar cada escalón (l.p.m),
- FC en el momento del máximo esfuerzo (l.p.m).
- Índice cronotrópico: $(\text{FC max}-\text{FCreposito}) / (\text{FCpredicha}-\text{FCreposito})$

Umbral del metabolismo anaerobio (Uman):

En él se describirán las variables FC (l.p.m), Potencia (vatios), VO_2

El Uman fue estimado según el método de detección de los umbrales HRT por análisis de combinado de regresión lineal y logarítmico, utilizando el punto en el cual los datos medidos excedían consistentemente la recta de mejor ajuste y cruzaban sobre la recta de mejor ajuste de la regresión lineal. Aunque con este método se utilizaron análisis estadísticos de regresión, su utilidad tiene un propósito de detección y no de predicción.

Indicadores Fisiológicos Aerobios y de Eficiencia Cardiovascular

- Consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) se determinó de forma indirecta mediante la ecuación descrita para hombres: $\text{VO}_2 = 10,51*\text{Vatios} + 6,35*\text{peso}(\text{kg}) - 10,49*\text{edad} + 519,3 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$; ($R = 0,939$, $\text{SEE} = 212 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$)
- Pulso de oxígeno: (VO_2 máx/ FC máx), se expresó en $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{latidos}^{-1}$
- Índice de eficiencia aerobia: (Pulso de oxígeno relativo a la masa corporal) = $(\text{VO}_2 \text{ máx}/\text{FC máx}/\text{masa corporal})$, se expresó en $\text{ml}\cdot\text{latido}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$.

⁸ Tanaka, Monahan, y Seals, «Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited».

- Índice de eficiencia miocárdica: $(\text{consumo miocárdico de oxígeno (MVO}_2) \cdot 10 / \text{VO}_2 \text{ máx})$
- Consumo miocárdico de oxígeno: $((\text{FC máx} \cdot \text{TAS} \cdot 0.14 \cdot 0.01) - 6.3)$ donde TAS es la tensión arterial sistólica.
- Doble producto: $(\text{FC max} \cdot \text{TAS})$.

Indicadores de Recuperación

- Frecuencia cardiaca (FC) (l.p.m) en cada minuto de recuperación,
- ΔFC
- % de recuperación: $(1 - (\text{FC max} - \text{FC}_{\text{reposo}}) / (\text{FC}_{\text{predicha}} - \text{FC}_{\text{reposo}})) \cdot 100$

RESULTADOS

Se trata de un paratriatleta masculino, de 35 años de edad, con antecedentes personales de discapacidad visual del 85%, cirugía de vejiga, bazo y colon, fractura de peroné y desprendimiento de retina hace 11 años. Compite PTVI desde hace 4 años. Consume solo suplementos nutricionales de proteína y creatina.

En estado de reposo se valoró un consumo de O_2 de $250 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.
(**Tabla 1**).

Tabla 1. Indicadores basales de un paratriatleta categoría PTVI.					
Peso (kg)	71,5	FC _r (l.p.m)	66	VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	250,3
Talla (cm)	175	FC _{predicha} (l.p.m)	182	VO ₂ predicho (ml·min ⁻¹)	3280
IMC (kg/m ²)	23,35	TA (mmHg)	117/66	Pulso O ₂ (ml·min ⁻¹ ·latidos ⁻¹)	3,79

El paratriatleta pudo realizar la prueba con diferentes cargas de acuerdo con el protocolo aplicado (**Tabla 2**). Desde el punto de vista biomecánico, la prueba fue eficiente en sus movimientos, al corresponderse con ergómetro compatible con una fase de su práctica deportiva. El mayor valor de carga alcanzado y sostenido fue de 250 W (rendimiento mecánico) cuando realizaba la 5^{ta} etapa. Aunque no logro vencer el 6to escalón (300 W), la carga aplicada fue capaz de generar un impulso sobre la FC.

En términos generales la potencia mecánica media de 175,3 W. Por su parte, su máxima potencia relativa al peso sostenida fue de 3,5 W/kg para un promedio de 2,45 en la ejecución total de la carga incremental. Su eficiencia

según la economía de pedaleo de $12,34 \text{ ml}\cdot\text{W}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, mostrando un VO_2 max de $45,23 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

Durante el esfuerzo máximo se observó un adecuado nivel de rendimiento, logró alcanzar el 97,16% del VO_2 pico predicho, y aumentar en 13,3 su tasa metabólica basal.

Tabla 2. Indicadores de desempeño durante test cicloergométrico incremental de un paratriatleta categoría PTVI.

Escalones	Potencia mecánica (Wats)	Tiempo el escalón (mm:ss)	VO_2 ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	Potencia relativa al Peso ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Economía Pedaleo ($\text{ml}\cdot\text{W}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	ME T
Precarga	0	02:36	10,68	0,21	22,37	1,2
Carga 1	50	02:01	15,83	0,70	14,90	3,6
Carga 2	100	04:01	23,18	1,40	13,30	6,0
Carga 3	150	06:01	30,53	2,10	12,77	8,5
Carga 4	200	08:01	37,88	2,80	12,50	10,9
Carga 5	250	10:00	45,23	3,50	12,34	13,3
Carga 6	300	10:01	-	-	-	13,3
Post-carga	25	05:00	12,15	0,35	10,21	2,4

Como se muestra en el Figura 1 la frecuencia cardíaca máxima fue de 179 l.p.m, para un índice cronotrópico de 0,96 y llegar al 98% de la frecuencia cardíaca predicha. La aplicación de los métodos de regresión lineal y logarítmica ante permitió determinar del HRT como expresión del Umbral Anaerobio (Uman), el cual se ubicó a 150 l.p.m (**Tabla 3**).

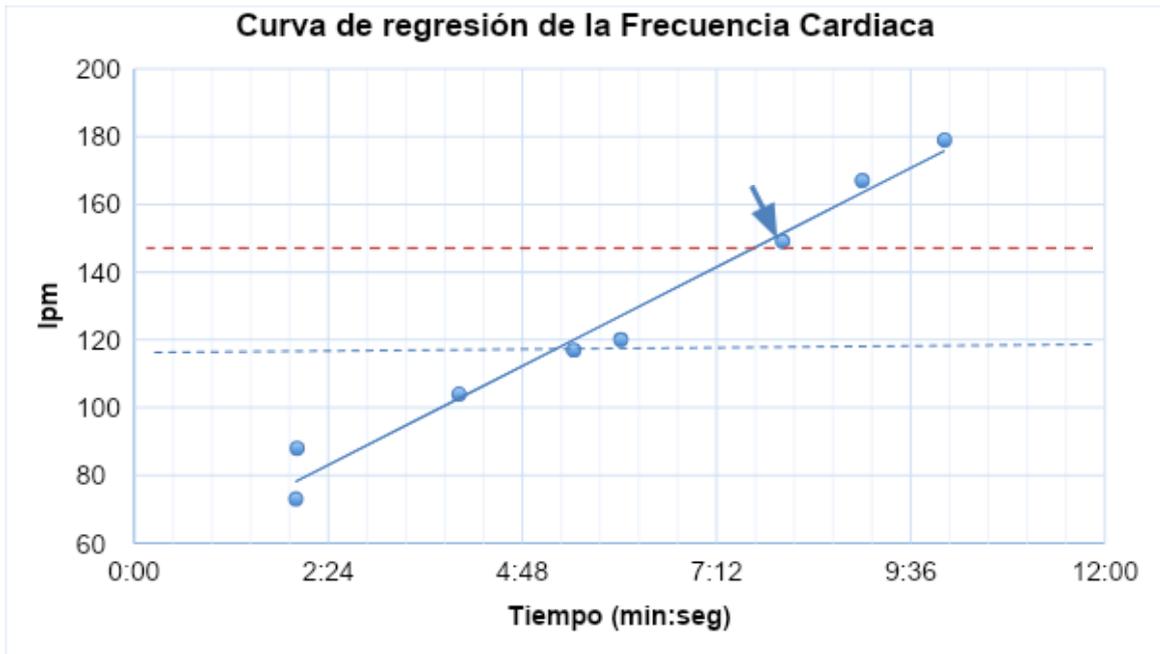


Figura 1. Determinación del HRT por ajuste de regresión lineal y logarítmica ante test incremental. Nota: la flecha diagonal indica el umbral de frecuencia cardíaca, la línea discontinua roja indica el Umbral Anaerobio (Uman) y la línea discontinua azul el Umbral Aerobio (UA).

Se procedió a obtener la regresión entre el VO_2 y la FC por escalones, de la cual se obtuvo la ecuación personalizada (Figura 2),

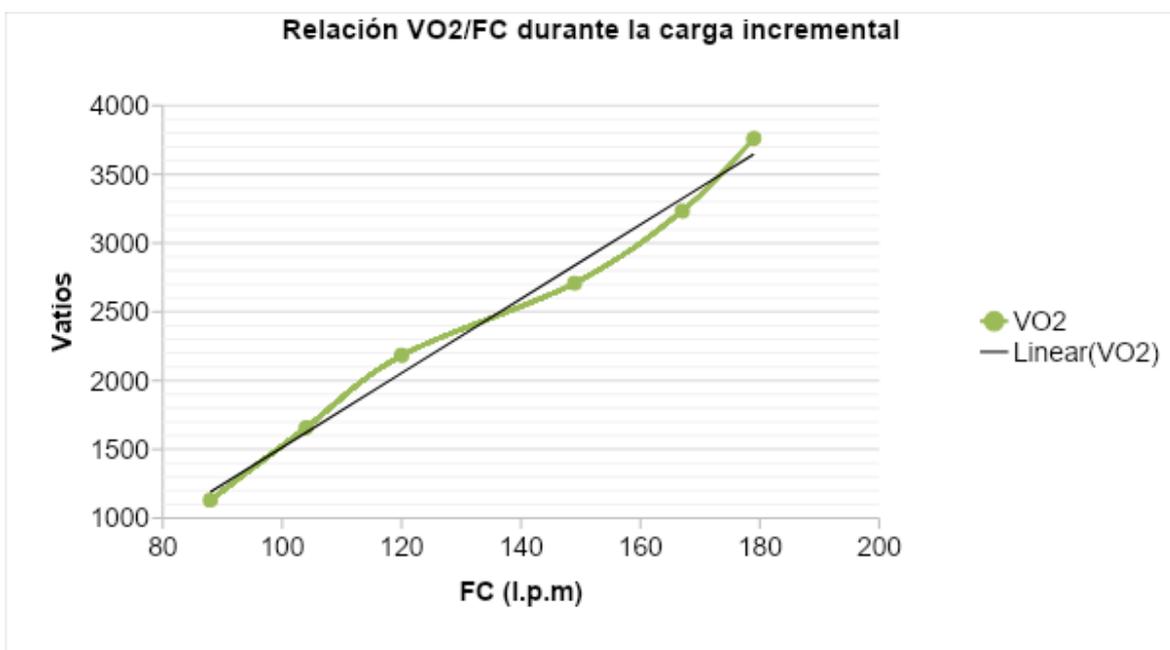


Figura 2. Determinación de la relación VO_2/FC por ajuste de regresión lineal ante test incremental. La ecuación permite el cálculo del VO_2 a nivel de los umbrales.

para así poder obtener los valores de VO_2 a partir de las FC estimadas de los umbrales (Tabla 3).

Tabla 3. Indicadores de desempeño y fisiológico a nivel de umbrales durante test cicloergométrico incremental de un paratriatleta categoría PTVI.

Estado	Potencia mecánica (Wats)	Potencia relativa al Peso (W/kg)	VO_2 (ml/kg/min)	% VO_2	FC	%FC
UA	150	2,1	29,94	51,27	117	64,29
Uman	200	2,8	37,39	81,51	150	82,42

La medición inmediatamente al finalizar la prueba de la presión arterial de 167/670 mmHg permitió estimar los indicadores de eficiencia cardiovascular en el máximo esfuerzo. Se observó un incremento de 50 mmHg de la TAS y de 4 mmHg de la TAD con respecto a los valores en reposo (**Tabla 4**).

Tabla 4. Indicadores aeróbicos y de eficiencia cardiovascular ante test incremental en cicloergómetro de un paratriatleta categoría PTVI.

Doble producto	14857	Consumo miocárdico de oxígeno	14,50	Tensión Arterial (mmHg)	167/70
Índice de eficiencia aerobia (mL/lat/Kg)	0,57	Índice de eficiencia miocárdica	3,90	Pulso O_2 (mL/lat/min)	20,50

Se observó una adecuada curva de recuperación de la FC, con una disminución de 33 latidos en el primer minuto, lo que representan un 29,20% con respecto a su zona de reserva cronotrópica (**Tabla 5**).

Tabla 5. Indicadores cronotrópicos de recuperación ante test incremental en cicloergómetro de un paratriatleta categoría PTVI.

	Minuto 1			Minuto 2			Minuto 3		
FC max	FC	Δ	% Rec	FC	Δ	% Rec	FC	Δ	% Rec
179	146	33	29,20	129	50	44,25	117	62	54,87

DISCUSIÓN

El test aplicado en cicloergómetro, permitió realizar la valoración funcional del paratriatleta, su estado de salud cardiovascular, la detección de la respuesta ante la carga y la poscarga, la delimitación de los umbrales, y la obtención de su pulso de entrenamiento.

El tiempo de trabajo en un evento de Paratriatlón determina que el rendimiento se deba esencialmente a la resistencia aeróbica, la que a su vez está determinada por factores como el consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{max}$), los umbrales, la economía/eficiencia del gesto, junto con la capacidad anaeróbica o la potencia crítica (según la distancia de competición) al decir de Torres Navarro⁹.

En el caso del Triatlón al decir de Mallol et al.¹⁰ hay que enfrentarse a: 1) diferentes modos de ejercicio; 2) variaciones interindividuales en el historial de entrenamiento en natación, ciclismo y carrera, que a su vez afectan las adaptaciones al entrenamiento de los triatletas y los perfiles de entrenamiento; 3) respuestas intergenéricas diversas; 4) diferentes distancias; y finalmente según criterios de los autores del presente artículo se anexan: 5) las características atribuibles a la discapacidad y los medios adaptados.

Por su parte, a criterio de los autores del presente manuscrito, el Paratriatlón en deportistas con discapacidad visual, aunque combina las anteriores características, requiere además poner en práctica estrategias como la retroalimentación sensorial, los cambios en los medios y la sincronía con el guía, elementos que requieren de un análisis de las capacidades funcionales de ambos deportistas.

La economía del ejercicio ha sido definida como el consumo de oxígeno requerido a una intensidad submáxima absoluta según Saunders et al.¹¹. Esta tiene una estrecha relación con el rendimiento de resistencia en individuos entrenados con $VO_2\text{max}$ homogéneo. Noakes y Tucker¹² respaldaron la interpretación de que la tasa máxima de trabajo durante la prueba de esfuerzo tiene un significado específico.

En el caso de la carrera Noakes¹³ presentó un paradigma interesante que vincula la mecánica de la economía y el $VO_2\text{máx}$. Según su punto de vista, la capacidad máxima de trabajo de un atleta determina el VO_2 logrado, y la economía estará inversamente relacionada con el $VO_2\text{máx}$.

En el caso del ciclismo, la economía del esfuerzo es un concepto que se refiere a la relación entre la potencia que se produce en la bicicleta y el consumo de oxígeno que se necesita para lograr dicho trabajo. Los ciclistas o triatletas que tengan una mejor economía podrán generar más potencia con menos esfuerzo. La economía de pedaleo es la demanda de O_2 de un esfuerzo concreto medido

⁹ Mallol et al., «El Triatlón y el control de la carga mediante la percepción del esfuerzo».

¹⁰ Millet, Verónica Vleck, y David J. Bentley, «Publice».

¹¹ Saunders et al., «Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners».

¹² Noakes y Tucker, «Inverse Relationship between $VO_2\text{max}$ and Economy in World-Class Cyclists».

¹³ Noakes, «Implications of Exercise Testing for Prediction of Athletic Performance».

como la relación entre el VO_2 y la intensidad del esfuerzo, expresada en forma de potencia desarrollada por un cicloergómetro ¹⁴ .

La economía del pedaleo depende de varios factores, como la eficiencia mecánica, la técnica, la aerodinámica, el peso, la composición corporal, el nivel de entrenamiento y el estado nutricional. Mejorar la economía del ciclismo es uno de los objetivos de los paratletas, ya que suponer una ventaja competitiva frente a otros rivales con un VO_2 máximo similar. Los datos individuales reportados por Lucía et al.¹⁵ en tres de sus atletas con tasas de trabajo pico similares (7,3-7,4 W/kg), mostraron, sin embargo, valores de VO_2 submáximo y máximo con diferencias significativas.

La existencia de una relación lineal entre los valores de la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno con respecto al aumento de las cargas de trabajo según Donald ¹⁶, tal como se observa en el caso del presente estudio, se mantiene hasta frecuencias cardíacas de 170 l.p.m. En este caso, se observa una adecuada respuesta de la frecuencia cardíaca al alcanzarse un índice cronotrópico de 0,97 (criterio de maximalidad).

Otro parámetro a considerar es la presión arterial, quien de conjunto con la frecuencia cardíaca se elevan también durante el ejercicio dinámico. El índice de eficiencia miocárdica, depende del balance entre las variaciones mecánicas del miocardio y el aporte de oxígeno al músculo cardíaco, como expresión del estado hemodinámico y la integridad cardiovascular ¹⁷. En sujetos sanos entrenados, se considera normal cuando el resultado es menor a 10; pero cuando este es superior, indica un excesivo trabajo miocárdico en relación con el gasto energético, que se manifiesta comúnmente con elevación exagerada de la frecuencia cardíaca (FC) y presión arterial (PA) a una baja carga de trabajo ¹⁸. Al tomar en cuenta las frecuencias cardíacas normales de 60 a 99 l.p.m y cifras sistólicas de tensión arterial entre 110 y 129 mmHg, los márgenes del doble producto serán normales cuando se encuentren entre 6600 y 11050 en reposo en sujetos no entrenados.

El VO_2 máx es importante, pero no lo es todo ¹⁹. Los valores de VO_2max se pueden justificar por las potenciales genéticas, a las adaptaciones enzimáticas y mitocondriales que generan los entrenamientos ²⁰, este caso posee una corta edad deportiva, una edad cronológica más avanzada y varios antecedentes de salud que pueden ser causa del valor absoluto obtenido, al que se suma un método indirecto para su obtención. Los valores del pulso de O_2 aumentan con

¹⁴ Navarro, «Consumo de oxígeno, potencia, frecuencia cardíaca y economía de pedaleo en jóvenes ciclistas y triatletas».

¹⁵ Lucía et al., «Inverse Relationship between VO_2max and Economy/Efficiency in World-Class Cyclists».

¹⁶ Donald, «The effect of exercise on the cardiac output and circulatory dynamics of normal subjects».

¹⁷ Rehman, Khan, y Rehman, «Physiology, Coronary Circulation».

¹⁸ Citalán-Jiménez et al., «Índice de eficiencia miocárdica en cardiopatas posterior a un programa de rehabilitación cardíaca».

¹⁹ Méndez, « VO_2 Max».

²⁰ Navarro, «Consumo de oxígeno, potencia, frecuencia cardíaca y economía de pedaleo en jóvenes ciclistas y triatletas».

la edad y con el entrenamiento. Un pulso de O₂ elevado significa una buena eficiencia del aparato cardiovascular.

Aunque los métodos más precisos para la medición de los umbrales son complejos, al basarse en la obtención de sangre para medir la cantidad de lactato (umbrales lácticos o HLaT) o el análisis de gases (umbrales ventilatorios o VT), existen métodos indirectos que se han validado en poblaciones deportivas. El umbral de frecuencia cardíaca (HRT) es otro indicador fisiológico que tiene una función similar, al estar vinculado al VT₂. En general, los métodos para la detección del HRT han dependido del análisis de regresión de la respuesta de la frecuencia cardíaca a incrementos progresivos en la carga de trabajo ²¹. La utilización de los umbrales, permite regular los suministros energéticos ²².

En el Uman o VT₂ se expresa los valores absolutos de VO₂ (mL/kg/min) o porcentaje con respecto al VO₂máx, como indicadores altamente correlacionados con el rendimiento de resistencia aeróbica ²³. El Uman o VT₂ suele darse entre el 45% y el 65% del VO₂máx en sujetos sanos no entrenados, y en un porcentaje mayor (cercano al 90% del VO₂máx) en atletas con un alto nivel de entrenamiento de resistencia ^{24 25}. Se ha demostrado que, tras el entrenamiento, se produce un aumento del VO₂ en la VT₂ de alrededor del 10-25% en individuos sedentarios ^{26 27}. Lo anterior demuestra que este indicador es uno de los factores con un margen de mayor entrenabilidad, aun cuando los valores absolutos de VO₂ no se incrementan tanto.

Yawn et al ²⁸ relacionan una anómala respuesta de la frecuencia cardíaca de recuperación con la mortalidad de origen cardiovascular. Una recuperación inferior a 12 l.p.m. en el primer minuto de la misma se considera un indicador de riesgo; en este caso se observa una suficiente recuperación de la FC durante el primer y segundo minutos. Según los criterios de Zintl Fritz ²⁹ al arribar a los 3 minutos de recuperación, el valor absoluto de la FC debe estar en 100 l.p.m. La resistencia de base también tiene la propiedad de influir en el tiempo de recuperación posterior al esfuerzo. Como método de control las pulsaciones de recuperación constituyen una medida indirecta del nivel de resistencia.

Las características del Paratriatlón y la competición específica, hacen bastante difícil establecer o encontrar estándares que no provengan del triatlón convencional. Los resultados de este estudio proporcionan información valiosa sobre la capacidad de los paratriatletas con discapacidad visual. Además,

²¹ Wyatt et al., «Utilización de una Regresión Logarítmica para Identificar el Umbral de Frecuencia Cardíaca en Ciclistas».

²² Fundora García, «Estudio sobre los test utilizados en el triatlón».

²³ Jones y Carter, «The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness».

²⁴ Myers et al., «Cardiopulmonary Exercise Testing in Heart Failure».

²⁵ Sarma y Levine, «Beyond the Bruce Protocol».

²⁶ Balady et al., «Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults».

²⁷ Mazaheri et al., «Cardiopulmonary Exercise Test Parameters in Athletic Population».

²⁸ Yawn et al., «Test-retest reproducibility of heart rate recovery after treadmill exercise».

²⁹ Zintl Fritz, «Entrenamiento de la resistencia».

discutimos varias implicaciones para futuros estudios que pretenden mejorar aún más nuestra comprensión de este tipo de valoración funcional.

CONCLUSIÓN

La respuesta funcional ante un protocolo de esfuerzo con test incremental en cicloergómetro de un paratriatleta categoría PTVI se valora de adecuada. La adecuada capacidad aeróbica ayuda al rendimiento en Paratriatlón con discapacidad visual debe dividir su atención a la sincronía con el guía, y satisfacer las demandas biomecánicas y fisiológicas que en gran medida recaen sobre el sistema aeróbico.

BIBLIOGRAFÍA

Balady, Gary J., Ross Arena, Kathy Sietsema, Jonathan Myers, Lola Coke, Gerald F. Fletcher, Daniel Forman, et al. «Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults: A Scientific Statement From the American Heart Association». *Circulation* 122, n.º 2 (13 de julio de 2010): 191-225. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181e52e69>.

Chambers, Ricardo. «Determinación del Umbral de Lactato en Triatletas: Aplicaciones Para el Entrenamiento». *PubliCE*, 2015.

Citalán-Jiménez, José A., Jorge A. Lara-Vargas, Juan A. Pineda-Juárez, María C. Salgado-Solorio, Marco A. Reza-Orozco, Rodolfo Arteaga, Jesica Vergara-Guzmán, Rodrigo Contreras-Juvenal, María Galván-López, y Eduardo A. Leyva-Valadez. «Índice de eficiencia miocárdica en cardiópatas posterior a un programa de rehabilitación cardiaca». *Archivos de Cardiología de México* 92, n.º 4 (24 de noviembre de 2022): 7828. <https://doi.org/10.24875/ACM.21000227>.

Donald, KW. «The effect of exercise on the cardiac output and circulatory dynamics of normal subjects». *Clin Sci* 14 (1955): 37-73.

Fundora García, Pavel. «Estudio sobre los test utilizados en el triatlón». *Podium. Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física* 14 (2019): 527-42.

González, María Elena, Evelina Almenares-Pujadas, Graciela Nicot-Balon, José R Amaro-Chelala, y Mercedes González. «Índice de Eficiencia Aerobia como Indicador de la Eficiencia Cardiovascular en Deportistas de Combate», 2007. <https://g-se.com/indice-de-eficiencia-aerobia-como-indicador-de-la-eficiencia-cardiovascular-en-deportistas-de-combate-866-sa-W57cfb27195323>.

Hosokawa, Yuri, Paolo Emilio Adami, Ben Thomas Stephenson, Cheri Blauwet, Stephane Bermon, Nick Webborn, Sebastien Racinais, Wayne Derman, y Victoria L Goosey-Tolfrey. «Prehospital management of exertional heat stroke at sports competitions for Paralympic athletes». *British Journal of Sports Medicine* 56, n.º 11 (15 de enero de 2021): 599-604. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104786>.

Jones, Andrew M., y Helen Carter. «The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness»: *Sports Medicine* 29, n.º 6 (2000): 373-86. <https://doi.org/10.2165/00007256-200029060-00001>.

López, Emilio J Martínez. *Pruebas de aptitud física*. Vol. 24. Editorial Paidotribo, 2007.

Lucía, Alejandro, Jesus Hoyos, Margarita Pérez, Alfredo Santalla, y José L. Chicharro. «Inverse Relationship between VO₂max and Economy/Efficiency in World-Class Cyclists». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34, n.º 12 (diciembre de 2002): 2079-84. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000039306.92778.DF>.

Mallol, Milos, Jesús Cámara, Julio Calleja-González, Javier Yanci, y Gaizka Mejuto. «El Triatlón y el control de la carga mediante la percepción del esfuerzo». *Arch. med. deporte* 32, n.º 167 (2015): 164-68.

Mantilla, José Iván Alfonso. «Aptitud física y valoración funcional en futbolistas: revisión de la literatura». *VIREF Revista de Educación Física* 8, n.º 4 (2019): 78-90.

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/viref/article/view/337762/20802158>.

Mazaheri, Reza, Christian Schmied, David Niederseer, y Marco Guazzi. «Cardiopulmonary Exercise Test Parameters in Athletic Population: A Review». *Journal of Clinical Medicine* 10, n.º 21 (29 de octubre de 2021): 5073. <https://doi.org/10.3390/jcm10215073>.

Méndez, Roberto. «VO₂ Max: Qué es, por qué es importante y cómo calcularlo». *Palabra de Runner* (blog), 25 de septiembre de 2017. <https://www.palabraderunner.com/vo2-max-que-es-y-formula/>.

Millet, Grégoire P, Verónica Vleck, y David J. Bentley. «Demandas Fisiológicas del Triatlón», 2014. <https://g-se.com/demandas-fisiologicas-del-triatlon-1732-sa-a57cfb27244fe0>.

Myers, Jonathan, Ross Arena, Lawrence P. Cahalin, Valentina Labate, y Marco Guazzi. «Cardiopulmonary Exercise Testing in Heart Failure». *Current Problems in Cardiology* 40, n.º 8 (agosto de 2015): 322-72. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2015.01.009>.

Navarro, Vicente. «Consumo de oxígeno, potencia, frecuencia cardiaca y economía de pedaleo en jóvenes ciclistas y triatletas». Pontevedra, España, 2017.

https://www.researchgate.net/publication/319906826_Consumo_de_oxigeno_potencia_frecuencia_cardiaca_y_economia_de_pedaleo_en_jovenes_ciclistas_y_triatletas.

Noakes, T. D. «Implications of Exercise Testing for Prediction of Athletic Performance: A Contemporary Perspective». *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20, n.º 4 (agosto de 1988): 319-30. <https://doi.org/10.1249/00005768-198808000-00001>.

Noakes, Timothy D., y Ross Tucker. «Inverse Relationship between VO₂max and Economy in World-Class Cyclists». *Medicine and Science in Sports and*

Exercise 36, n.º 6 (junio de 2004): 1083-84; author reply 1085-1086. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000128140.85727.2d>.

Rehman, Saad, Amir Khan, y Afzal Rehman. «Physiology, Coronary Circulation». En *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482413/>.

Sarma, Satyam, y Benjamin D. Levine. «Beyond the Bruce Protocol». *Cardiology Clinics* 34, n.º 4 (noviembre de 2016): 603-8. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2016.06.009>.

Saunders, Philo U, David B Pyne, Richard D Telford, y John A Hawley. «Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners»: *Sports Medicine* 34, n.º 7 (2004): 465-85. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00005>.

Tanaka, Hirofumi, Kevin D Monahan, y Douglas R Seals. «Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited». *Journal of the American College of Cardiology* 37, n.º 1 (enero de 2001): 153-56. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(00\)01054-8](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)01054-8).

Wolbring, Gregor, y Brian Martin. «Analysis of the Coverage of Paratriathlon and Paratriathletes in Canadian Newspapers». *Sports* 6, n.º 3 (2018): 87. <https://doi.org/10.3390/sports6030087>.

Wyatt, Frank B., Jason P. McCarthy, James Heimdal, Selena Godoy, y Lance Autrey. «Utilización de una Regresión Logarítmica para Identificar el Umbral de Frecuencia Cardíaca en Ciclistas». *PubliCE Premium* 0 (2006). <https://g-se.com/utilizacion-de-una-regresion-logaritmica-para-identificar-el-umbral-de-frecuencia-cardiaca-en-ciclistas-708-sa-V57cfb271790f0>.

Yawn, Barbara P., K. Afzal Ammar, Randal Thomas, y Peter C. Wollan. «Test-retest reproducibility of heart rate recovery after treadmill exercise». *The Annals of Family Medicine* 1, n.º 4 (2003): 236-41. <https://www.annfammed.org/content/annalsfm/1/4/236.full-text.pdf>.

Zintl Fritz, P. «Entrenamiento de la resistencia». Fundamentos, métodos y dirección del Entrenamiento. Barcelona: Martínez Rocas, SA, 1991.

Licencia Creative Commons
Atribución Nom-Comercial 4.0
Unported (CC BY-NC 4.0) Licencia
Internacional



**CUADERNOS DE SOFÍA
EDITORIAL**

Las opiniones, análisis y conclusiones del autor son de su responsabilidad y no necesariamente reflejan el pensamiento de la Revista.

Para referencias de páginas de este artículo revisar su versión en PDF