




Respuestas cardiocirculatorias, metabólicas y perceptivas en competición de esgrima en silla de ruedas de élite

Julio Martín-Ruiz¹, Jorge Alarcón-Jiménez², Nieves de-Bernardo², Xavier Iglesias³  y Laura Ruiz-Sanchis⁴

¹ Departamento de Salud y Valoración Funcional, Universidad Católica de Valencia (España).

² Departamento de Fisioterapia, Universidad Católica de Valencia (España).

³ Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC), Universidad de Barcelona (España).

⁴ Departamento de Gestión Deportiva y Didáctica de la Actividad Física, Universidad Católica de Valencia (España).

Citación

Martín-Ruiz, J., Alarcón-Jiménez, J., de-Bernardo, N., Iglesias, X. & Ruiz-Sanchis, L. (2024). Cardiac, metabolic and perceptual responses in elite wheelchair fencing competition. *Apunts Educación Física y Deportes*, 157, 51-57. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2024/3\).157.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2024/3).157.06)

Resumen

La esgrima en silla de ruedas es un deporte caracterizado por esfuerzos de carácter intermitente donde el ritmo de las acciones es máximo. Existe carencia bibliográfica sobre la evolución de la fatiga en este deporte, en contraste con la información referente a la modalidad olímpica. El objetivo de este estudio fue calcular los valores cardiocirculatorios, metabólicos y perceptivos en una competición internacional de esgrima en silla de ruedas para aumentar los recursos en la programación específica del entrenamiento en este deporte. Competieron 16 tiradores de categoría A (7) y categoría B (9), a los que se monitorizó la frecuencia cardiaca, el lactato en sangre y la percepción de esfuerzo en cada fase de la competición. Tanto la frecuencia cardiaca ($p = .014$) como el lactato en sangre ($p = .037$) y la percepción de esfuerzo ($p = .04$) aumentaron más en la fase de eliminación directa que en la *poule*, y se estabilizó en el tramo final de competición. En conclusión, todos los parámetros analizados tienden a incrementarse tras la fase de *poule* y llegan a sus valores máximos en las eliminaciones directas. A pesar de que los valores metabólicos superaron levemente el umbral aeróbico, es necesario crear una estrategia de entrenamiento para demorar la fatiga y evitar así errores coordinativos, lo cual es tan importante en esta modalidad paralímpica que necesita alta precisión a velocidad máxima.

Palabras clave: esgrima paralímpica, frecuencia cardiaca, lactato, percepción del esfuerzo.

Editado por:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondencia:

Laura Ruiz-Sanchis
laura.ruiz@ucv.es

Sección:

Entrenamiento deportivo

Idioma del original:

Español

Recibido:

23 de enero de 2024

Aceptado:

15 de marzo de 2024

Publicado:

1 de julio de 2024

Portada:

Boat Zero y Patriot navegando
bajo el esplendor de Barcelona.
© Ugo Fonollá / America's Cup

Introducción

La esgrima olímpica es un deporte acíclico con un gran número de acciones a alta velocidad. En términos de energía demandada, en una competición que incluye varios asaltos en un intervalo total de 3-4 horas, el empleo del sistema aeróbico es del 80-90 % (Bottoms et al., 2023). Este aspecto es más marcado en las eliminaciones directas, con una estimación de esfuerzo realizado de unos 8.6 ± 0.54 mets (Milia et al., 2014); por tanto, la mejora de este sistema, ejemplificado en adaptaciones tales como el aumento del tamaño y número de mitocondrias, ayudará a mantener la intensidad más tiempo (Yang et al., 2022).

La naturaleza de este deporte es poseer un carácter intermitente, que requiere gran cantidad de energía del sistema de fosfágenos (Turner et al., 2014). Desde una perspectiva analítica, en un asalto se producen estímulos de carácter anaeróbico aláctico por la sucesión de acciones en la unidad de tiempo, pudiendo llegar a valores de lactato superiores a $4 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ (Turner et al., 2017b), teniendo en cuenta las rondas iniciales clasificatorias de *poule* y las siguientes de eliminación directa, hasta el final de la competición, donde la dificultad de los rivales se incrementa.

Calcular la intensidad a la que compite un tirador desde el punto de vista cardiorrespiratorio es crucial para la programación de la condición física. A pesar de que la exigencia de una competición en silla de ruedas es menor que la de esgrima en pie, y similar en asaltos de eliminación directa (Iglesias et al., 2019), no es comparable a otros deportes en silla de ruedas como el baloncesto (Vaquera et al., 2016) por el tipo de exigencia que cada uno implica.

Tomando como referencia la esgrima olímpica, la contribución energética en términos absolutos (Passali et al., 2015) indica que la aportación del sistema oxidativo es muy similar en las distintas fases de una competición (*poules*: 185.55 ± 36.43 kJ; 1.º asalto eliminatorio: 185.46 ± 28.81 kJ; 2.º asalto eliminatorio: 186.62 ± 27.70 kJ). En el caso de los fosfágenos, hay mayor contribución en las *poules* (28.70 ± 10.09 kJ) que en las rondas directas (1.ª: 19.53 ± 9.49 kJ; 2.ª: 22.25 ± 9.27 kJ). Por último, el sistema glucolítico es muy superior en las *poules* (16.42 ± 6.47 kJ) en comparación con las siguientes 2 rondas (1.20 ± 1.32 kJ y 1.34 ± 1.84 kJ, respectivamente).

En lo que a la energía relativa se refiere, el sistema oxidativo tiene menor contribución ($p < .05$) en los asaltos de *poule* (80.57 ± 4.45 %) que en comparación con el primer y segundo asalto de eliminación directa a 15 tocos (90.02 ± 4.69 % y 88.8 ± 4.28 %), respectivamente. Por otro lado, el sistema glucolítico tiene un protagonismo mayor en la primera ronda (6.97 ± 2.53 %) que en las siguientes dos fases (0.63 ± 0.73 % y 0.60 ± 0.80 %). En el caso de los fosfágenos, se mantienen estables con alguna oscilación (*poules*: 12.44 ± 6.67 %; 1.º asalto directo: 9.35 ± 4.30 %; 2.º asalto directo: 10.60 ± 4.52 %) (Franchini, 2023).

La unidad de medida con la que se suelen realizar las mediciones en estas competiciones es relacionando la frecuencia cardiaca de reserva y el nivel de VO_2 máx., aspecto discutido por algunos autores, que indican que se sobreestima este último valor (en deportes como la bicicleta o la carrera), por lo que hay que considerarlo con cautela (Guimarães et al., 2019). Esto ha sido confirmado por otros investigadores que indican que esta correlación es individual, por características intrínsecas que hacen que no pueda generalizarse (Ferri Marini et al., 2022), ya que hay beneficios de otras capacidades que pueden influir, como el hecho de que el entrenamiento de fuerza puede contribuir a mejorar la fuerza resistencia en deportes de lucha (Cid-Calfucura et al., 2023).

Incidiendo en este punto, sí existe consenso a la hora de emplear valores perceptivos y de frecuencia cardiaca, dada la probada alta correlación entre la percepción del esfuerzo y las pulsaciones por minuto tras ejercicio ($r = .84 - .98$), durante el mismo ($r = .73 - .85$) y durante sus respectivas fases ($r = .82 - .92$) (Turner et al., 2017a).

Las escalas han demostrado ser un buen indicador de la intensidad incluso en ejercicios de fuerza, donde la correlación se sitúa en $r = .8$ (Lagally y Costigan, 2004), incluso para valorar el impacto de una actividad con precisión en personas con silla de ruedas (Zhao et al., 2022), por lo que se ha revelado como un sistema fiable para la regulación de la intensidad en esta capacidad. Modelos como el de la escala Omni-res puede emplearse en ejercicios de fuerza tanto por hombres como por mujeres y, cuando se producen incrementos de fuerza, se ven reflejados en los ítems de la escala, que varían acorde al ejercicio (Gearhart et al., 2009). Este aspecto resulta relevante, al ofrecer a los equipos técnicos herramientas para indicar las zonas de trabajo según los sistemas fisiológicos involucrados (Lagally et al., 2009).

Considerando estos detalles, sería posible anticipar una estrategia competitiva en la que se tenga en cuenta la fatiga y puedan agregarse recursos que permitan retardarla, tal y como ocurre con las nutricionales: una solución de carbohidratos en la boca permite mantener el nivel técnico, aunque no tenga el mismo efecto sobre la velocidad de reacción en espadistas de alto nivel (Rowlatt et al., 2017). En este sentido, la deshidratación es frecuente y supone un riesgo muy alto, más en el caso de hombres que de mujeres, por lo que la restitución de líquidos es fundamental, de lo contrario el pulso se verá afectado y se elevará (Eda et al., 2022), aunque no tenga efectos directos sobre el nivel de lactato (Chrysanthopoulos et al., 2020).

Además, la esgrima olímpica y paralímpica presenta tres modalidades distintas (espada, florete y sable), con tiempos de trabajo y descanso diversos que requieren una sollicitación de sustratos energéticos también diferenciada (Tarragó et al., 2023). Algunos estudios se han centrado en el análisis de competiciones simuladas. Por ejemplo, en

competición simulada de florete se han observado valores de pulsaciones por minuto y percepción de esfuerzo (RPE, por sus siglas en inglés) mayores en asaltos de eliminación directa (163 ± 13 lat·min⁻¹ y 3.7 ± 1.2 RPE en *poule* y 170 ± 10 lat·min⁻¹ y 5.6 ± 1.6 RPE en eliminación directa) (Bottoms et al., 2023). En competición simulada de espada se han encontrado valores similares, pero sin tantas diferencias entre eliminatorias (168 ± 12 lat·min⁻¹ en *poule* y 169 ± 14 lat·min⁻¹ en eliminación directa) (Oates et al., 2019). Valoraciones en competición oficial no son tan estudiadas en la literatura, pero se describen valores de frecuencia cardíaca y lactato en asaltos de espada masculina de 166 ± 8 lat·min⁻¹ y 3.2 ± 0.7 mmol·L⁻¹, y en florete femenino de 173 ± 7 lat·min⁻¹ y 4.2 ± 0.9 mmol·L⁻¹ (Iglesias y Rodríguez, 1995).

La bibliografía específica actual cuenta con escasos datos específicos de la esgrima en silla de ruedas en situación de combate. Uno de los estudios más recientes describió valores de consumo de oxígeno en asaltos de entrenamiento de 23.3 ± 6.1 ml·min⁻¹·kg⁻¹ con valores pico de 32.1 ± 7.9 ml·min⁻¹·kg⁻¹. Los registros de frecuencia cardíaca en estos asaltos de entrenamiento se correspondían con una intensidad media del 72.7 ± 10.3 % de la frecuencia cardíaca máxima de los tiradores. Asimismo, se registraron valores de lactato de 3.5 ± 3.6 mmol·min⁻¹ y una RPE de 4.8 ± 3.2 (Oates et al., 2019).

Dada la poca variedad de trabajos con los que establecer una comparación en la cuantificación del gasto energético y perceptivo en la esgrima en silla de ruedas en competición oficial, el objetivo del presente estudio se centra en calcular los valores cardiocirculatorios (frecuencia cardíaca, frecuencia cardíaca de reserva [Bok et al., 2023], índice de Wint [Sowan et al., 2023]), metabólicos (lactato sanguíneo) y perceptivos, en el transcurso de una competición internacional en la que intervienen deportistas de alto nivel de España, Finlandia, Hungría, Perú y Rumanía en categorías A y B. Las categorías A y B corresponden a la clasificación funcional mediante la que se compete en esgrima paralímpica.

Su cálculo facilitará objetivar la carga de acondicionamiento a este tipo de tiradores y la optimización de la programación de la condición física enfocada a la competición, para contrarrestar la fatiga además de contribuir a un mayor conocimiento de este deporte paralímpico.

Metodología

Participantes

Se organizó un torneo internacional de esgrima en silla de ruedas con el arma de la espada. Dentro del mismo, se diferenciaron 3 competiciones con el total de participantes ($n = 16$): i) una con deportistas de categoría A ($n = 7$), los más funcionales con correcto equilibrio sentado, movilidad

de tronco y buena función del brazo armado; ii) una segunda de categoría B ($n = 5$), con discapacidad en piernas, tronco o el brazo armado, y iii) la última con aquellas personas que, siendo de categoría B, tenían una menor experiencia ($n = 4$). Los países participantes fueron España (11), Hungría (1), Finlandia (2), Rumanía (1) y Perú (1). Las características de la muestra se describen en la Tabla 1.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación (CEI) de la Universidad Católica de Valencia con la Resolución N.º UCV/2022-2023/107, sobre los lineamientos descritos en la Declaración de Helsinki sobre la conducta de ensayos clínicos en humanos, y todas las personas participantes en el estudio firmaron el correspondiente consentimiento informado.

Tabla 1

Caracterización de la muestra de deportistas en silla de ruedas participantes en el estudio.

Variable		
<i>n</i>		16
Edad (años)		34.94 ± 12.94
Sexo (<i>n</i>)	Hombre	9 (56.25 %)
	Mujer	7 (43.75 %)
Talla sentado (<i>m</i>)		0.85 ± 0.08
Envergadura (<i>m</i>)		1.65 ± 0.22
Categoría (<i>n</i>)	Clase A	7 (43.75 %)
	Clase B	9 (56.25 %)
Experiencia		5.11 ± 5.37
Lateralidad	Diestra	13 (81.25)
	Zurda	3 (18.75)

Material y método

Cada deportista realizó dos pruebas antropométricas específicas: cálculo de la talla sentado y envergadura. No se han realizado valoraciones habituales como el peso o la talla en pie por imposibilidad de realizarlo en la mayoría de los casos.

Para la talla sentado, se ha situado al participante en sedestación sobre un taburete de 44 cm. En posición erguida, y manipulando la cabeza hasta llegar al ángulo de Frankfort, se ha posicionado el estadiómetro (Seca 213, Hamburgo, Alemania) sobre el vertex. Se ha restado el resultado a la medida del asiento para obtener la altura.

En el caso de la medición de la envergadura, con el participante en sedestación sobre un taburete sin respaldo, y con ambas caderas y escápulas en contacto con la pared, se le ha pedido que realice una abducción de hombros y extensión de codos, dejando las falanges extendidas. Se ha tomado la medida máxima existente entre el dedo corazón de ambas manos.

Se analizaron los datos de frecuencia cardíaca, frecuencia cardíaca de reserva, índice aeróbico de Wint y percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) para determinar la fatiga que se acumula durante el proceso de una competición. En el caso de los valores fisiológicos, se ha monitorizado la frecuencia cardíaca durante la competición, con pulsómetros de brazalete de banda codificada (Moofit, Shenzhen, Guangdong, China), recogidos con el *software* Pulsemonitor (Pulsemonitor, Michalowice, Polonia). Con los datos de la edad y frecuencia basal solicitados previamente, se obtuvo la frecuencia cardíaca de reserva aplicando la ecuación:

$$FCR = FC.máxima \text{ del asalto} * \frac{100}{220 - \text{Edad}}$$

y el índice de la carga aeróbica de Wint con el cálculo:

$$IW = FC.máxima - FC \frac{\text{Previa}}{220 - \text{Edad}} - Fc.Previa$$

Se realizó una competición de espada siguiendo sus fases habituales: una primera ronda de *poules* a 5 tocados y 3 minutos de tiempo real, y una segunda fase de asaltos de eliminación directa a 15 tocados y 9 minutos de tiempo real. Tras cada fase, para determinar el estrés metabólico, se recogieron los niveles de lactato de cada participante pasados 3 minutos del término de cada asalto, sobre el lóbulo de la oreja con Lactate Pro2 (Arkray Inc., Kyoto, Japón).

Paralelamente a la toma de estas muestras, se anotó la percepción del esfuerzo de cada uno de esos momentos empleando la escala Omni-res de Robertson et al. (2003), con el fin de establecer la correlación entre indicadores fisiológicos y perceptivos. Se resumen estos procedimientos en la Figura 1.

Análisis estadístico

Los datos se han descrito mediante medias y desviaciones estándar, así como medianas y rangos intercuartílicos para las variables cuantitativas continuas y mediante proporciones para las variables cualitativas.

Se ha ajustado el modelo según el protocolo de Zuur e Ieno (2016). En primer lugar, se ha determinado la estructura del error de los datos ajustando el modelo más allá del óptimo (*Beyond the optimal model*). En el caso de los modelos para determinar los cambios en la frecuencia cardíaca y la acumulación de lactato se ajustó el modelo:

$$Y \sim \text{Fase} * (\text{Experiencia} + \text{Categoría} + \text{Sexo}) + 1(1|ID)$$

Mientras que para el modelo que determina los cambios en la percepción del esfuerzo se ajustó de la siguiente forma:

$$Y \sim \text{Fase} * (\text{Experiencia} + \text{Categoría} + \text{Sexo}) + FC + \text{Lactato} + (1|ID)$$

De este modo se contemplan todos los factores estudiados y las interacciones de primer nivel entre los factores sociodemográficos y la fase de competición.

En segundo lugar, se ha ajustado la estructura aleatoria del modelo, utilizando el individuo (ID), estimando los coeficientes con el método REML. Posteriormente, se ha ajustado la estructura fija del modelo con el método ML, eliminando de forma iterativa las interacciones hasta que el modelo deja de mejorar. Finalmente, se reporta el modelo óptimo estimando los coeficientes con el método REML. Para la interpretación del modelo, se ha atendido a los coeficientes y a los resultados del ANOVA tipo II. Para los factores categóricos significativos, se han realizado comparaciones *post hoc* por medio del paquete emmeans.

Todos los modelos anidados se han comparado entre sí mediante el criterio de información de Akaike corregido (AICc). En todos los casos, se han comprobado los supuestos de los modelos lineales, inspeccionando visualmente los residuos y los residuos DHARMa. Los modelos se han ajustado con los paquetes lme4 v.1.1-30 e lmerTest v.3.1-3.

Todos los análisis se han realizado con R (R Core Team, 2013) v.4.2.2. La lectura de las tablas de datos se ha realizado con el paquete openxlsx v. 4.2.5 (para archivos xlsx) y/o con haven v.2.5.0 (para archivos sav). Los gráficos se han realizado con ggplot2 v.3.3.6 ggpvr v.0.4.0 y otras funciones integradas en los paquetes ya mencionados. En todos los análisis se ha utilizado $\alpha = .05$.

Figura 1

Software de recogida de la frecuencia cardíaca, muestra de lactato, explicación del protocolo de la escala Omni-res.

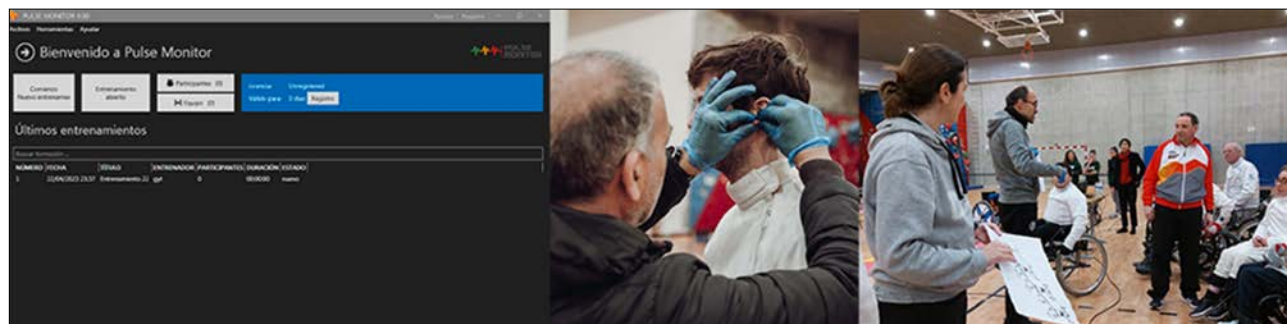
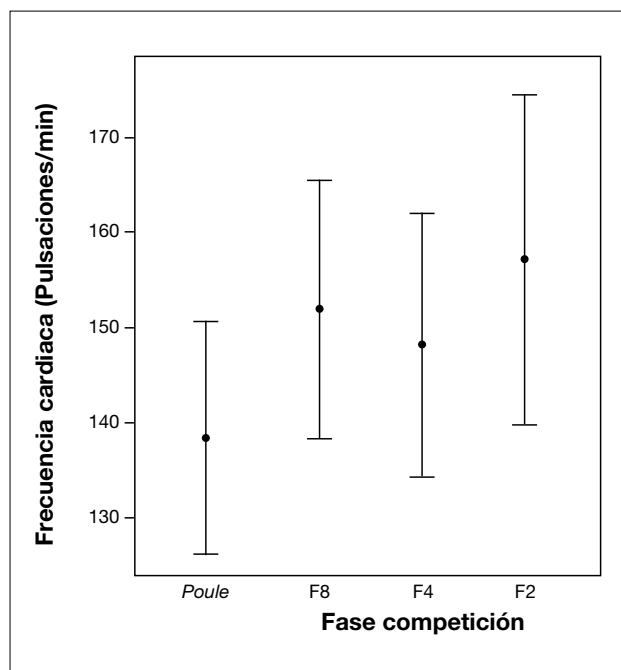
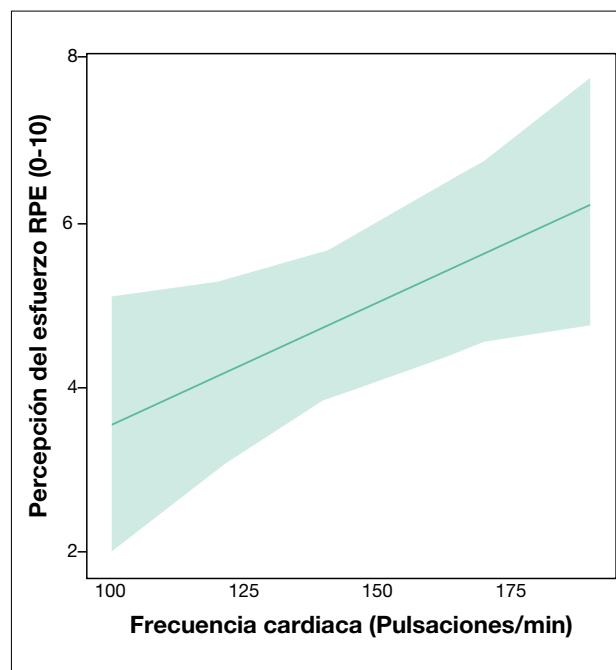


Figura 2

Variación de la frecuencia cardíaca en las fases de poule y de eliminación directa (F8, F4 y F2).

**Figura 3**

Variación de la frecuencia cardíaca y la percepción de esfuerzo en las fases de poule y de eliminación directa.

**Tabla 2**

Diferencias de la acumulación de lactato entre fases de la competición.

	contraste	estimación	SE	df	ratio t	valor de p
1	Poule	-0.161	0.358	27.443	-0.450	.655
2	F8 - F4	-1.101	0.500	28.378	-2.202	.088
3	F8 - F2	-1.578	0.606	28.582	-2.602	.037
4	F4 - F2	-0.476	0.580	28.285	-0.821	.692

Nota: Test de Tukey para analizar diferencias en acumulación de lactato.

Resultados

Los valores iniciales de frecuencia cardíaca antes de la competición fueron de 87.88 ± 23.29 lat·min⁻¹, mientras que los valores de lactato fueron de 2.36 ± 0.84 mmol·l⁻¹. En la Figura 2, se muestra la evolución de la frecuencia cardíaca en cada una de las fases. Se refleja que en las fases de eliminación directa la frecuencia cardíaca fue mayor de forma significativa y sin diferencia entre sexos ($p = .605$). El test de Tukey indica cambios significativos entre ambas fases de la competición ($p = .014$). Estos datos presentan una alta correlación con dos variables dependientes de este valor, en el caso de la frecuencia cardíaca de reserva $r = .90$ y en el índice de la carga aeróbica de Wint, $r = .76$.

En la Tabla 2, se muestra la diferencia en la acumulación de lactato entre la fase de poule y las de eliminación directa, que, del mismo modo que la frecuencia cardíaca, no presentan diferencias entre hombres y mujeres ($p = .792$).

En la Figura 3, pueden verse las diferencias en la percepción de esfuerzo de la poule frente al resto del torneo (F8, F4, F2). Se ha detectado un efecto significativo que indica que en las fases de competición hubo una percepción del esfuerzo 1.34 ± 0.43 puntos mayor que en la fase previa.

Teniendo en cuenta las distintas fases de la competición, hubo diferencias significativas entre la fase inicial y las posteriores ($p = .028$ y $p = .002$), sin presentar este aumento significativo entre las fases F4 y F2 ni reportar diferencias entre sexos ($p = .535$).

Discusión

Es importante identificar cuáles son las respuestas fisiológicas derivadas de una competición real, ya que perfila las necesidades condicionales del deportista.

Las características de cada uno de los asaltos se asemejan a un ejercicio de carácter interválico, en los que hay un gran nivel de incertidumbre por su patrón intermitente. En contextos en los que no sea posible la medición de parámetros respiratorios tales como el VO_2 máx., contar con registros cardiocirculatorios, metabólicos y perceptivos resulta adecuado (López-Chicharro y Vicente-Campos, 2018) para detectar y posteriormente abordar con precisión las necesidades de mejora que se presenten. Atendiendo a este razonamiento, Iglesias et al. (2023) presentan un estudio en esgrima en silla de ruedas en el que se afirma que podemos utilizar la frecuencia cardíaca para estimar el consumo de oxígeno asumiendo una cierta subestimación (9.9 %) pero con buenos índices de correlación ($r = .843$, $p < .001$).

En el desarrollo de la competición, la frecuencia cardíaca ha promediado 14.08 ± 5.33 pulsaciones más en la eliminación directa que en las *poules*, aspecto que confirma lo que Turner et al. (2017b) comentan, indicando que esa fase, con 15 tocados por asalto, condiciona el contraste de este valor ($p = .014$) entre ambas fases, para luego estabilizarse hasta el final de la competición ($\text{F8-F4 } p = .875$, $\text{F8-F2 } p = .830$, $\text{F4-F2 } p = .561$). Este hallazgo indica que tanto la esgrima olímpica como la paralímpica presentan comportamientos similares en la respuesta cardiocirculatoria, en ambas modalidades aumenta la fatiga de forma progresiva y cuenta con una alta correlación con la frecuencia cardíaca de reserva ($r = .90$) y con el índice de la carga aeróbica de Wint ($r = .76$). Este análisis debe tenerse en cuenta, vinculado al ritmo respiratorio, que se ve incrementado con respecto a otro tipo de prácticas, ya que la resistencia nasal tras un asalto es de $0.28 \pm .16 \text{ Pa}^{\text{cm}^3/\text{s}}$. Sin ella, en una práctica normal de actividad física, el valor medio es de $0.24 \pm .15 \text{ Pa}^{\text{cm}^3/\text{s}}$, por lo que se evidencian diferencias significativas entre usar o no la careta de esgrima antes y después de la práctica deportiva ($p < .05$) (Passali et al., 2015).

Desde el plano metabólico, no hay diferencia significativa en la acumulación del lactato entre fases ($p = .656$): se observa un efecto marginalmente significativo entre la primera y segunda fase de la competición ($\text{F8-F4 } p = .037$). Si se analiza el efecto que la fase de competición tiene sobre la acumulación de lactato, este es mayor en el último tramo de la competición que en el primero. Este dato concuerda con lo que ocurre en la esgrima olímpica en competición (Turner et al., 2017b), en la que se producen valores superiores a 4 mmol l^{-1} en la parte final del torneo.

Tampoco existen variaciones significativas ($p = .089$) al tener en cuenta la categoría; la A acumula algo más que la B (1.307 ± 0.715). Sí resulta relevante tener en cuenta que, a mayor experiencia, menor es el incremento (disminuye $0.127 \pm 0.064 \text{ mmol l}^{-1}$), elemento que puede vincularse a que esgrimistas de élite son capaces de generar una mayor velocidad con respecto a esgrimistas con un nivel inferior, a pesar de incrementar su lactato en sangre (Weichenberger et al., 2012) con respecto a aquellos con un nivel inferior.

Este dato resulta relevante dado que la fatiga periférica que se produce conlleva deficiencias coordinativas que pueden impedir ejecutar con precisión gestos técnicos que requieren de velocidad máxima (Varesco et al., 2023).

La percepción del esfuerzo ha seguido un camino análogo a la frecuencia cardíaca. Se ha ido incrementando al avanzar la competición, destacándose de forma significativa entre *poules* y asaltos de eliminación directa ($p = .004$) y cada una de las fases posteriores ($\text{F8-F4 } p = .028$; $\text{F8-F2 } p = .002$), salvo en la última ($\text{F4-F2 } p = .212$). Este aumento se ha producido en paralelo a la frecuencia cardíaca ($.03 \pm .014$ por cada unidad de frecuencia cardíaca). Este hecho confirma la relación entre la percepción y la frecuencia cardíaca, que en esgrima olímpica había obtenido una muy alta correlación en competición ($r = .82$ -.92) (Turner et al., 2017a), reafirmando que los asaltos de eliminación directa son los de mayor demanda fisiológica (Bottoms et al., 2023). En este sentido, no se ha encontrado una relación consistente entre la percepción subjetiva del esfuerzo y el incremento de lactato en sangre.

Conclusiones

Las principales conclusiones que pueden extraerse desde las respuestas cardiocirculatorias es que la mayor frecuencia cardíaca sucede en las fases de eliminación directa y se estabiliza hacia el final de la competición. En el plano metabólico, no existen diferencias entre fases en la acumulación de lactato, que describe un aumento gradual. Por último, los valores perceptivos siguen un aumento progresivo durante el torneo. Conocer las respuestas producidas en una competición real de esgrima en silla de ruedas puede permitir la adaptación de la prescripción de ejercicio a las necesidades físicas y técnico-tácticas del deportista de forma específica, sin tener que realizar, como hasta ahora, adaptaciones sobre la esgrima olímpica.

Financiación

Este estudio recibió una financiación de 6.500 € del proyecto titulado “Variables Fisiológicas de Esgrima en Silla de Ruedas” (#2023-233-003) de la Universidad Católica de Valencia y se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y Fisioterapia de la Universidad Católica de Valencia, España.

Referencias

- Bok, D., Gulin, J., Škegro, D., Šalaj, S., & Foster, C. (2023). Comparison of anaerobic speed reserve and maximal aerobic speed methods to prescribe short format high-intensity interval training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33(9), 1638–1647. <https://doi.org/10.1111/sms.14411>
- Bottoms, L., Tarragó, R., Muñiz, D., Chaverri, D., Irurtia, A., Castizo-Olier, J., Carrasco, M., Rodríguez, F. A., & Iglesias, X. (2023). Physiological demands and motion analysis of elite foil fencing. *PLoS One*, 18(2), e0281600. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281600>

- Chrysanthopoulos, C., Tsolakis, C., Bottoms, L., Toubekis, A., Zacharogiannis, E., Pafili, Z., & Maridaki, M. (2020). Effect of a carbohydrate-electrolyte solution on fluid balance and performance at a thermoneutral environment in international-level fencers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(1), 152-161. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003065>
- Cid-Calfucura, I., Herrera-Valenzuela, T., Franchini, E., Falco, C., Alvial-Moscato, J., Pardo-Tamayo, C., Zapata-Huenullán, C., Ojeda-Aravena, A., & Valdés-Badilla, P. (2023). Effects of strength training on physical fitness of olympic combat sports athletes: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3516. <http://doi.org/10.3390/ijerph20043516>
- Eda, N., Azuma, Y., Takemura, A., Saito, T., Nakamura, M., Akazawa, N., Yamamoto, M., Naito, T., Kasai, N., Shimizu, K., Aoki, Y., & Hoshikawa, M. (2022). A clinical survey of dehydration during winter training in elite fencing athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 62(11), 1534-1540. <http://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.13288-8>
- Ferri Marini, C., Sisti, D., Skinner, J. S., Sarzynski, M. A., Bouchard, C., Amatori, S., Rocchi, M. B. L., Piccoli, G., Stocchi, V., Federici, A., & Lucertini, F. (2022). Effect of individual characteristics and aerobic training on the %HRR-%VO₂R relationship. *European Journal of Sport Science*, 23, 1600-1611. <http://doi.org/10.1080/17461391.2022.2113441>
- Franchini, E. (2023). Energy system contributions during olympic combat sports: A narrative review. *Metabolites*, 13(2), 297. <http://doi.org/10.3390/metabo13020297>
- Gearhart, R. F., Lagally, K. M., Riechman, S. E., Andrews, R. D., & Robertson, R. J. (2009). Strength tracking using the OMNI resistance exercise scale in older men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 1011-1015. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a2ec41>
- Guimarães, G. C., Farinatti, P. T. V., Midgley, A. W., Vasconcellos, F., Vigário, P., & Cunha, F. A. (2019). Relationship between percentages of heart rate reserve and oxygen uptake reserve during cycling and running: A validation study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(7), 1954-1962. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002079>
- Iglesias, X., & Rodríguez, F. A. (1995). Caracterización de la frecuencia cardíaca y la lactatemia en esgrimistas durante la competición. *Apunts Sports Medicine*, 32(123), 21-32. <http://www.apunts.org/es-caracterizacion-frecuencia-cardiaca-lactatemia-esgrimistas-articulo-X0213371795055195>
- Iglesias, X., Rodríguez, F. A., Tarragó, R., Bottoms, L., Vallejo, L., Rodríguez-Zamora, L., & Price, M. (2019). Physiological demands of standing and wheelchair fencing in able-bodied fencers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(4), 569-574. <http://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08413-X>
- Iglesias, X., Tarragó, R., Chaverri, D., Montravel, J., Muniz-Pumares, D., & Bottoms, L. (2023). Oxygen consumption in wheelchair fencing: Direct assessment and validation of an estimation method: 576. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 55(9S), 188.
- Lagally, K. M., Amorose, A. J., & Rock, B. (2009). Selection of resistance exercise intensity using ratings of perceived exertion from the OMNI-RES. *Perceptual and Motor Skills*, 108(2), 573-586. <http://doi.org/10.2466/PMS.108.2.573-586>
- Lagally, K. M., & Costigan, E. M. (2004). Anchoring procedures in reliability of ratings of perceived exertion during resistance exercise. *Perceptual and Motor Skills*, 98(3 Pt 2), 1285-1295. <http://doi.org/10.2466/pms.98.3c.1285-1295>
- López-Chicharro, J., & Vicente-Campos, D. (2018). *HIIT entrenamiento interválico de alta intensidad*. Exercise Physiology and Training.
- Milia, R., Roberto, S., Pinna, M., Palazzolo, G., Sanna, I., Omeri, M., Piredda, S., Migliaccio, G., Concu, A., & Crisafulli, A. (2014). Physiological responses and energy expenditure during competitive fencing. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition Et Metabolisme*, 39(3), 324-328. <http://doi.org/10.1139/apnm-2013-0221>
- Oates, L. W., Campbell, I. G., Iglesias, X., Price, M. J., Muniz-Pumares, D., & Bottoms, L. M. (2019). The physiological demands of elite épée fencers during competition. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(1), 76-89. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1563858>
- Passali, D., Cambi, J., Salerni, L., Stortini, G., Bellussi, L. M., & Passali, F. M. (2015). Effects of a mask on breathing impairment during a fencing assault: A case series study. *Asian Journal of Sports Medicine*, 6(3), e23643. <http://doi.org/10.5812/asjms.23643>
- R Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org/>
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., & Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 333-341. <http://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>
- Rowlatt, G., Bottoms, L., Edmonds, C. J., & Buscombe, R. (2017). The effect of carbohydrate mouth rinsing on fencing performance and cognitive function following fatigue-inducing fencing. *European Journal of Sport Science*, 17(4), 433-440. <http://doi.org/10.1080/17461391.2016.1251497>
- Sowan, B., Hong, T., Al-Qerem, A., Alauthman, M., & Matar, N. (2023). Ensembling validation indices to estimate the optimal number of clusters. *Applied Intelligence*, 53(9), 9933-9957. <https://doi.org/10.1007/s10489-022-03939-w>
- Tarragó, R., Bottoms, L., & Iglesias, X. (2023). Temporal demands of elite fencing. *PloS One*, 18(6): e0285033. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0285033>
- Turner, A. N., Buttigieg, C., Marshall, G., Noto, A., Phillips, J., & Kilduff, L. (2017a). Ecological validity of the session rating of perceived exertion for quantifying internal training load in fencing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 124-128. <http://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0062>
- Turner, A. N., Kilduff, L. P., Marshall, G. J. G., Phillips, J., Noto, A., Buttigieg, C., Gondek, M., Hills, F. A., & Dimitriou, L. (2017b). Competition intensity and fatigue in elite fencing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3128-3136. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001758>
- Turner, A., James, N., Dimitriou, L., Greenhalgh, A., Moody, J., Fulcher, D., Mias, E., & Kilduff, L. (2014). Determinants of Olympic fencing performance and implications for strength and conditioning training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 3001-3011. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000478>
- Vaquera, A., Villa, J. G., Morante, J. C., Thomas, G., Renfree, A. J., & Peters, D. M. (2016). Validity and test-retest reliability of the TIVRE-basket test for the determination of aerobic power in elite male basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 584-587. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001078>
- Varesco, G., Pageaux, B., Cattagni, T., Sarcher, A., Martinet, G., Doron, J., & Jubeau, M. (2023). Fatigue in elite fencing: Effects of a simulated competition. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33(11), 2250-2260. <http://doi.org/10.1111/sms.14466>
- Weichenberger, M., Liu, Y., & Steinacker, J. M. (2012). A test for determining endurance capacity in fencers. *International Journal of Sports Medicine*, 33(1), 48-52. <http://doi.org/10.1055/s-0031-1284349>
- Yang, W., Park, J., Shin, Y., & Kim, J. (2022). Physiological profiling and energy system contributions during simulated épée matches in elite fencers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(6), 943-950. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2021-0497>
- Zhao, H., Nishioka, T., & Okada, J. (2022). Validity of using perceived exertion to assess muscle fatigue during resistance exercises. *PeerJ*, 10, e13019. <http://doi.org/10.7717/peerj.13019>
- Zuur, A. F. & Ieno, E. N. (2016). A protocol for conducting and presenting results of regression-type analyses. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(6), 636-645. <http://doi.org/10.1111/2041-210X.12577>

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la URL <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES