



## Respostes cardiocirculatòries, metabòliques i perceptives en competició d'esgrima en cadira de rodes d'elit

Julio Martín-Ruiz<sup>1</sup>, Jorge Alarcón-Jiménez<sup>2</sup>, Nieves de-Bernardo<sup>2</sup>, Xavier Iglesias<sup>3</sup> i Laura Ruiz-Sanchis<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Departament de Salut i Valoració Funcional, Universitat Catòlica de València (Espanya).

<sup>2</sup> Departament de Fisioteràpia, Universitat Catòlica de València (Espanya).

<sup>3</sup> Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC), Universitat de Barcelona (Espanya).

<sup>4</sup> Departament de Gestió Esportiva i Didàctica de l'Activitat Física, Universitat Catòlica de València (Espanya).

OPEN  ACCESS

### Citació

Martín-Ruiz, J., Alarcón-Jiménez, J., de-Bernardo, N., Iglesias, X. & Ruiz-Sanchis, L. (2024). Cardiocirculatory, metabolic and perceptive 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)

### Editat per:

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

ISSN: 2014-0983

### \*Correspondència:

Laura Ruiz-Sanchis  
[laura.ruiz@ucv.es](mailto:laura.ruiz@ucv.es)

### Secció:

Entrenament esportiu

### Idioma de l'original:

Castellà

### Rebut:

23 de gener de 2024

### Acceptat:

15 de març de 2024

### Publicat:

1 de juliol de 2024

### Coberta:

Boat Zero i Patriot navegant  
sota l'esplendor de Barcelona.  
© Ugo Fonollá / America's Cup

## Resum

L'esgrima en cadira de rodes és un esport caracteritzat per esforços de caràcter intermitent en què el ritme de les accions és màxim. Hi ha una mancança de bibliografia sobre l'evolució de la fatiga en aquest esport, en contrast amb la informació referent a la modalitat olímpica. L'objectiu d'aquest estudi va ser calcular els valors cardiocirculatoris, metabòlics i perceptius en una competició internacional d'esgrima en cadira de rodes per augmentar els recursos en la programació específica de l'entrenament en aquest esport. Hi van competir 16 tiradors de categoria A (7) i categoria B (9), als quals es va monitorar la freqüència cardíaca, el lactat en sang i la percepció d'esforç en cada fase de la competició. Tant la freqüència cardíaca ( $p = .014$ ) com el lactat en sang ( $p = .037$ ) i la percepció d'esforç ( $p = 0.04$ ) van augmentar més en la fase d'eliminació directa que en la *poule*, i es va estabilitzar en el tram final de competició. En conclusió, tots els paràmetres analitzats tendeixen a incrementar-se després de la fase de *poule* i arriben als seus valors màxims en les eliminacions directes. Malgrat que els valors metabòlics van superar lleument el llindar aeròbic, és necessari crear una estratègia d'entrenament per demorar la fatiga i evitar així errors coordinatius, la qual cosa és tan important en aquesta modalitat paralímpica que necessita alta precisió a velocitat màxima.

**Paraules clau:** esgrima paralímpica, freqüència cardíaca, lactat, percepció de l'esforç.

## Introducció

L'esgrima olímpica és un esport acíclic amb un gran nombre d'accions a alta velocitat. En termes d'energia demanada, en una competició que inclou diversos assalts en un interval total de 3-4 hores, l'ús del sistema aeròbic és del 80-90 % (Bottoms et al., 2023). Aquest aspecte és més marcat en les eliminacions directes, amb una estimació d'esforç realitzat d'uns  $8.6 \pm 0.54$  mets (Milia et al., 2014); per tant, la millora d'aquest sistema, exemplificat en adaptacions com ara l'augment de la mida i el nombre de mitocondris, ajudarà a mantenir la intensitat més temps (Yang et al., 2022).

La naturalesa d'aquest esport és tenir un caràcter intermitent, que requereix una gran quantitat d'energia del sistema de fosfàgens (Turner et al., 2014). Des d'una perspectiva analítica, en un assalt es produeixen estímuls de caràcter anaeròbic alàctic per la successió d'accions en la unitat de temps, que poden arribar a valors de lactat superiors a  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  (Turner et al., 2017b), tenint en compte les rondes inicials classificatòries de *poule* i les següents d'eliminació directa, fins al final de la competició, on la dificultat dels rivals s'incrementa.

Calcular la intensitat a què competeix un tirador des del punt de vista cardiorespiratori és crucial per a la programació de la condició física. Malgrat que l'exigència d'una competició en cadira de rodes és inferior a la d'esgrima dempeus, i similar en assalts d'eliminació directa (Iglesias et al., 2019), no és comparable a altres esports en cadira de rodes com el bàsquet (Vaquera et al., 2016) pel tipus d'exigència que cada un implica.

Prenent com a referència l'esgrima olímpica, la contribució energètica en termes absoluts (Passali et al., 2015) indica que l'aportació del sistema oxidatiu és molt similar en les diferents fases d'una competició (*poules*:  $185.55 \pm 36.43$  kJ; 1r assalt eliminatori:  $185.46 \pm 28.81$  kJ; 2n assalt eliminatori:  $186.62 \pm 27.70$  kJ). En el cas dels fosfàgens, hi ha més contribució en les *poules* ( $28.70 \pm 10.09$  kJ) que en les rondes directes (1a:  $19.53 \pm 9.49$  kJ; 2a:  $22.25 \pm 9.27$  kJ). Finalment, el sistema glucolític és molt superior en les *poules* ( $16.42 \pm 6.47$  kJ) en comparació amb les 2 rondes següents ( $1.20 \pm 1.32$  kJ i  $1.34 \pm 1.84$  kJ, respectivament).

Pel que fa a l'energia relativa, el sistema oxidatiu té menys contribució ( $p < .05$ ) en els assalts de *poule* ( $80.57 \pm 4.45$  %) que en comparació amb el primer i segon assalt d'eliminació directa a 15 tocats ( $90.02 \pm 4.69$  % i  $88.8 \pm 4.28$  %), respectivament. D'altra banda, el sistema glucolític té més protagonisme en la primera ronda ( $6.97 \pm 2.53$  %) que en les dues fases següents ( $0.63 \pm 0.73$  % i  $0.60 \pm 0.80$  %). En el cas dels fosfàgens, es mantenen estables amb alguna oscil·lació (*poules*:  $12.44 \pm 6.67$  %; 1r assalt directe:  $9.35 \pm 4.30$  %; 2n assalt directe:  $10.60 \pm 4.52$  %) (Franchini, 2023).

La unitat de mesura amb què se solen efectuar els mesuraments en aquestes competicions és relacionant la

frequència cardíaca de reserva i el nivell de  $\text{VO}_2$  màx., aspecte discutit per alguns autors, que indiquen que se sobreestima aquest últim valor (en esports com la bicicleta o la cursa), per la qual cosa cal considerar-lo amb cautela (Guimarães et al., 2019). Això ha estat confirmat per altres investigadors que indiquen que aquesta correlació és individual, per característiques intrínseques que fan que no es pugui generalitzar (Ferri Marini et al., 2022), ja que hi ha beneficis d'altres capacitats que poden influir, com el fet que l'entrenament de força pot contribuir a millorar la força resistència en esports de lluita (Cid-Calfucura et al., 2023).

Incidint en aquest punt, sí que hi ha consens a l'hora d'utilitzar valors perceptius i de freqüència cardíaca, atesa la provada alta correlació entre la percepció de l'esforç i les pulsacions per minut després de fer exercici ( $r = .84 - .98$ ), durant aquest ( $r = .73 - .85$ ) i durant les seves fases respectives ( $r = .82 - .92$ ) (Turner et al., 2017a).

Les escales han demostrat ser un bon indicador de la intensitat fins i tot en exercicis de força, on la correlació se situa en  $r = .8$  (Lagally i Costigan, 2004), fins i tot per valorar l'impacte d'una activitat amb precisió en persones amb cadira de rodes (Zhao et al., 2022), per la qual cosa s'ha revelat com un sistema fiable per a la regulació de la intensitat en aquesta capacitat. Models com el de l'escala Omni-res pot usar-se en exercicis de força tant per homes com per dones i, quan es produeixen increments de força, es veuen reflectits als ítems de l'escala, que varien d'acord amb l'exercici (Gearhart et al., 2009). Aquest aspecte és rellevant, ja que ofereix als equips tècnics eines per indicar les zones de treball segons els sistemes fisiològics involucrats (Lagally et al., 2009).

Considerant aquests detalls, seria possible anticipar una estratègia competitiva en la qual es tingui en compte la fatiga i es puguin agregar recursos que permetin retardar-la, tal com passa amb les nutricionals: una solució de carbohidrats a la boca permet mantenir el nivell tècnic, encara que no tingui el mateix efecte sobre la velocitat de reacció en espasistes d'alt nivell (Rowlatt et al., 2017). En aquest sentit, la deshidratació és freqüent i suposa un risc molt alt, més en el cas dels homes que de les dones, per la qual cosa la restitució de líquids és fonamental, si no el pols es veurà afectat i s'eleva (Eda et al., 2022), encara que no tingui efectes directes sobre el nivell de lactat (Chryssanthopoulos et al., 2020).

A més, l'esgrima olímpica i paralímpica presenta tres modalitats diferents (espasa, floret i sabre), amb temps de treball i descans diversos que requereixen una sol·licitació de substrats energètics també diferenciada (Tarragó et al., 2023). Alguns estudis s'han centrat en l'anàlisi de competicions simulades. Per exemple, en competició simulada de floret s'han observat valors de pulsacions per minut i percepció d'esforç (RPE, per les sigles en anglès) superiors en assalts d'eliminació directa ( $163 \pm 13 \text{ bpm}^{-1}$  i  $3.7 \pm 1.2$  RPE en *poule* i  $170 \pm 10 \text{ bpm}^{-1}$  i  $5.6 \pm 1.6$  RPE en eliminació directa)

(Bottoms et al., 2023). En competició simulada d'espasa s'han trobat valors similars, però sense tantes diferències entre eliminatòries ( $168 \pm 12 \text{ bpm}^{-1}$  en *poule* i  $169 \pm 14 \text{ bpm}^{-1}$  en eliminació directa) (Oates et al., 2019). Valoracions en competició oficial no són tan estudiades en la literatura, però es descriuen valors de freqüència cardíaca i lactat en assalts d'espasa masculina de  $166 \pm 8 \text{ bpm}^{-1}$  i  $3.2 \pm 0.7 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ , i en floret femení de  $173 \pm 7 \text{ bpm}^{-1}$  i  $4.2 \pm 0.9 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  (Iglesias i Rodríguez, 1995).

La bibliografia específica actual compta amb escasses dades específiques de l'esgrima en cadira de rodes en situació de combat. Un dels estudis més recents va descriure valors de consum d'oxigen en assalts d'entrenament de  $23.3 \pm 6.1 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  amb valors de  $32.1 \pm 7.9 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Els registres de freqüència cardíaca en aquests assalts d'entrenament es corresponien amb una intensitat mitjana del  $72.7 \pm 10.3\%$  de la freqüència cardíaca màxima dels tiradors. Així mateix, es van registrar valors de lactat de  $3.5 \pm 3.6 \text{ mmol}\cdot\text{min}^{-1}$  i una RPE de  $4.8 \pm 3.2$  (Oates et al., 2019).

Atesa la poca varietat de treballs amb els quals establir una comparació en la quantificació de la despesa energètica i perceptiva en l'esgrima en cadira de rodes en competició oficial, l'objectiu del present estudi se centra a calcular els valors cardiocirculatoris (freqüència cardíaca, freqüència cardíaca de reserva [Bok et al., 2023], índex de Wint [Sowan et al., 2023]), metabòlics (lactat sanguini) i perceptius, en el transcurs d'una competició internacional en la qual intervenen esportistes d'alt nivell d'Espanya, Finlàndia, Hongria, el Perú i Romania en categories A i B. Les categories A i B corresponen a la classificació funcional mitjançant la qual es competeix en esgrima paralímpica.

El seu càlcul facilitarà objectivar la càrrega de condicionament a aquest tipus de tiradors i l'optimització de la programació de la condició física enfocada a la competició, per contrarestar la fatiga a més de contribuir a un coneixement més gran d'aquest esport paralímpic.

## Metodologia

### Participants

Es va organitzar un torneig internacional d'esgrima en cadira de rodes amb l'arma de l'espasa. Dins d'aquest, es van diferenciar 3 competicions amb el total de participants ( $n = 16$ ): i) una amb esportistes de categoria A ( $n = 7$ ), els més funcionals amb equilibri correcte assegut, mobilitat de tronc i bona funció del braç armat; ii) una segona de categoria B ( $n = 5$ ), amb discapacitat en cames, tronc o el braç armat, i iii) l'última amb aquelles persones que eren de categoria B però tenien menys experiència ( $n = 4$ ). Els països participants van ser Espanya (11), Hongria (1),

Finlàndia (2), Romania (1) i Perú (1). Les característiques de la mostra es descriuen a la Taula 1.

L'estudi va ser aprovat pel Comitè d'Ètica d'Investigació (CEI) de la Universitat Catòlica de València amb la Resolució núm. UCV/2022-2023/107, sobre els lineaments descrits en la Declaració de Hèlsinki sobre la conducta d'assajos clínics en humans, i totes les persones participants en l'estudi van firmar el consentiment informat corresponent.

**Taula 1**

*Caracterització de la mostra d'esportistes en cadira de rodes participants en l'estudi.*

Variable		
<i>n</i>		16
Edat (anys)		$34.94 \pm 12.94$
Sexe ( <i>n</i> )	Home	9 (56.25 %)
	Dona	7 (43.75 %)
Talla assegut ( <i>m</i> )		$0.85 \pm 0.08$
Envergadura ( <i>m</i> )		$1.65 \pm 0.22$
Categoria ( <i>n</i> )	Classe A	7 (43.75 %)
	Classe B	9 (56.25 %)
Experiència		$5.11 \pm 5.37$
Lateralitat	Dreta	13 (81.25)
	Esquerra	3 (18.75)

### Material i mètode

Cada esportista va efectuar dues proves antropomètriques específiques: càlcul de la talla assegut i envergadura. No s'han fet valoracions habituals com el pes o la talla dempeus per impossibilitat de dur-ho a terme en la majoria dels casos.

Per a la talla assegut, s'ha situat el participant en sedestació sobre un tamboret de 44 cm. En posició dreta, i manipulant el cap fins a arribar a l'angle de Frankfort, s'ha posicionat l'estadiòmetre (Seca 213, Hamburg, Alemanya) sobre el vèrtex. S'ha restat el resultat a la mesura del seient per obtenir l'alçada.

En el cas del mesurament de l'envergadura, amb el participant en sedestació sobre un tamboret sense respall, i amb els dos malucs i escàpules en contacte amb la paret, se li ha demanat que faci una abducció d'espatlles i extensió de colzes, deixant les falanges esteses. S'ha pres la mida màxima existent entre el dit del mig de les dues mans.

Es van analitzar les dades de freqüència cardíaca, freqüència cardíaca de reserva, índex aeròbic de Wint i percepció subjectiva de l'esforç (RPE) per determinar la fatiga que s'acumula durant el procés d'una competició. En el cas dels valors fisiològics, s'ha monitorat la freqüència cardíaca durant la competició, amb pulsòmetres de braçalet de banda codificada (Moofit, Shenzhen, Guangdong, Xina),

recollits amb el programari Pulsemonitor (Pulsemonitor, Michalowice, Polònia). Amb les dades de l'edat i la freqüència basal sol·licitades prèviament, es va obtenir la freqüència cardíaca de reserva aplicant l'equació:

$$FCR = FC.màxima \text{ de l'assalt} * \frac{100}{220 - Edat}$$

i l'índex de la càrrega aeròbica de Wint amb el càlcul:

$$IW = FC.màxima - FC \frac{Prèvia}{220 - Edat} - Fc.Prèvia$$

Es va fer una competició d'espasa seguint les fases habituals: una primera ronda de *poules* a 5 tocats i 3 minuts de temps real, i una segona fase d'assalts d'eliminació directa a 15 tocats i 9 minuts de temps real. Després de cada fase, per determinar l'estrès metabòlic, es van recollir els nivells de lactat de cada participant passats 3 minuts de la finalització de cada assalt, sobre el lòbul de l'orella amb Lactate Pro2 (Arkray Inc., Kyoto, Japó).

Paral·lelament a la presa d'aquestes mostres, es va anotar la percepció de l'esforç de cada un d'aquells moments fent servir l'escala Omni-res de Robertson et al. (2003), a fi d'establir la correlació entre indicadors fisiològics i perceptius. Es resumeixen aquests procediments a la Figura 1.

## Anàlisi estadística

Les dades s'han descrit mitjançant mitjanes i desviacions estàndard, així com medianes i rangs interquartílics per a les variables quantitatives contínues i mitjançant proporcions per a les variables qualitatives.

S'ha ajustat el model segons el protocol de Zuur i Ieno (2016). En primer lloc, s'ha determinat l'estructura de l'error de les dades ajustant el model més enllà de l'òptim (*Beyond the optimal model*). En el cas dels models per determinar

els canvis en la freqüència cardíaca i l'acumulació de lactat, es va ajustar el model:

$$Y \sim \text{Fase} * (\text{Experiència} + \text{Categoria} + \text{Sexe}) + 1 \mid (ID)$$

Mentre que per al model que determina els canvis en la percepció de l'esforç es va ajustar de la manera següent:

$$Y \sim \text{Fase} * (\text{Experiència} + \text{Categoria} + \text{Sexe}) + FC + \text{Lactat} + 1 \mid (ID)$$

D'aquesta manera es tenen en compte tots els factors estudiats i les interaccions de primer nivell entre els factors sociodemogràfics i la fase de competició.

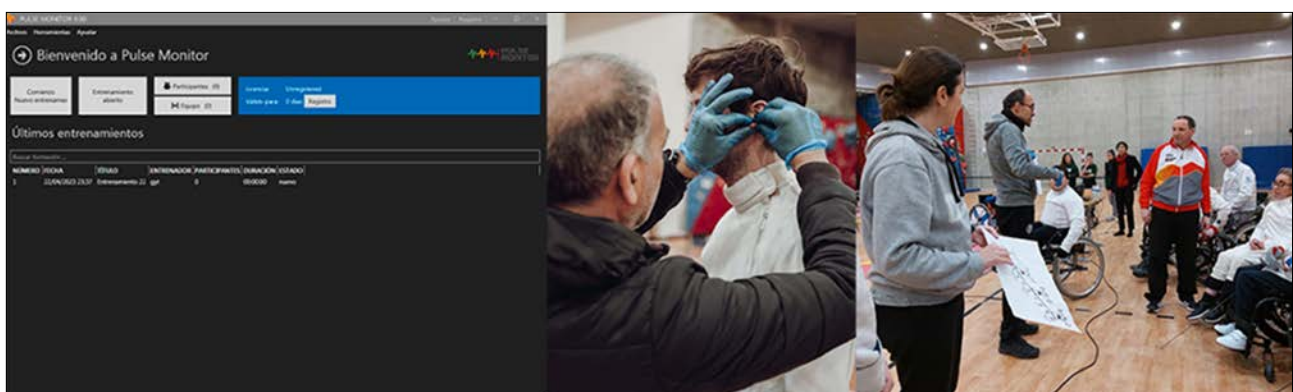
En segon lloc, s'ha ajustat l'estructura aleatòria del model, utilitzant l'individu (ID), estimant els coeficients amb el mètode REML. Posteriorment, s'ha ajustat l'estructura fixa del model amb el mètode ML, i s'han eliminat de manera iterativa les interaccions fins que el model deixa de millorar. Finalment, es reporta el model òptim estimant els coeficients amb el mètode REML. Per a la interpretació del model, s'han atès els coeficients i els resultats de l'ANOVA tipus II. Per als factors categòrics significatius, s'han fet comparacions *post hoc* per mitjà del paquet emmeans.

Tots els models compactats s'han comparat entre si mitjançant el criteri d'informació d'Akaike corregit (AICc). En tots els casos, s'han comprovat els supòsits dels models lineals, inspeccionant visualment els residus i els residus DHARMA. Els models s'han ajustat amb els paquets lme4 v.1.1-30 i lmerTest v.3.1-3.

Totes les anàlisis s'han fet amb R (R Core Team, 2013) v.4.2.2. La lectura de les taules de dades s'ha fet amb el paquet openxlsx v. 4.2.5 (per a arxius xlsx) i/o amb haven v.2.5.0 (per a arxius sav). Els gràfics s'han dissenyat amb ggplot2 v.3.3.6 ggpubr v.0.4.0 i altres funcions integrades als paquets ja esmentats. En totes les anàlisis s'ha utilitzat  $\alpha = .05$ .

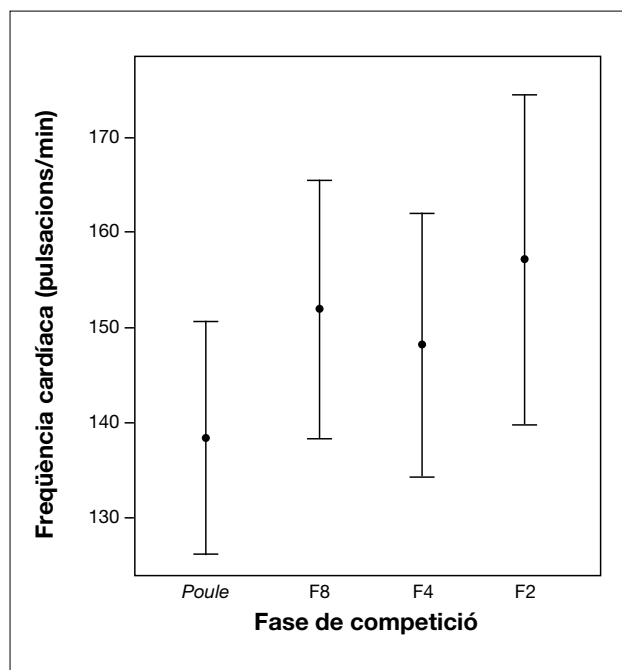
**Figura 1**

Programari de recollida de la freqüència cardíaca, mostra de lactat, explicació del protocol de l'escala Omni-res.

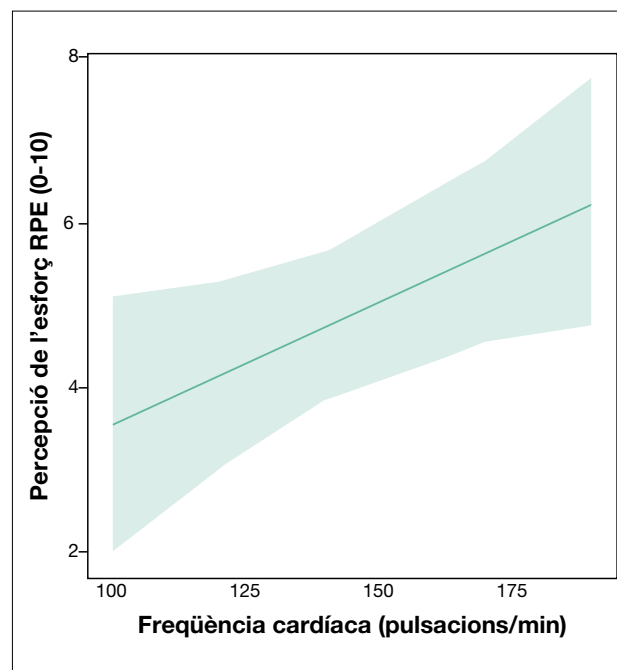


**Figura 2**

Variació de la freqüència cardíaca en les fases de poule i d'eliminació directa (F8, F4 i F2).

**Figura 3**

Variació de la freqüència cardíaca i la percepció d'esforç en les fases de poule i d'eliminació directa.

**Taula 2**

Diferències de l'acumulació de lactat entre fases de la competició.

	contrast	estimació	SE	df	ràtio 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 per analitzar diferències en acumulació de lactat.

## Resultats

Els valors inicials de freqüència cardíaca abans de la competició van ser de  $87.88 \pm 23.29$  bpm<sup>-1</sup>, mentre que els valors de lactat van ser de  $2.36 \pm 0.84$  mmol·l<sup>-1</sup>. A la Figura 2, es mostra l'evolució de la freqüència cardíaca en cada una de les fases. Es reflecteix que en les fases d'eliminació directa la freqüència cardíaca va ser més gran de manera significativa i sense diferència entre sexes ( $p = .605$ ). El test de Tukey indica canvis significatius entre les dues fases de la competició ( $p = .014$ ). Aquestes dades presenten una alta correlació amb dues variables dependents d'aquest valor, en el cas de la freqüència cardíaca de reserva  $r = .90$  i a l'índex de la càrrega aeròbica de Wint,  $r = .76$ .

A la Taula 2, es mostra la diferència en l'acumulació de lactat entre la fase de *poule* i les d'eliminació directa, que, de la mateixa manera que la freqüència cardíaca, no presenten diferències entre homes i dones ( $p = .792$ ).

A la Figura 3, es poden veure les diferències en la percepció d'esforç de la *poule* davant de la resta del torneig (F8, F4, F2). S'ha detectat un efecte significatiu

que indica que en les fases de competició hi va haver una percepció de l'esforç  $1.34 \pm 0.43$  punts més gran que en la fase prèvia.

Tenint en compte les diferents fases de la competició, hi va haver diferències significatives entre la fase inicial i les posteriors ( $p = .028$  i  $p = .002$ ), sense presentar aquest augment significatiu entre les fases F4 i F2 ni reportar diferències entre sexes ( $p = .535$ ).

## Discussió

És important identificar quines són les respostes fisiològiques derivades d'una competició real, ja que perfila les necessitats condicionals de l'esportista.

Les característiques de cada un dels assalts s'assemblen a un exercici de caràcter intervàlic, en els quals hi ha un gran nivell d'incertesa pel seu patró intermitent. En contextos en els quals no sigui possible el mesurament de paràmetres respiratoris com ara el VO<sub>2</sub> màx., disposar de registres cardiocirculatoris, metabòlics i perceptius és adequat

(López-Chicharro i Vicente-Campos, 2018) per detectar i posteriorment abordar amb precisió les necessitats de millora que es presentin. Atenent aquest raonament, Iglesias et al. (2023) presenten un estudi sobre esgrima en cadira de rodes en el qual s'afirma que podem utilitzar la freqüència cardíaca per estimar el consum d'oxigen assumint una certa subestimació (9.9 %) però amb bons índexs de correlació ( $r = .843, p < .001$ ).

En el desenvolupament de la competició, la freqüència cardíaca ha obtingut una mitjana de  $14.08 \pm 5.33$  pulsacions més en l'eliminació directa que en les *poules*, aspecte que confirma el que Turner et al. (2017c) comenten, indicant que aquella fase, amb 15 tocats per assalt, condiona el contrast d'aquest valor ( $p = .014$ ) entre les dues fases, per després establir-se fins al final de la competició (F8-F4  $p = .875$ , F8-F2  $p = .830$ , F4-F2  $p = .561$ ). Aquesta troballa indica que tant l'esgrima olímpica com la paralímpica presenten comportaments similars en la resposta cardiocirculatòria, en les dues modalitats augmenta la fatiga de manera progressiva i mostra una alta correlació amb la freqüència cardíaca de reserva ( $r = .90$ ) i amb l'índex de la càrrega aeròbica de Wint ( $r = .76$ ). Aquesta anàlisi s'ha de tenir en compte, vinculada al ritme respiratori, que es veu incrementat respecte a un altre tipus de pràctiques, ja que la resistència nasal després d'un assalt és de  $0.28 \pm .16 \text{ Pa}^{\text{cm}^3/\text{s}}$ . Sense aquesta, en una pràctica normal d'activitat física, el valor mitjà és de  $0.24 \pm .15 \text{ Pa}^{\text{cm}^3/\text{s}}$ , i per tant s'evidencien diferències significatives entre utilitzar o no la careta d'esgrima abans i després de la pràctica esportiva ( $p < .05$ ) (Passali et al., 2015).

Des del punt de vista metabòlic, no hi ha cap diferència significativa en l'acumulació del lactat entre fases ( $p = .656$ ): s'observa un efecte marginalment significatiu entre la primera i la segona fase de la competició (F8-F4) ( $p = .037$ ). Si s'analitza l'efecte que la fase de competició té sobre l'acumulació de lactat, aquest és més gran en l'últim tram de la competició que en el primer. Aquesta dada concorda amb el que ocorre en l'esgrima olímpica en competició (Turner et al., 2017c), en la qual es produeixen valors superiors a  $4 \text{ mmol l}^{-1}$  en la part final del torneig.

Tampoc no es donen variacions significatives ( $p = .089$ ) quan es té en compte la categoria; l'A n'acumula una mica més que la B ( $1.307 \pm 0.715$ ). Sí que resulta rellevant tenir en compte que, com més experiència, més petit és l'increment (disminueix  $0.127 \pm 0.064 \text{ mmol l}^{-1}$ ), element que es pot vincular al fet que esgrimadors d'elit són capaços de generar una velocitat més gran respecte a esgrimadors amb un nivell inferior, malgrat que el seu lactat en sang incrementa (Weichenberger et al., 2012) respecte a aquells amb un nivell inferior. Aquesta dada resulta rellevant ja que la fatiga perifèrica que es produeix comporta deficiències coordinatives que poden impedir executar amb precisió gestos tècnics que requereixen velocitat màxima (Varesco et al., 2023).

La percepció de l'esforç ha seguit un camí anàleg a la freqüència cardíaca. S'ha anat incrementant a mesura que avançava la competició, i ha destacat de manera significativa entre *poules* i assalts d'eliminació directa ( $p = .004$ ) i cada una de les fases posteriors (F8-F4  $p = .028$ ; F8-F2  $p = .002$ ), tret de l'última (F4-F2  $p = .212$ ). Aquest augment s'ha produït en paral·lel a la freqüència cardíaca ( $.03 \pm .014$  per cada unitat de freqüència cardíaca). Aquest fet confirma la relació entre la percepció i la freqüència cardíaca, que en esgrima olímpica havia obtingut una correlació molt alta en competició ( $r = .82-.92$ ) (Turner et al., 2017a), la qual cosa reafirma que els assalts d'eliminació directa són els de més demanda fisiològica (Bottoms et al., 2023). En aquest sentit, no s'ha trobat una relació consistent entre la percepció subjectiva de l'esforç i l'increment de lactat en sang.

## Conclusions

Les principals conclusions que es poden extreure a partir de les respostes cardiocirculatòries és que la freqüència cardíaca més elevada es produeix en les fases d'eliminació directa i s'estabilitza cap al final de la competició. Des del punt de vista metabòlic, no hi ha diferències entre fases en l'acumulació de lactat, que descriu un augment gradual. Finalment, els valors perceptius segueixen un augment progressiu durant el torneig. Conèixer les respostes produïdes en una competició real d'esgrima en cadira de rodes pot permetre l'adaptació de la prescripció d'exercici a les necessitats físiques i tecnicotàctiques de l'esportista de manera específica, sense haver de fer, com fins ara, adaptacions sobre l'esgrima olímpica.

## Finançament

Aquest estudi va rebre un finançament de 6.500 € del projecte titulat "Variables Fisiològiques d'Esgrima a Silla de Rodes" (#2023-233-003) de la Universitat Catòlica de València i es va dur a terme a la Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport i Fisioteràpia de la Universitat Catòlica de València, Espanya.

## Referències

- 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., Iruiria, 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>
- Chryssanthopoulos, 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., Alvia-Moscoso, 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/metabol13020297>
- 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 iactatemia en esgrimistas durante la competición. *Apunts Sports Medicine*, 32(123), 21-32. <http://www.apunts.org/es-caracterizacion-frecuencia-cardiaca-iactatemia-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., Montraveta, 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 Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 39(3), 324-328. <https://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., Martinent, 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>

**Conflicte d'interessos:** les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a l'URL <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan inclosos a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>