



# Consum d'oxigen estimat i despesa energètica en competicions d'esgrima\*

**Xavier Iglesias**  
**Ferran A. Rodríguez**

INEFC Barcelona  
Departament de Ciències Biomèdiques

## Paraules clau

esgrima, consum d'oxigen, despesa energètica, fisiologia, valoració funcional, competició

## Abstract

Here we present an estimation of the oxygen uptake and the energy demands during fencing competitions. It was found that during different competitive assaults, the mean estimated oxygen uptake was lower for female ( $\bar{x}=39.6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) than for male fencers ( $\bar{x}=53.9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). The average intensity was found to be between 56% and 74% of  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  with maximal values between 75% and 99% of  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ . These results confirm the relevance of the aerobic demands in fencing. The energy requirements during an international competition were found to be larger as compared to those measured during a regional tournament, as well as in several training situations. The estimated energy power rat along international and regional fencing competitions averaged  $15.4 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $64.5 \text{ kJ}\cdot\text{min}^{-1}$ ), and  $12.3 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $51.6 \text{ kJ}\cdot\text{min}^{-1}$ ), respectively. No significant differences were observed among fencers of the same gender taking into account the weapon used. From the analysis during competition, we emphasise the individual variability of the physiological response, influenced by different factors such as the individual cardiovascular adaptation, relevance of the competition, round studied, opponent's level, competitive dynamics, weapons, and competitor's gender.

## Resum

Es realitza una estimació del consum d'oxigen i una anàlisi de les demandes energètiques de l'esgrima en competició. En assalts de competició, el consum d'oxigen estimat en dones ( $\bar{x} = 39,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) és inferior al dels homes ( $\bar{x} = 53,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). La intensitat individual mitjana es troba entre el 56 % i el 74 % del  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ , amb màxims entre el 75 % i el 99 % del  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ , el que confirma la rellevància dels requeriments aeròbics en l'esgrima. Les demandes energètiques en la competició internacional són superiors a les registrades en una competició autonòmica i al de diferents situacions d'entrenament. La potència energètica mitjana estimada al llarg de competicions de nivell internacional i autonòmic és, respectivament, de  $15,4 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $64,5 \text{ kJ}\cdot\text{min}^{-1}$ ) i  $12,3 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $51,6 \text{ kJ}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Entre tiradors del mateix gènere no s'aprecien diferències significatives en funció de l'arma. De l'anàlisi en competició destaca la variabilitat de la resposta funcional dels esgrimidors atesa la influència de factors com l'adaptació cardiocirculatoria individual, importància de la competició, eliminatòria registrada, nivell del rival, dinàmica competitiva, arma i gènere.

## Introducció

L'entrenament esportiu es basa en l'aplicació de sistemes de treball que incideixin positivament en la millora dels diferents factors de rendiment. Cada esport presenta trets diferencials en la seva estructura competitiva així com en les característiques determinants per assolir l'alt nivell. Per això les tendències actuals basen en l'especificitat del treball gran part del volum d'entrenament. La identificació dels principals factors que incideixen en el rendiment dels esportistes en cada modalitat és el primer pas per dissenyar una estratègia d'entrenament específic que millori l'efectivitat del treball desenvolupat per un esportista. Un dels principals elements que ens condicionarà la programació dels entrenaments és el coneixement de la resposta funcional de l'esgrimidor en competició, és a dir, la determinació quantitativa de la càrrega interna a que l'esportista és sotmès per la realització de l'activitat concreta de l'esgrima. En un treball anterior (Iglesias i Rodríguez 1995) es van

\* Treball realitzat amb ajuts a la recerca concedits per la Secretaria General de l'Esport, Generalitat de Catalunya (1991) i l'INEFC de Barcelona (1994, 1997).

valorar les modificacions de la freqüència cardíaca (FC) en competició i es van quantificar els nivells de lactatèmia en les diferents fases de les proves. Analitzar el consum d'oxigen en situacions competitives i d'entrenament i realitzar una estimació de la despesa energètica produïda per l'esgrima, són els principals elements d'aquest estudi.

## Objectius

Els objectius del treball han estat els següents:

1. Estimar el consum d'oxigen dels esgrimidors d'ambdós gèneres i diferents modalitats en situacions reals de competició;
2. Analitzar la despesa energètica estimada dels esgrimidors durant els assalts;
3. Millorar el coneixement de la resposta funcional dels tiradors en competició.

## Material i mètode

### Freqüència cardíaca

Es va registrar de forma contínua la FC en dues competicions oficials mitjançant l'ús de cardiòmetres Sport-Tester Polar 4000. Els detalls del disseny de la recerca i de la metodologia utilitzada poden ser consultats en diferents treballs previs dels autors (Iglesias i Rodríguez 1991a, 1991b, 1995).

### Lactatèmia

Es valorà la lactatèmia en una competició internacional d'un total de 13 subjectes, 6 dones i 7 homes. En l'anàlisi fotoenzimàtica de lactat en sang capil·lar s'utilitzà un fotòmetre 4020 Hitachi amb un filtre de longitud d'ona 340 nm (Boehringer Mannheim, RFA), i el kit reactiu Test Combination Lactat per Medicina Esportiva (Boehringer Mannheim, RFA), àcid perclòric 0'33 N (Boehringer Mannheim, RFA), amb tampó NAD, GPT i LDH amb control Preci-norm 2,80 (2,35-3,25) (Boehringer Mannheim, RFA). Les mostres de 20 µl de sang capil·lar del lòbul de l'orella van ser desproteïnitades amb 200 µl d'àcid perclòric 0'33 N (Boehringer Mannheim, RFA). El mètode utilitzat, així com la seva validesa, fiabilitat, precisió i exactitud han estat prèviament definits i establerts per Rodríguez i col. (1992).

Es van valorar un total de 66 assalts—el darrer de cada eliminatòria de cadascun dels subjectes—obtenint-se entre 1 i 8 registres per subjecte, segons el moment en que van ser eliminats. Quan un esportista finalitzava l'assalt se l'acompanyava a la taula de treball i es realitzaven les dues extraccions, al minut i als tres minuts, de la fi de l'assalt. Uns fulls de control ens feien servei per identificar els codis de les lactatèmies amb el subjecte, eliminatòria i minut analitzats (Iglesias i Rodríguez 1995).

## Consum d'oxigen

### Competició internacional

Un total de tretze subjectes ( $n = 13$ ) van participar en l'estimació del consum d'oxigen en competició internacional. La mitjana d'edat en les dones era de 27 (de = 5) anys, mentre que en els homes era de 26 (de = 5) anys. En primer lloc se'ls va realitzar una prova d'esforç màxima i progressiva sobre cinta rodant (Woodway, RFA), amb un analitzador de gasos CPX II (Medical Graphics, EUA), amb l'objectiu de mesurar els seus paràmetres ventilatoris i la relació individual entre FC i  $\dot{V}O_2$ . Es van aparellar els registres de FC i de consum d'oxigen, segons els valors en els punts de velocitat de 6, 8, 10, 12, 14, 16 i 18 km·h<sup>-1</sup> (més o menys punts segons la durada de la prova de cada subjecte) i es va realitzar el càlcul de la regressió lineal, obtenint l'equació individual de cada subjecte:  $\dot{V}O_2 = a + b(FC)$ . En un espai de temps màxim de set dies els subjectes van participar en el torneig internacional. Es va registrar la FC dels 13 subjectes i es va procedir a la gestió informatitzada dels valors, diferenciant-se en el procés final els temps de competició reals i els registres en cadascun dels assalts.

Per a l'estimació es van considerar dues valoracions: la dels assalts ( $\dot{V}O_2^{ass}$ ), és a dir, la del temps real en combat, i la global de la competició ( $\dot{V}O_2^{comp}$ ), incloses les fases d'escalfament, assalts i repòs. El càlcul del  $\dot{V}O_2$  en els assalts i en competició es realitzà d'acord a les següents funcions:

$$\dot{V}O_2^{ass} = a + b(FC)$$

$$\dot{V}O_2^{comp} = a + b(FC)$$

on:

$\dot{V}O_2^{ass}$  = consum d'oxigen estimat durant els assalts.

$\dot{V}O_2^{comp}$  = consum d'oxigen estimat durant la globalitat de la competició.

a = constant de la regressió lineal.

b = pendent de la regressió lineal.

(FC) = FC sobre el que es realitza l'estimació del consum d'oxigen.

Considerant que es menyspreava el deute d'oxigen en els assalts, vam calcular el consum d'oxigen net ( $\dot{V}O_{2,net}^{ass}$ ) produït per l'esforç específic de la competició d'esgrima. Aquest consum resulta de restar del valor aconseguit anteriorment ( $\dot{V}O_2^{ass}$ ) el consum d'oxigen basal individual ( $\dot{V}O_2^{basal}$ ) i d'afegir la despesa en  $\dot{V}O_2$  corresponent al component lactàtic ( $\dot{V}O_2^{lact}$ ) de l'esforç, segons l'equivalent energètic del lactat proposat per di Prampero (1981). També va determinar-se el consum d'oxigen net del global de la competició. Per aconseguir-ho vam restar del  $\dot{V}O_2^{comp}$  el consum d'oxigen en situació de repòs ( $\dot{V}O_2^{basal}$ ):



$$\dot{V}O_{2\text{net}}^{\text{ass}} = \dot{V}O_2^{\text{ass}} + \dot{V}O_2^{\text{lact}} - \dot{V}O_2^{\text{basal}}$$

$$\text{mL O}_2 = \text{mL O}_2 + \text{mL O}_2 - \text{mL O}_2$$

$$\dot{V}O_{2\text{net}}^{\text{comp}} = \dot{V}O_2^{\text{comp}} - \dot{V}O_2^{\text{basal}}$$

$$\text{mL O}_2 = \text{mL O}_2 - \text{mL O}_2$$

$$\dot{V}O_2^{\text{basal}} = \dot{V}O_2^{\text{repòs}} \cdot P_c \cdot t$$

$$\text{mL O}_2 = (\text{mL O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}) \cdot \text{kg} \cdot \text{min}$$

$$\dot{V}O_2^{\text{lact}} = (\Delta[\text{La}^-]_s \cdot 3,0 \cdot P_c)$$

$$\text{mL O}_2 = \{ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot (\text{mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) \cdot (\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})^{-1} \} \cdot \text{kg}$$

on:

- $\dot{V}O_{2\text{net}}^{\text{ass}}$  = consum d'oxigen net en els assalts.
- $\dot{V}O_2^{\text{lact}}$  = consum d'oxigen corresponent a la part lactàtica.
- $\dot{V}O_2^{\text{basal}}$  = consum d'oxigen individual corresponent a cada subjecte en situació de repòs.
- $\dot{V}O_2^{\text{repòs}}$  = 3,5 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (equivalent a 1 MET) (1).
- $\dot{V}O_{2\text{net}}^{\text{comp}}$  = consum d'oxigen net en el global de la competició.
- $P_c$  = pes corporal de cada subjecte (kg).
- $t$  = temps de durada de la valoració (min).
- $\Delta[\text{La}^-]_s$  = increment de la lactatèmia durant la competició, resultant de restar el valor màxim de lactatèmia dels valors de repòs:  $\Delta[\text{La}^-]_s = [\text{La}^-]_s^{\text{max}} - [\text{La}^-]_s^{\text{repòs}}$  (mmol·L<sup>-1</sup>)
- 1 mmol·L<sup>-1</sup>[La]  $\cong$  2,7–3,3 ( $\bar{x}$ =3,0) mL O<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·mmol·L<sup>-1</sup> (2)
- $\cong$  3,0 mL O<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·mmol·L<sup>-1</sup>

### Competició autonòmica

En aquesta segona valoració van participar 10 subjectes. La metodologia fou similar a l'emprada en la prova internacional, amb l'única diferència que la prova d'esforç en laboratori fou realitzada mitjançant un analitzador telemètric de gasos (K2-Cosmed), que ens va permetre realitzar un estudi de validació del mètode (Rodríguez, Iglesias i Tapiolas, 1994; Iglesias 1997).

- (1) Considerem com a valor basal de consum d'oxigen l'equivalent a 1 MET, és a dir, 3,5 mL·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>.
- (2) La recerca d'un equivalent energètic del lactat sanguini va portar a autors com Margaria (1963), Cerretelli (1964) i di Prampero i col. (1978) a proposar un valor entre 2,7 i 3,3 mL O<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·mmol<sup>-1</sup> en esportistes amb diferents nivells de consum màxim d'oxigen i en base a dades experimentals hem considerat el valor mitjà (3,0 mL O<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·mmol<sup>-1</sup>) com l'equivalent energètic del lactat acumulat en sang. Malgrat l'estudi de di Prampero fou realitzat en proves de caràcter continu—curra, natació i cicisme— assumim l'error existent ja que l'autor la considera prou vàlida també per a esforços submàxims.
- (3) O de repòs (Fox, Bowers i Foss 1989).
- (4) segons Weir (1949), l'error en no mesurar el CO<sub>2</sub> és, com a molt, de  $\pm$  0,5%.

### Despesa energètica

L'estimació de la despesa energètica es va realitzar en base al càlcul de l'equivalent calòric de l'oxigen, establint-se l'esmentada equivalència en 4,838 kcal per cada litre d'O<sub>2</sub> consumit. Aquest valor correspon a l'equivalent calòric de l'oxigen assumint una relació d'intercanvi respiratori (R = RER "respiratory exchange ratio") de 0,83. Aquesta relació entre  $\dot{V}CO_2$  i  $\dot{V}O_2$  també coneguda com RQ ("respiratory quotient"), però només quan es mesura en una situació d'estat estable (3), no essent el cas durant els combats, en que aquesta relació és variable segons les vies metabòliques alternants utilitzades. Weir (1949) demostrà que la despesa energètica pot ser calculada amb la precisió suficient (4) només mesurant la ventilació en condicions STPD i la fracció expiratòria de l'oxigen segons l'equació:

$$E = c \cdot \dot{V}_E \cdot [(20,93 - F_{E\text{O}_2})/100]$$

on:

- $E$  = despesa energètica (kcal).
- $c$  = equivalent calòric de l'oxigen.
- $\dot{V}_E$  = volum d'aire espirat (L, STPD).
- $F_{E\text{O}_2}$  = fracció expiratòria d'oxigen.

Tal i com es realitza en la valoració indirecta del consum d'oxigen, s'analitza la despesa energètica en dues situacions: la primera en els assalts i la segona en la globalitat de les competicions segons les equacions:

$$E^{\text{ass}} \cong \dot{V}O_2^{\text{ass}} \cdot 4,838$$

$$\text{kcal} \cong \text{L O}_2 \cdot (\text{kcal} \cdot \text{L O}_2^{-1})$$

$$E^{\text{comp}} \cong \dot{V}O_2^{\text{comp}} \cdot 4,838$$

$$\text{kcal} \cong \text{L O}_2 \cdot (\text{kcal} \cdot \text{L O}_2^{-1})$$

on:

- $E^{\text{ass}}$  = despesa energètica durant els assalts (kcal).
- $E^{\text{comp}}$  = despesa energètica durant la competició (kcal).
- $\dot{V}O_2^{\text{ass}}$  = consum d'oxigen durant els assalts (L O<sub>2</sub>).
- $\dot{V}O_2^{\text{comp}}$  = consum d'oxigen durant la competició (L O<sub>2</sub>).
- 4,838 = 4,838 kcal · L O<sub>2</sub><sup>-1</sup> = equivalent calòric de l' O<sub>2</sub> per a una relació d'intercanvi respiratori R = 0,83 (Fox i col. 1989; Zuntz 1901) (1 kcal = 4,1855 kJ).

Realitzats els càlculs de l'estimació de la despesa energètica, i gràcies al control temporal dut al llarg de tota la recollida de dades, vam procedir a valorar la potència energètica ( $\dot{E}$ ) dels esgrimidors en les mateixes condicions que les descrites en l'apartat anterior i aplicant les següents equacions:

$$\dot{E}^{\text{ass}} \cong \dot{V}O_2^{\text{ass}} \cdot 4,838 \cdot t^{-1}$$

$$\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1} \cong \text{L} \cdot O_2 \cdot (\text{kcal} \cdot \text{L} \cdot O_2^{-1}) \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\dot{E}^{\text{comp}} \cong \dot{V}O_2^{\text{comp}} \cdot 4,838 \cdot t^{-1}$$

$$\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1} \cong \text{L} \cdot O_2 \cdot (\text{kcal} \cdot \text{L} \cdot O_2^{-1}) \cdot \text{min}^{-1}$$

on:

$\dot{E}^{\text{ass}}$  = potència energètica en els assalts ( $\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ ) (5).

$\dot{E}^{\text{comp}}$  = potència energètica durant la competició ( $\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ ).

$\dot{V}O_2^{\text{ass}}$  = consum d'oxigen durant els assalts ( $\text{L} \cdot O_2$ ).

$\dot{V}O_2^{\text{comp}}$  = consum d'oxigen durant la competició ( $\text{L} \cdot O_2$ ).

4,838 =  $4,838 \text{ kcal} \cdot \text{L} \cdot O_2^{-1}$  = equivalent calòric de l'  $O_2$  per a una relació d'intercanvi respiratori  $R = 0,83$  (Fox i col. 1989; Zuntz 1901)

t = temps d'esforç ( $\text{min}^{-1}$ )

### Supòsits i limitacions

En la determinació del consum d'oxigen es presenta un mètode indirecte en el que el consum d'oxigen és estimat en cadascun dels tiradors mitjançant l'equació de regressió lineal  $\dot{V}O_2 = a + b(FC)$ , obtinguda en una prova d'esforç progressiva en cinta rodant. Aquesta metodologia indirecta ha estat emprada en estudis sobre la despesa energètica d'activitats laborals (Åstrand i Rodahl 1986; pp. 332-334) i, com ha estat descrit en diferents estudis, pot ser aplicada també com a mètode de mesura indirecta de la despesa energètica en activitats esportives intermitents (di Prampero 1981; Fox i col. 1989; Pinnington i col. 1990).

Prèviament a la descripció de la metodologia i resultats cal considerar les següents limitacions a l'estudi presentat:

- La competició comporta un augment del component emocional amb un increment del to simpaticoadrenèrgic i de la secreció de catecolamines i, per tant, la resposta funcional davant els requeriments físics en competició pot veure's alterada (Hoch i col. 1988; Markowska i col. 1988).
- L'increment de la FC pel factor competitiu, afegit al deute d'oxigen que es pot acumular en diferents fases de la com-

petició, pot introduir un factor d'error que limita la fiabilitat de l'estimació del consum d'oxigen. Considerant que els períodes de tensió emocional són proporcionalment curts en relació als períodes de descans entre assalts, pensem que l'efecte sobre el component energètic, en una valoració global de la competició d'esgrima, ha de ser reduït.

- En la valoració indirecta del  $\dot{V}O_2$  s'ha avaluat el consum d'oxigen en base als registres de FC dels assalts i de la globalitat de la competició. En el disseny de l'estudi es pretenia incorporar en la determinació del consum d'oxigen dels assalts ( $\dot{V}O_2^{\text{ass}}$ ) la quantificació del deute d'oxigen, però la variabilitat existent en les pauses entre assalts feia que, en molts combats, el deute d'oxigen d'un assalt no fos del tot complet al sobreposar-se el deute d'un assalt amb l'inici del següent. La decisió fou establir dues mesures de consum d'oxigen: la dels assalts ( $\dot{V}O_2^{\text{ass}}$ ), valorant la despesa real produïda en els mateixos, i la de competició ( $\dot{V}O_2^{\text{comp}}$ ), en la que s'inclou tot el consum d'oxigen produït en competició, inclòs el deute, malgrat no s'arribi a precisar el volum d'aquest deute en cada assalt.
- La relació  $\dot{V}O_2$ -FC individual durant l'esforç s'estableix mitjançant una prova contínua i progressiva sobre cinta rodant, mentre que la competició presenta una sol·licitació funcional variable i intermitent. S'assumeix que la variabilitat d'aquesta relació no és significativa a efectes del càlcul energètic. Això no obstant, Åstrand i Rodahl (1986) consideren que la fiabilitat d'aquesta estimació és adequada per a tots els propòsits pràctics de la investigació de camp en la majoria de casos. Per verificar aquesta afirmació vam dissenyar un experiment de mesurament directe del  $\dot{V}O_2$  en entrenaments per eventualment validar aquesta metodologia (Rodríguez i col. 1994). Els resultats (Iglesias 1997) seran publicats en futurs treballs.
- En l'estimació del  $\dot{V}O_2$  hem considerat com a nivell basal de consum d'oxigen individual el valor d'1 MET ( $3,5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ).
- La prova d'esforç realitzada per aconseguir l'equació de regressió lineal es realitzava en un marge de  $\pm 3$  a 7 dies. En aquest període l'esgrimidor es comprometia a no modificar significativament, amb l'entrenament, la condició física i per tant la relació  $\dot{V}O_2$ -FC podia aplicar-se als registres de la FC en competició amb un reduït marge d'error.

### Resultats

La primera fase de l'estudi fou realitzada en el transcurs d'una prova internacional. Els valors mitjans de lactatèmia obtinguts en com-

(5) Es presenten els resultats en  $\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ . Per a d'altres valoracions de potència energètica es realitzen les transformacions segons l'equivalència de  $1 \text{ watt} = 0,014335 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ , o a l'inrevés,  $1 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1} = 69,759 \text{ watt}$  (Fox i col. 1989, p. 64).



petició foren de  $3,7 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  (de = 1,1), amb valors extrems de 1,8 i  $6,4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Les mitjanes de les diferents eliminatòries presentaren valors similars, no observant-se, contràriament als registres de FC, un increment progressiu a mesura que la competició avançava, ni essent significativa la comparació de les mitjanes obtingudes en les diferents fases de la competició.

La valoració en laboratori del consum màxim d'oxigen va palesar elevats valors de  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  en la mostra masculina ( $\bar{x} = 64,8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ; de = 7,1) i resultats inferiors en les floretistes ( $\bar{x} = 49,2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ; de = 7,3). En la interpretació dels resultats exposats caldrà tenir present que dels 7 espadistes de la mostra 3 eren pentatletes de l'equip olímpic espanyol. Dels resultats de la prova d'esforç cal destacar la relació FC- $\dot{V}O_2$  individual de cadascun dels subjectes de la mostra, que va determinar l'equació i la recta de regressió individual que permetia estimar el consum d'oxigen en situació de competició (Figura 1). En els tretze subjectes existien elevats nivells de correlació entre els valors de FC i  $\dot{V}O_2$  ( $0,964 \leq r \leq 0,998$ ).

El càlcul de les tretze rectes de regressió (Figura 2) va possibilitar, seguint el mètode descrit, valorar de forma indirecta el consum d'oxigen dels esgrimidors en competició internacional. Aquest va ser, en valors mitjans, de  $47,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (de = 9,3), presentant els homes (n = 7) valors superiors ( $\bar{x} = 53,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ; de = 4,4) als estimats en les dones (n = 6) ( $\bar{x} = 39,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ; de = 7,2).

En l'estimació del consum d'oxigen vam valorar la sol·licitació específica en els assalts (Taula 1), així com en la globalitat de la competició (Taula 2). En termes absoluts i relatius, com és comprensible, els valors de la globalitat de la competició del consum d'oxigen per unitat de temps foren inferiors als de la valoració exclusiva dels assalts amb un alt nivell de significació ( $p < 0,001$ ), essent, amb una confiança del 95%, la diferència entre ells d'entre 1202 i 1960  $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ .

En analitzar la durada dels assalts en el conjunt de la competició vam considerar d'interès quantificar la part total del consum d'oxigen estimat en competició que és produïda per la realització dels assalts ( $\dot{V}O_2^{\text{ass}}$ ). Tant en l'estimació del  $\dot{V}O_2^{\text{ass}}$  (Taula 3) com en el  $\dot{V}O_2^{\text{comp}}$  (Taula 4) es van detectar valors superiors en la mostra masculina en relació a la femenina, calculant-se una mitjana global de consum d'oxigen en la competició de 438 L d' $O_2$  (de = 265), dels quals 161 L d' $O_2$  (de = 102) pertanyien a la disputa dels assalts.

La segona competició que vam estudiar foren els Campionats de Catalunya absoluts d'esgrima del 1993. La mitjana del consum màxim d'oxigen registrat en la prova d'esforç dels 10 subjectes de la mostra (8 homes i 2 dones) fou de  $53,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (de = 9), valors sensiblement inferiors als determinats en la prova d'esforç de l'estimació del  $\dot{V}O_2$  en la prova internacional ( $\bar{x} = 57,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ; de = 10,7). En la programació de l'estudi vam considerar interessant que tres dels tiradors competissin en dues modalitats diferents (espasa i floret), realitzant-se posteriorment l'anàlisi comparativa dels seus re-

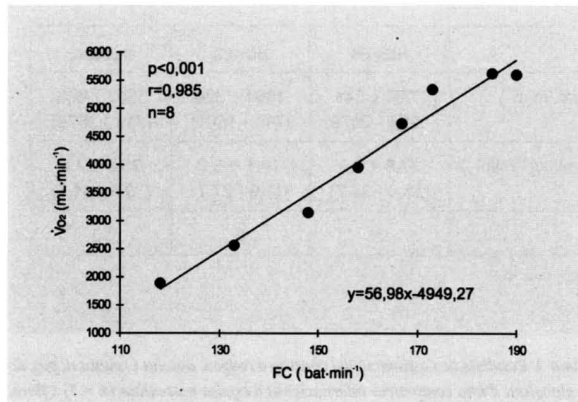


Figura 1. Recta de regressió del consum d'oxigen en funció de la FC obtinguda en una prova d'esforç sobre cinta ergomètrica en un dels esgrimidors.

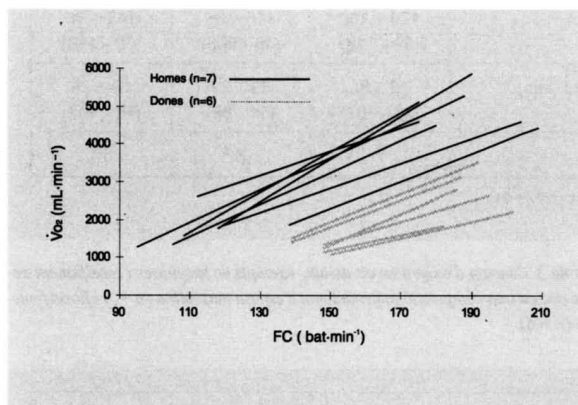


Figura 2. Rectes de regressió individuals dels tretze subjectes de la mostra, corresponents a la relació consum d'oxigen-FC.

	HOMES	DONES	GLOBAL
$\dot{V}O_2^{\text{ass}}$ estimat ( $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ )	4021 ± 423 (3356 - 4528)	2210 ± 545 (1538 - 2908)	3185 ± 1047 (1538 - 4528)
$\dot{V}O_2^{\text{ass}}$ estimat ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	53,9 ± 4,4 (47,9 - 62,0)	39,6 ± 7,2 (30,2 - 51,0)	47,3 ± 9,3 (30,2 - 62,0)
Subjectes (n)	7	8	13

Les dades són:  $\bar{x} \pm \text{de}$  de (min-max).

Taula 1. Resultats de l'estimació del consum d'oxigen, absolut i relatiu al pes, en els assalts, exempts de les pauses i escalfament entre ells, en una competició internacional d'espasa masculina (n = 7) i floret femení (n = 6).

	HOMES	DONES	GLOBAL
$\dot{V}O_2^{comp}$ estimat (mL·min <sup>-1</sup> )	2066 ± 544 (1226 - 2879)	1064 ± 326 (711 - 1581)	1603 ± 680 (711 - 2879)
$\dot{V}O_2^{comp}$ estimat (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	27,8 ± 7,0 (15,8 - 34,7)	19,1 ± 5,1 (13,9 - 27,7)	23,8 ± 7,4 (13,9 - 34,7)
Subjectes (n)	7	6	13

Les dades són:  $\bar{x} \pm de$  (min-max).

Taula 2. Resultats de l'estimació del consum d'oxigen, absolut i relatiu al pes, de la globalitat d'una competició internacional d'espasa masculina (n = 7) i floret femení (n = 6).

	HOMES	DONES	GLOBAL
$\dot{V}O_2^{ass}$ estimat (L)	191 ± 107 (41 - 341)	125 ± 93 (49 - 289)	161 ± 102 (41 - 341)
$\dot{V}O_{2\ net}^{ass}$ estimat (L)	179 ± 100 (39 - 318)	115 ± 86 (46 - 266)	149 ± 96 (39 - 318)
Temps en assalts (min)	46 ± 23 (22 - 107)	53 ± 27 (11 - 86)	49 ± 25 (11 - 107)
Subjectes (n)	7	6	13

Les dades són:  $\bar{x} \pm de$  (min-max).

Taula 3. Consum d'oxigen en els assalts, exempts de les pauses i escalfament entre ells, en una competició internacional d'espasa masculina (n = 7) i floret femení (n = 6).

	HOMES	DONES	GLOBAL
$\dot{V}O_2^{comp}$ estimat (L)	588 ± 271 (254 - 951)	263 ± 105 (188 - 470)	438 ± 265 (188 - 951)
$\dot{V}O_{2\ net}^{comp}$ estimat (L)	511 ± 246 (227 - 855)	206 ± 94 (146 - 390)	370 ± 243 (146 - 855)
Temps competició (min)	294 ± 113 (169 - 369)	292 ± 64 (111 - 421)	292 ± 94 (111 - 421)
Subjectes (n)	7	6	13

Les dades són:  $\bar{x} \pm de$  (min-max).

Taula 4. Consum d'oxigen, total i net, en la globalitat d'una competició internacional d'espasa masculina (n = 7) i floret femení (n = 6).

sultats en les diferents fases eliminatòries (Figura 3). No es van detectar diferències significatives en l'aparellament de les mitjanes del consum d'oxigen en les diferents fases eliminatòries. Es va detectar un alt nivell de correlació en els valors de cada subjecte en les dos modalitats ( $r = 0,90$ ;  $p < 0,05$ ). L'estimació del consum d'oxigen en els Campionats de Catalunya absoluts va presentar una mitjana global de 36,0 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>

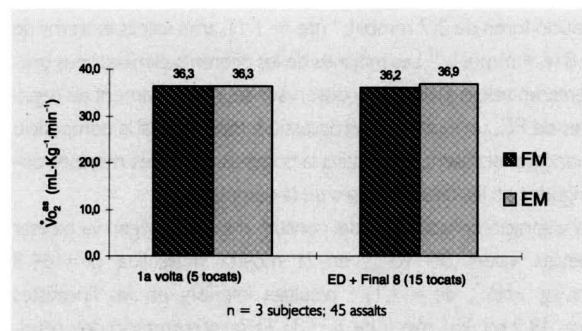


Figura 3. Mitjanes de l'estimació del consum d'oxigen durant els assalts de tres tiradors en competició de floret (FM) i espasa (EM). Les diferències no són significatives ( $p > 0,05$ ).

(de = 6,3) amb valors molt similars en les diferents fases eliminatòries (Taula 5). Les mitjanes globals i per gènere són inferiors a les de la prova internacional. En la valoració individual realitzada subjecte a subjecte vam determinar la intensitat de treball en els assalts en base al  $\dot{V}O_{2\ max}$  estimat de cada subjecte observant-se valors mitjans en el transcurs de tots els assalts d'entre el 55,6 i el 77,4 % del  $\dot{V}O_{2\ max}$ , mentre que si determinàvem els valors màxims del consum d'oxigen que cada esgrimidor assolía en la disputa dels assalts trobàvem valors força elevats que anaven de l'extrem inferior del 75,3 % del  $\dot{V}O_{2\ max}$  al superior, molt proper al màxim, del 99,6 % del  $\dot{V}O_{2\ max}$ .

Es presenten els valors de despesa energètica i potència energètica estimades en base als valors de consum d'oxigen estimats en el transcurs de la competició internacional (Taula 6).

Al valorar el consum energètic mitjà produït en un assalt d'esgrima a cinc tocats, a un màxim de 5 minuts –en aquesta competició presentà una durada de 3,6 min (de = 0,9) reals de mitjana–, la despesa estimada fou de 56,6 kcal (de = 23,8) en assalt. Aquesta sol·licitació es produeix pels 11,6 L d'O<sub>2</sub> (de = 4,9) de mitjana de consum per assalt que es van estimar en aquesta prova internacional en que cada subjecte va disputar una mitjana de 13 assalts (de = 6). La potència energètica en competició, durant la realització dels diferents assalts, fou de 15,4 kcal·min<sup>-1</sup> (de = 5,1) (Taula 6).

Finalment vam introduir el càlcul de la potència energètica en les diferents activitats incloses en l'estudi del consum d'oxigen com van ser la prova internacional, els Campionats de Catalunya i uns assalts d'entrenament amb l'anàlitzador telemètric (Iglesias, 1997). Els resultats es presenten en la taula 7.

## Discussió

Per a Fox i col. (1989) el registre telemètric de la FC permet avaluar el  $\dot{V}O_2$  de moltes activitats físiques i esportives que, sense el seu ajut, serien difícilment mesurables. La relació individual de la



FC amb el  $\dot{V}O_2$  ha estat utilitzada per diferents autors en la millora del coneixement de la resposta funcional en alguns esports i activitats físiques (Acheson i col. 1980 (6); Ekblom 1986; Washburn i Montoye 1986(6); Kalkwarf i col. 1989 (6); Cucullo i col. 1987; Yzaguirre i col. 1989; Pinnington 1988, 1990; Livingston i col. 1990; Bangsbo 1994; Rodríguez, Iglesias i Tapiolas 1995; Rodríguez i Iglesias 1995; Rodríguez, Iglesias i Artero 1995; Rodríguez, Iglesias, Marina i Fadó 1997; Montoye i col. 1996). Com a un dels principals índexs de les demandes fisiològiques i atesa la dificultat de la seva valoració, el consum d'oxigen ha estat analitzat mitjançant diferents mètodes d'estimació. Cucullo i col. (1987) van aplicar fórmules per determinar el consum màxim d'oxigen en proves d'esforç utilitzant la potència de treball i la FCmax individual com a principals variables. Els resultats van donar valors subestimats en comparació als valors reals utilitzats en la prova de control. Pinnington i col. (1988, 1990) van aplicar un model d'estimació en partits de waterpolo basat en la relació lineal  $\dot{V}O_2$ -FC en una prova d'esforç prèvia en medi aquàtic. Lavoie, Léger i Marini (1988) van estimar el consum d'oxigen en assalts d'entrenament d'esgrima gràcies a un mètode de retroextrapolació en base als gasos espirats a la fi dels assalts. Van determinar uns valors mitjans de 44 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (de = 10), que corresponien al 70 % del  $\dot{V}O_{2max}$  dels espasistes avaluats. La valoració directa és, avui en dia, inviable en l'esgrima de competició. Amb la intenció d'aconseguir major informació sobre les necessitats funcionals d'aquest esport, i per tal de validar el mètode exposat, es va dur a terme un estudi de validesa de l'estimació del consum d'oxigen (Iglesias 1997) que a hores d'ara s'inclou en una línia de recerca del conjunt d'activitats físiques de caràcter intermitent (Rodríguez i col. 1994, 1995, 1997, 1998). Les dades obtingudes mostren com l'aplicació del mètode indirecte comporta una sobreestimació d'entre el 19% (CI 95%: 59-103 mL·min<sup>-1</sup>) i el 33% (CI 95%: 465-527 mL·min<sup>-1</sup>) dels valors reals en funció de l'especificitat de la relació  $\dot{V}O_2$ -FC en que es determina l'estimació (Iglesias 1997). Aquests valors són superiors als observats en un estudi previ realitzat en futbolistes (Rodríguez i Iglesias 1998), on la sobreestimació del consum d'oxigen era del 15% de mitjana.

El consum màxim d'oxigen dels tiradors en les proves d'esforç coincideix amb els valors de la literatura en diferents poblacions d'esgrimadors (Taula 8), observant-se un consum màxim superior en la mostra masculina ( $\bar{x}$  = 55,5-70,9 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) en relació a la femenina ( $\bar{x}$  = 6,3-49,2 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>). Les característiques diferencials, determinades per la desigualtat en la composició corporal i les capacitats funcionals dels dos gèneres, condiciona una menor utilització del  $\dot{V}O_2$  en les dones en relació als homes, i l'assoliment d'un  $\dot{V}O_{2max}$  menor (Faina 1990; Platonov 1991).

En la prova internacional es van registrar uns valors mitjans de 47,3 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (de = 9,3), que en termes absoluts repre-

(6) Dins Montoye i col. 1986.

	1 VOLTA	ELIMINACIÓ DIRECTA	FINAL 8	GLOBAL
$\dot{V}O_2^{ass}$ estimat (mL·min <sup>-1</sup> )	2586 ± 240 (794 - 3930)	2597 ± 296 (863 - 3759)	2812 ± 276 (982 - 4316)	2655 ± 251 (794 - 4316)
$\dot{V}O_2^{ass}$ estimat (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	36,3 ± 4,7 (12,2 - 58,1)	36,2 ± 5,4 (12,5 - 55,3)	39,2 ± 4,8 (14,2 - 66,4)	37,3 ± 4,8 (12,2 - 66,4)
Durada assalts (min)	3,2 ± 0,7	8,8 ± 4,2	13,0 ± 5,3	5,7 ± 1,1
Total d'assalts (n)	51	6	16	73

Les dades són:  $\bar{x}$  ± de (min-max).

Taula 5. Estimació del consum d'oxigen en competició real d'esgrima (Campions de Catalunya absoluts masculins 1993; n = 10)

E <sup>ass</sup> total (kcal)	E <sup>comp</sup> total (kcal)	E per assalt (kcal)	$\dot{E}^{ass}$ (kcal·min <sup>-1</sup> )	$\dot{E}^{comp}$ (kcal·min <sup>-1</sup> )
<b>Floret femení (n = 6)</b>				
605 ± 449 (239 - 1396)	1270 ± 509 (911 - 2274)	39,6 ± 18,9 (17,9 - 73,5)	10,7 ± 2,6 (7,4 - 14,1)	4,3 ± 1,7 (3,1 - 7,8)
<b>Espasa masculina (n = 7)</b>				
924 ± 516 (198 - 1647)	2847 ± 1313 (1228 - 4601)	71,2 ± 17,4 (49,4 - 93,9)	19,5 ± 2,0 (16,2 - 21,9)	9,7 ± 4,5 (4,2 - 15,7)
<b>Global (n = 13)</b>				
777 ± 495 (198 - 1647)	2119 ± 1280 (911 - 4601)	56,6 ± 23,8 (17,9 - 93,9)	15,4 ± 5,1 (7,4 - 21,9)	7,2 ± 4,4 (3,1 - 15,7)

Les dades són:  $\bar{x}$  ± de (min-max).

Taula 6. Valors mitjans de la despesa energètica (E, kcal) estimada en la totalitat dels assalts (E<sup>ass</sup>), en el global de la competició (E<sup>comp</sup>) i la mitjana per assalt (E). S'exposen també els valors de potència energètica en els assalts (E<sup>ass</sup>) i en la globalitat de la competició (E<sup>comp</sup>).

	$\dot{E}^{ass}$		
	(kcal·min <sup>-1</sup> )	(kJ·min <sup>-1</sup> )	(kcal·kg·min <sup>-1</sup> )
Competició internacional (Valors estimats, n = 13)	15,4 ± 5,1	64,5 ± 21,2	0,23 ± 0,04
Campionats de Catalunya (Valors estimats, n = 12)	12,3 ± 2,0	51,6 ± 8,5	0,17 ± 0,03
Assalts d'entrenament (Valors estimats, n = 10)	9,8 ± 2,0	41,1 ± 8,4	0,14 ± 0,03
Assalts d'entrenament (Valors reals, n = 10)	7,4 ± 1,0	30,8 ± 4,1	0,10 ± 0,01

Les dades són:  $\bar{x}$  ± de (min-max).

Taula 7. Comparació de la potència energètica (E, kcal·min<sup>-1</sup>, kJ·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) estimada en els assalts d'entrenament i en competicions de diferent nivell. Els valors dels assalts d'entrenament s'estimen en base a registres reals de consum d'oxigen.

POBLACIÓ	NIVELL	ARMA	SEXE	SUBJECTES	$\dot{V}O_2$ (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	AUTORS
<b>Consum màxim d'oxigen determinat en laboratori (<math>\dot{V}O_{2max}</math>)</b>						
Brasil	Equip nacional	E,F,S	M	18	53,3	De Rose i Teixeira, 1975
França	Heterogeni	E,F,S	M	7	40,1	Macarez, 1978
Canadà	Equip nacional	E	M	10	59,5	Lavoie i col., 1984
Canadà	Heterogeni	E	M	12	54,5	Lavoie i col., 1984
Cuba	Equip nacional	E,F,S	M	16	56,6	Díaz, 1984
Itàlia	Heterogeni	E	M	33	47,1	Roi i Mognoni, 1987
Canadà	Equip nacional	E	M	8	62,7	Lavoie i col., 1990
Catalunya	Heterogeni	E,F,S	M	17	55,5	Iglesias i Cano, 1990
Suècia	Equip nacional	E	M	6	67,3	Nyström i col., 1990
Espanya	Equip nacional	E,F,S	M	16	56,5	Iglesias i Rodríguez (1)
Espanya	Equip nacional	F	F	4	46,3	Iglesias i Rodríguez (1)
Espanya	Heterogeni	E	M	4	60,2	Iglesias i Rodríguez (1)
Espanya	Equip olímpic pentatló	E	M	3	70,9	Iglesias i Rodríguez (1)
Espanya	Heterogeni	F	F	6	49,2	Iglesias i Rodríguez (1)
Catalunya	Heterogeni	E,F,S	M	8	55,5	Iglesias i Rodríguez (1)
Catalunya	Heterogeni	E	F	2	47,9	Iglesias i Rodríguez (1)
<b>Consum màxim d'oxigen estimat en assaïts de competició (<math>\dot{V}O_{2max}</math>)</b>						
Espanya	Heterogeni	E	M	4	60,9	Iglesias i Rodríguez (1) (2)
Espanya	Equip olímpic pentatló	E	M	3	75,0	Iglesias i Rodríguez (1) (2)
Espanya	Espasistes i pentatletes	E	M	7	67,0	Iglesias i Rodríguez (1) (2)
Espanya	Heterogeni	F	F	6	51,6	Iglesias i Rodríguez (1) (2)
Catalunya	Heterogeni	E,F,S	M	10	50,6	Iglesias i Rodríguez (1) (3)
Catalunya	Heterogeni	E	F	2	42,9	Iglesias i Rodríguez (1) (3)
<b>Consum d'oxigen estimat en assaïts de competició (<math>\dot{V}O_2</math>)</b>						
Canadà	Heterogeni	E	M	8	44,0	Lavoie i col., 1988
Espanya	Heterogeni	E	M	4	51,7	Iglesias i Rodríguez (1) (2)
Espanya	Equip olímpic pentatló	E	M	3	59,2	Iglesias i Rodríguez (1) (2)
Espanya	Espasistes i pentatletes	E	M	7	53,9	Iglesias i Rodríguez (1) (2)
Espanya	Heterogeni	F	F	6	39,6	Iglesias i Rodríguez (1) (2)
Catalunya	Heterogeni	E,F,S	M	10	37,3	Iglesias i Rodríguez (1) (2)
Catalunya	Heterogeni	E	F	2	29,7	Iglesias i Rodríguez (1) (2)
<b>Consum d'oxigen estimat en una prova d'esforç específica d'esgrima (cinta rodant)</b>						
Canadà	Equip nacional	Pentatló	M	5	50,4	Seyfried, 1989
<b>Consum màxim d'oxigen mesurat en assaïts d'entrenament (<math>\dot{V}O_{2max}^{ass}</math>)</b>						
Catalunya	Heterogeni	E,F,S	M	8	40,2	Iglesias i Rodríguez (1) (4)
Catalunya	Heterogeni	E,F	F	2	36,5	Iglesias i Rodríguez (1) (4)
<b>Mitjana del consum d'oxigen en assaïts d'entrenament (<math>\dot{V}O_2</math>)</b>						
Catalunya	Heterogeni	E,F,S	M	8	29,4	Iglesias i Rodríguez (1) (4)
Catalunya	Heterogeni	E,F	F	2	27,6	Iglesias i Rodríguez (1) (4)

(1) Dades extretes del present estudi. (2) Dades relatives al consum d'oxigen estimat en una prova internacional absoluta d'EM i FF. (3) Dades relatives al consum d'oxigen estimat en els Campionats de Catalunya a les 5 armes. (4) Dades relatives al consum d'oxigen real en assaïts d'entrenament a les 5 armes (Iglesias 1997).

Taula 8. Recull de diferents mesuraments del consum d'oxigen en laboratori i durant la pràctica de l'esgrima en assaïts en competició real i simulada.





sentarien un consum de  $3.185 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de = 1.047$ ). Els valors mitjans són propers als descrits per Lavoie i col. (1988), però en l'anàlisi segons el sexe observem com mentre la mitjana de les floretistes és de  $39,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de = 7,2$ ) ( $\bar{x} = 2.210 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de = 545$ ), els espasistes presenten registres superiors ( $p < 0,001$ ) de consum d'oxigen en els assalts, essent la mitjana de  $53,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $\bar{x} = 4.021 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de = 423$ ), valors més elevats als descrits pels esmentats autors en els espasistes canadencs ( $\bar{x} = 3.168 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de = 720$ ). La sobreestimació detectada en l'aplicació del mètode (Iglesias 1997), mitjançant la relació dels paràmetres de FC i consum d'oxigen en una prova d'esforç contínua i progressiva, podria ser un dels factors que condicionés l'elevació dels valors estimats en el nostre estudi en relació al treball de Lavoie i col. De fet, la sobreestimació del consum d'oxigen i de la despesa energètica en base als registres de FC en activitats on hi pot haver treball estàtic alternat amb exercici ha estat reconeguda per Saris i col. (dins Montoye i col. 1986; pp. 102- 103).

La cinètica del consum d'oxigen provoca en l'activitat física d'elevada intensitat un deute d'oxigen motivat per la desproporció existent entre el subministrament d'oxigen i les demandes en el decurs de l'activitat realitzada. Aquest deute presenta dues fraccions: alàctica i làctica (Margaria i col. 1933). Considerant els baixos nivells de lactatèmia registrats en les competicions i entrenaments d'esgrima, hem de suposar que la major part del deute d'oxigen produït per l'activitat esgrimística correspon a la fracció alàctica del mateix. Això sense oblidar la influència del volum muscular implicat en les accions pròpies de l'esgrima i les característiques temporals que permeten amplis temps d'intensitat baixa alternats amb pics d'elevada intensitat (activitat intermitent). La proximitat dels valors de consum màxim d'oxigen en els assalts als registrats en el laboratori, coincideix amb el treball d'Eklblom (1986) realitzat en futbol. En aquest mateix esport, però, hi ha autors (Vogelaere i col. 1985) que no comparteixen la utilització de la FC com a variable per a la valoració indirecte del consum d'oxigen al considerar variables estranyes, com l'estrès o la temperatura, que poden influenciar en l'estimació.

Les característiques de l'esgrima, on els esforços intensos són alternats amb temps prolongats de pauses totals o d'accions més aeròbiques, impliquen una alta despesa del metabolisme alàctic en l'execució de les accions explosives.

La despesa energètica ha estat calculada seguint els models i conversions descrits en la literatura per diferents autors (Fox i col. 1989; Lavoie i col. 1988; Seyfried 1989; Gallozzi i col. 1992; Serra i col. 1995), basant el càlcul energètic en els valors de consum d'oxigen estimats en competició real i multiplicant-los per l'e-

quivalent calòric de l'oxigen xifrat en  $4,838 \text{ kcal}$  per litre d' $\text{O}_2$  (assumint un  $R = 0,83$ ; Fox i col. 1989; Zuntz 1901). Si contrastem la mitjana global de la mostra d'esgrimadors ( $\bar{x} = 15,4 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de = 5,1$ ) observem com els resultats són gairebé coincidents als descrits per Lavoie i col. (1988) que van determinar una despesa mitjana de  $15,5 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de = 3,6$ ) en una mostra masculina d'espasistes. En els espasistes del nostre estudi vam estimar valors superiors ( $19,5 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ) als de Lavoie i col., però propers als descrits per Seyfried (1989) en una mostra d'espasistes pentatletes en una simulació competitiva ( $17,8 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ). En analitzar els assalts d'entrenament s'han enregistrat valors força inferiors  $-9,8 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de = 2$ ) segons els valors estimats i  $7,4 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de = 1$ ) segons els registres telemètrics de consum d'oxigen— que coincideixen amb els presentats per Díaz (1981) (7) en entrenament ( $6,9 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ). L'anàlisi comparativa de les dades experimentals amb les existents en la literatura permet observar valors més alts en la potència energètica del present treball, concretament en la mostra masculina, que poden obeir als següents factors:

- Dels diferents estudis relacionats el nostre és l'únic realitzat en competició real. La competició provoca uns nivells d'exigència física incrementats per la càrrega emocional, absent, o si més no de menor incidència, en proves simulades.
- Dels 7 espasistes de la mostra, tres eren pentatletes d'alt nivell internacional.
- L'estimació del consum d'oxigen, amb la sobreestimació exposada, és la base sobre la que s'ha calculat la despesa energètica, amb la qual cosa, a tota sobreestimació del  $\dot{V}\text{O}_2$  li correspondrà una sobreestimació de la despesa energètica.
- El factor de conversió de l'equivalent del cost energètic de l'oxigen utilitzat per Lavoie i col. ( $1 \text{ L d'O}_2 = 4,825 \text{ kcal}$ ) és lleugerament inferior a l'utilitzat per nosaltres ( $4,838 \text{ kcal}$ ), fet que provoca l'obtenció de valors inferiors de despesa energètica a igual consum d'oxigen.
- D'altres factors d'influència, com les condicions ambientals, que no foren coincidents en els diferents estudis: Viru (1994) destaca que la FC està influenciada per factors emocionals i ambientals com la temperatura i la humitat.

Els resultats exposats corroboren amb matisacions les conclusions de Díaz (1981) que atorgava a l'esgrima altes demandes energètiques del sistema anaeròbic alàctic i del sistema aeròbic, així com en el treball d'altres autors soviètics (Kaul 1970; Pavlenco 1976; Vitoskin i Westakou 1978, dins Díaz 1981) que evidenciaven con-

(7) Les dades fan referència a un estudi longitudinal realitzat per Díaz (1981), en una població d'esgrimadors cubans (no s'especifica el gènere ni l'arma, tan sols que 7 dels 12 tiradors eren espasistes masculins). L'autor utilitza com a equivalent energètic la xifra de  $1 \text{ L d'O}_2 = 2,9 \text{ kcal}$ , considerant que és la xifra mitjana entre els equivalents làctic i alàctic.



Foto: Xavier Iglesias.

siderables exigències del sistema energètic, particularment del consum d'oxigen en entrenaments i competició.

En el moment de realitzar la valoració comparativa dels resultats en homes i dones cal considerar les diferències funcionals que Guyton (1992) quantifica, a grans trets, en 2/3 a 3/4 en gairebé tots els paràmetres fisiològics. Ulmer (1993) exposa que, ja en condicions basals, existeixen diferències en la potència energètica d'homes i dones, essent en els primers de 1,2 kcal·min<sup>-1</sup> (85 W) i en les dones de 1,1 kcal·min<sup>-1</sup> (76 W) (8). El coneixement de la despesa energètica dels esgrimidors en competició, malgrat no ser de la rellevància que ho pot ser en esports de resistència de llarga durada, pot contribuir en la millora de l'organització de l'entrenament, així com en les pautes nutricionals que els tiradors han de practicar en totes les competicions, atesa la durada de les mateixes que pot anar, en funció dels sistemes de competició, de les 5 a les 8 hores.

## Conclusions

- En relació al  $\dot{V}O_{2max}$  individual enregistrat en la prova d'esforç, la intensitat individual en els assalts fou d'entre el 56 i el 74 % del  $\dot{V}O_{2max}$ , situant-se els valors màxims en competició entre el 75 i el 99 % del consum màxim d'oxigen.

- Els valors del consum d'oxigen en els assalts de les florestistes ( $\bar{x} = 39,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) són inferiors ( $p < 0,001$ ) als dels espasistes ( $\bar{x} = 53,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), que mostren nivells de  $\dot{V}O_2$  en els assalts superiors als descrits en la literatura (Lavoie i col. 1988).
- Considerant els baixos nivells de lactatèmia de les competicions i entrenaments d'esgrima, deduíem que la major part del deute d'oxigen produït per l'activitat esgrimística es correspon a la fracció alàctica del mateix.
- La potència energètica ( $\dot{E}$ ) en assalts de competició va presentar valors superiors ( $p < 0,001$ ) en la mostra d'homes ( $\bar{x} = 19,5 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de = 2$ ) en comparació a les dones ( $\bar{x} = 10,7 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de = 2,6$ ).
- En el conjunt d'esgrimidors, homes i dones, la potència energètica presenta valors superiors en una competició internacional ( $15,4 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ) en relació a una autònoma ( $12,3 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ), així com superioritat en els registres de competició respecte als d'entrenament ( $9,8 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ).
- De l'anàlisi en competició destaca la variabilitat de la resposta funcional dels esgrimidors atesa la influència de factors com l'adaptació cardiocirculatòria individual, importància de la competició, eliminatòria registrada, nivell del rival, dinàmica competitiva, arma i gènere.
- Els resultats exposats en el treball són consistents amb les dades comparables de la literatura, definint per a l'esgrima demandes energètiques mitjanament elevades del sistema anaeròbic alàctic i del sistema aeròbic, amb considerables exigències dels sistemes energètics en entrenaments i competició.

## Bibliografia

- ÅSTRAND P. E., RODAHL K. (1992), *Fisiología del trabajo físico*. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana.
- BANGSBO J. (1994), "Physiological demands". Dins: Ekblom B (ed): *Handbook of Sports Medicine and Science*. Football (soccer). IOC Medical Commission. London: Blackwell Scientific Publications.
- CHAPANIS A. (1967), "The relevance of laboratory studies to practical situations". *Ergonomics* 10: 557-577.
- CONCU A., MARCELLO C., ROCCHITTA A., CIUTU C., ESPOSITO A. (1992), "Telemetric measurement of heart-rate-matched oxygen consumption during volleyball games". *Medical Science Research* 20: 243-245.
- CUCULLO J. M., TERREROS J. L., LAYUS F., QUÍLEZ J. (1987), "Prueba ergométrica indirecta. Metodología para el cálculo óptimo de  $\dot{V}O_{2max}$  en ciclistas". *Apunts Medicina de l'Esport* 93: 157-162.

(8) L'autor presenta els resultats en W i proposa per a les transformacions les següents equivalències:  $0,28 \text{ W} = 0,239 \text{ kcal}\cdot\text{h}^{-1}$  (Ulmer 1993).



- DÍAZ J. A. (1981), *Fundamentos pedagógicos y fisiológicos del entrenamiento de los esgrimistas*. La Habana: Científico Técnica.
- DI PRAMPERO P. E. (1981), "Energetics of muscular exercise". *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.* 89: 143-222.
- DUMAS J. P., D'ATHIS P., KLEPPING J., FOUILLON J. P. (1980), "Étude sur le terrain des réactions endocriniennes et cardiaques à l'effort". *Médecine du Sport* 54: 27-32.
- EKBLOM B. (1986), "Applied physiology of soccer". *Sports Medicine* 3: 50-60.
- FAINA M., GALLOZZI C., MARINI C., COLLI R., FANTON F. (1989), *Energy cost of several sport disciplines by miniaturized telemetric  $\dot{V}O_2$  intake measurement*. Colorado Springs, IOC World Congress on Sport Sciences 38: 1-2.
- FOX E. L., BOWERS R. W., FOSS M. L. (1989), *The physiological basis of physical education and athletics*. Dubuque (Iowa): Brown Publishers.
- FOX E. (1984), *Fisiología del deporte*. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana.
- GALLOZZI C., DE ANGELIS M., FANTON F., DAL MONTE A. (1992), *Il costo energetico nella vela*. *Rivista di Cultura Sportiva* 27: 19-21.
- GUYTON A. C. (1992), *Tratado de fisiología médica*. Madrid: Interamericana/McGraw-Hill.
- HOCH F., WERLE E., WEICKER H. (1988), *Sympathoadrenergic regulation in elite fencers in training and competition*. *Int J Sports Med* 9: 141-145.
- IGLESIAS X., CANO D. (1990), *El perfil de l'esgrimidor a Catalunya*. *Apunts Educació Física i Esports* 19: 45-54.
- IGLESIAS X., RODRÍGUEZ F. A. (1991a), *Perfil funcional del esgrimista de alto rendimiento*. *Revista de Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la Educación Física y del Deporte* 18: 37-52.
- IGLESIAS X., RODRÍGUEZ F. A. (1991b), *Physiological testing and profiling of elite fencers*. *Proceedings Second IOC World Congress on Sport Sciences*. International Olympic Committee. Barcelona: COOB'92: pp. 142-143.
- IGLESIAS X., RODRÍGUEZ F. A. (1995), *Caracterització de la freqüència cardíaca i la lactatèmia en esgrimistes durant la competició*. *Apunts Medicina de l'Esport* 123: 21-32.
- IGLESIAS X. (1997), *Valoració funcional específica en l'esgrima*. *Tesi Doctoral*. Universitat de Barcelona, Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya. Barcelona.
- LAVOIE J. M., LÉGER L., MARINI J. F. (1988), *Esgrime de compétition. Analyse énergétique*. *Médecine du Sport* 62(6): 310-3.
- MARGARIA R., CERRETELLI P., DI PRAMPERO P. E., MASSARI C., TORRELLI G. (1963), *Kinetics and mechanism of oxygen debt contraction in man*. *J Appl Physiol* 18: 371-377.
- MARKOWSKA L., STUPNICKI R., GOLEC L., NAGIEC E., BEDNARSKI J., GRZEGOREK K. (1988), "Urinary catecholamines in fencers during competition and training fights". *Biology of Sports* 2(5): 93-99.
- MONTOYE H. J., KEMPER H. C. G., SARIS W. H. M., WASHBURN R. A. (1996), *Measuring physical activity and energy expenditure*. Champaign: Human Kinetics.
- PINNINGTON H., DAWSON B., BLANKSBY B. A. (1990), "The energy requirements of water polo". *Dins: Draper J (ed.): Third report on the National Sports Research*. Programa Juliol 1988-Juny 1990, p. 36.
- PINNINGTON H., DAWSON B., BLANKSBY B. A. (1988), "Heart rate responses and the estimated energy requirements of playing water polo". *Journal of Human Movement Studies* 15: 101-118.
- PLATONOV V. N. (1991), *La adaptación en el deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- REILLY T., THOMAS V. (1979), *Estimated energy expenditure of professional association footballers*. *Ergonomics* 22: 541-548.
- RODRÍGUEZ F. A., BANQUELLS M., PONS V., DROBNIC F., GALILEA P. (1992), *A comparative study of blood lactate analytic methods*. *Int J Sports Med* 13(6): 462-466.
- RODRÍGUEZ F. A., IGLESIAS X., TAPIOLAS J. (1994), *Gasto energético y valoración metabólica en el fútbol*. *Jornadas Internacionales de Medicina y Fútbol (Premundial 94)*, San Sebastián/Donostia: pp. 47-64.
- RODRÍGUEZ F. A., IGLESIAS X. (1995), *Consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca durante el juego en hockey sobre patines*. *Libro de resúmenes, 8th FIMS European Sports Medicine Congress*. Granada: p. 58.
- RODRÍGUEZ F. A., IGLESIAS X., ARTERO V. (1995), *Consumo de oxígeno durante el juego en futbolistas profesionales y aficionados*. *Libro de resúmenes, 8th FIMS European Sports Medicine Congress*. Granada: p. 119.
- RODRÍGUEZ F. A., IGLESIAS X., MARINA M., FADÓ C. (1997), *Physiological demands of elite competitive aerobic or anaerobic? Book of Abstracts, second Annual Congress of the European College of Sport Science*, vol. II, pp. 922-923. Copenhagen, Denmark.
- RODRÍGUEZ F. A., IGLESIAS X. (1998), "The energy cost of soccer: telemetric oxygen uptake measurements versus heart rate-estimations". *Journal of Sports Sciences* (16)5: 484-485.
- SERRA L., ARANCETA J., MATAIX J. (1995), *Nutrición y salud pública*. Barcelona: Masson.
- SEYFRIED D. (1989), "Pentathlon moderne: Approche énergétique et nutritionnelle de l'épreuve d'esgrime". *Dins: Seminaire de bioénergétique: les limites de la performance humaine*. París: pp. 63-68.
- ULMER H. V. (1993), "Metabolismo energético". *Dins: Schmidt RF, Thews G: Fisiología humana*. Madrid: Interamericana/McGraw-Hill.
- VIRU A. (1984), *La valutazione del carico allenante*. *Rivista di Cultura Sportiva* 31: 2-8.

VOGELAERE P., BALAGUÉ N., MARTÍNEZ M. (1985), "Fútbol: una aproximación fisiológica". *Apunts Medicina de l'Esport* 86: 103-107.

WEIR J. B. DE V. (1949), *New methods for calculating metabolic rate with specific reference to protein metabolism*. *J. Physiol* 109: 1-9.

YZAGUIRRE I., BALCELLS M. (1989), "Perfil fisiològic dels practicants d'espeleologia". *Apunts Medicina de l'Esport* 102: 233-245.

ZUNTZ N. (1901), Über die Bedeutung der verchiedenen Nährstoffe als Erzeuger der Muskelkraft. *Pflügers Arch Gesamt Physiol* 83: 557-571.