

**UNIVERSITAT DE BARCELONA**  
**INSTITUT NACIONAL D'EDUCACIÓ FÍSICA DE CATALUNYA**

**VALORACIÓ FUNCIONAL ESPECÍFICA**  
**EN L'ESGRIMA**

**TESI DOCTORAL**

**Xavier Iglesias i Reig**

**BARCELONA**

**1997**

## **6. CONCLUSIONS**

---

|   |            |
|---|------------|
| <b>6.CONCLUSIONS .....</b>  | <b>453</b> |
| <b>6.1.VALORACIÓ FUNCIONAL ESPECÍFICA EN COMPETICIÓ I<br/>ENTRENAMENT .....</b>   | <b>455</b> |
| <b>6.2.VALORACIÓ DE LA FORÇA EXPLOSIVA DE LES EXTREMITATS<br/>INFERIORS .....</b> | <b>460</b> |
| <b>6.3.VALORACIÓ FUNCIONAL DELS ESGRIMIDORS D'ALT NIVELL.....</b>                 | <b>463</b> |
| <b>6.4.CONCLUSIONS FINALS .....</b>   | <b>467</b> |
| <b>6.5.PERSPECTIVES DE RECERCA .....</b>  | <b>470</b> |

## **6.1. VALORACIÓ FUNCIONAL ESPECÍFICA EN** **COMPETICIÓ I ENTRENAMENT**

- La durada dels assalts, en relació a la globalitat de la competició és considerablement reduïda, xifrant-se entre el 17 i el 18% del temps total. A més a més, aquests assalts presenten un gran nombre de pauses en el seu desenvolupament que redueixen, encara més, el temps d'activitat real dels esgrimidors en la competició.

- La durada mitjana dels assalts de poule —a cinc tocats— és, en espasa i floret, d'entre 3,3 a 4 min de mitjana, mentre que en sabre la durada és significativament inferior ( $\bar{x}=2,1$  min). En assalts a 15 tocats, floret i espasa mantenen mitjanes temporals en els assalts d'entre 10,5 i 11,8 min, mentre que en sabre es mantenen les durades inferiors amb temps d'actuació de 7,3 min. Com a conseqüència, la durada global del conjunt de la competició també és inferior a la de la resta d'armes.

- La variabilitat és el denominador comú en els registres de freqüència cardíaca en competicions d'esgrima atès el gran nombre de factors que influeixen en el seu comportament. Els principals factors que incideixen en l'esmentada variabilitat són: nivell d'adaptació cardio-circulatoria individual, importància de la competició pels tiradors, eliminatòria registrada, nivell del rival, dinàmica competitiva, arma i quantitat d'interrupcions en els assalts.

- L'esgrima de competició comporta elevades intensitats d'esforç. Percentualment, el 41 % (de=34%) del temps total d'assalt l'esgrimidor treballa amb registres de freqüència cardíaca superiors als del llindar anaeròbic, el 39 % (de=26 %) del temps els valors es situen entre els dos llindars, mentre que el 20 % (de=18 %) són inferiors als del llindar aeròbic.

- Els baixos valors mitjans de lactatèmia dels esgrimidors en competició oficial ( $\bar{X}=3,7$  mmol·L<sup>-1</sup>; de=1,1), amb extrems de 1,8 i 6,4 mmol·L<sup>-1</sup>, confirmen la feble intervenció del metabolisme lactàcid en l'esgrima. Això pot obeir a la utilització de les reserves energètiques alàctiques per als esforços de gran intensitat i curta durada, que es repeteixen en els assalts i on les constants pauses interassalts i intraassalts, faciliten la recuperació contínua i disminueixen l'activació de la glucolisi làctica.

- La utilització de la freqüència cardíaca, com a indicador de la intensitat de treball, sempre s'ha de fer de forma individual perquè existeix una gran variabilitat –intersubjectes– en la resposta a un mateix esforç per a diferents esportistes, i –intrasubjectes– en la resposta de cada individu davant diferents situacions.

- En esports de combat o situació, com l'esgrima, amb caràcter intermitent, on les distàncies i el temps són variables i, on el rival condiciona una determinada intensitat, la utilització de paràmetres fisiològics en el control de l'entrenament, com la freqüència cardíaca, és fonamental pels mestres d'armes a l'hora de quantificar la magnitud de la càrrega d'entrenament o competició.

- En relació al  $\dot{V}O_{2max}$  de la prova d'esforç, els valors individuals de

treball en els assalts es desenvolupaven a nivells d'entre el 56 % i el 74 % del  $\dot{V}O_{2max}$ , situant-se els valors màxims assolits en competició entre el 75 % i el 99 % del consum màxim d'oxigen.

- Els registres reals de consum d'oxigen en els assalts d'entrenament ( $\bar{X}=29 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=3,3$ ) van resultar netament inferiors als estimats en la competició i als exposats per Lavoie i col. (1988) en competició simulada. El fenomen es repeteix en analitzar els valors de freqüència cardíaca en els assalts d'entrenament ( $\bar{X}=155 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=13$ ) i els de competició ( $\bar{X}=170 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=5$ ).

- La intensitat mitjana de treball en els assalts d'entrenament fou del 55 % del  $\dot{V}O_{2max}$ , mentre que els nivells màxims de consum d'oxigen, en els tiradors i tiradores ( $n=10$ ) fou d'una mitjana del 75% del  $\dot{V}O_{2max}$ , valors similars als descrits en la literatura per a diferents esports d'equip (Tranquili i col. 1992; Rodríguez, Iglesias i Artero 1995; Silla i Rodríguez 1995; Rodríguez i Iglesias 1995).

- La valoració indirecta del consum d'oxigen en els assalts d'entrenament, mitjançant l'ús de l'equació resultant de la relació entre FC i  $\dot{V}O_2$  en la prova d'esforç (validació general) presenta un error estàndard de l'estimació del 30 % ( $0,458 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ) sobre els valors reals, el que limita les conclusions de l'anàlisi de les dades. En la valoració indirecta basada en la relació FC- $\dot{V}O_2$  de la pròpia activitat (validació específica) l'error estàndard de l'estimació específica disminueix fins el 19% ( $0,296 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ) en relació al consum d'oxigen mesurat directament.

- La sobreestimació del consum d'oxigen pot obeir a les diferències en la relació FC- $\dot{V}O_2$  motivades pels següents factors: influència de la càrrega emocional en el comportament de la FC; modificacions dels registres cardíacs per l'efecte de l'activitat mental; increment de la FC per l'estrès tèrmic; les diferències intraindividuals en el comportament cardiovascular en diferents activitats físiques; les diferències en la relació FC- $\dot{V}O_2$  en esforços breus d'alta intensitat; l'augment de la FC en les fases de treball isomètric; i la influència de la fatiga i els diferents estats d'hidratació en entrenaments i competició.

- Ateses les limitacions de l'estimació del consum d'oxigen en una anàlisi general, considerem l'aplicació del mètode de valoració indirecta de gran interès en la individualització de la seva aplicació específica, principalment com a control dels processos d'entrenament dels tiradors.

- La potència energètica ( $\dot{E}$ ), calculada en base al consum d'oxigen, va presentar valors superiors ( $p < 0,001$ ) en la mostra d'espasistes ( $\bar{X} = 19,5 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ ;  $de = 2$ ) en comparació a les noies de floret ( $\bar{X} = 10,7 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ ;  $de = 2,6$ ). Els resultats de la mostra masculina són superiors, probablement per l'efecte de la sobreestimació, als descrits per Lavoie i col. (1988) en espasistes canadencs ( $15,5 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ ), i als descrits per Seyfried (1989) en espasistes de pentatló ( $17,8 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ ).

- En el conjunt d'esgrimidors, homes i dones, la  $\dot{E}$  estimada presenta valors superiors en una prova internacional ( $15,4 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ ) en relació a una d'autonòmica ( $12,3 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ ). La  $\dot{E}$  calculada en base al

registre directe del consum d'oxigen en entrenaments presenta valors netament inferiors ( $7,4 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ) als de competició, i consistents amb els dels esgrimidors cubans en situacions similars d'entrenament ( $6,9 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ; Díaz 1981).

- Considerant la variabilitat de la sol·licitació funcional en l'esgrima, i fent atenció a la literatura específica, podem considerar que la potència energètica requerida és similar a la d'esports amb esforços de característiques intermitents, com el futbol, el bàsquet, el tennis o el voleibol.



## **6.2. VALORACIÓ DE LA FORÇA EXPLOSIVA DE LES EXTREMITATS INFERIORS**

- El protocol específic T5x3 mesura amb gran fiabilitat ( $p < 0,001$ ) la potència anaeròbica alàctica dels esgrimidors, afegint-hi el component coordinatiu específic amb la realització dels desplaçaments d'esgrima (marxar, trencar, fons i tornada a la guàrdia).

- El protocol específic TF ens informa, amb gran fiabilitat ( $p < 0,01$ ), de la velocitat d'execució del fons en els tiradors. L'eficiència del gest tècnic, controlada pels indicadors TF i TFS, es relaciona significativament amb la força explosiva (SJ, CMJ) fins a un cert punt, on les variables tècniques són les que condicionen els nivells d'execució finals.

- En la globalitat dels esgrimidors s'observen valors més alts en el test CMJ ( $\bar{X} = 33,2$  cm;  $de = 8,7$ ) que en els de SJ ( $\bar{X} = 31,1$  cm;  $de = 7,6$ ), xifrats en unes diferències de 1,7 a 2,5 cm (CI: 95%). Aquestes diferències favorables al protocol amb contramoviment suposen un coeficient d'elasticitat mitjà de 2,1 cm. En els protocols específics, el TFS ( $\bar{X} = 4,6$  m·s<sup>-1</sup>;  $de = 0,9$ ), amb intervenció del component elàstic de la musculatura, també presenta valors significativament superiors als del TF ( $\bar{X} = 2,7$  m·s<sup>-1</sup>;  $de = 0,8$ ).

- La comparació per sexes confirma valors significativament superiors en la globalitat de la mostra masculina sobre la femenina en el SJ i el CMJ ( $p < 0,001$ ), mentre que en els protocols específics es mantenen les diferències favorables als esgrimidors masculins, però amb menor significació.

- Els tiradors de l'equip nacional (nivell 1) presenten una tendència a registrar valors superiors als de la primera categoria de la RFEE (nivell 2) en els diferents tests de força explosiva, generals i específics, però en cap dels casos les diferències són estadísticament significatives.

- Els nivells de força explosiva de les extremitats inferiors, en les seves expressions general i específica, s'incrementen amb l'edat dels 6 fins als 18 anys, des d'on l'augment dels seus valors mitjans s'estabilitza.

- La mostra masculina, exceptuant la categoria M-12 on les esgrimidors tendeixen a presentar millors valors, presenta nivells significativament superiors a les tiradores en cadascuna de les categories (M-15, M-17, M-20 i "ABS") en tots els protocols de valoració de la força explosiva de les extremitats inferiors.

- En grups heterogenis d'esgrimidors els resultats dels indicadors de força explosiva de les extremitats inferiors correlacionen de forma significativa amb el nivell esgrimístic, perdent-se la significació a mesura que les mostres d'estudi són més homogènies.

- La força explosiva és una de les principals qualitats físiques desenvolupades en aquest esport i se'ns presenta com un dels factors de rendiment, però els seus indicadors no són útils per predir la progressió del nivell esgrimístic perquè, en el rendiment, influeixen moltes altres variables com les ambientals, la psicofisiològiques, i l'aplicació tecnicotàctica en els assalts.

- Els tiradors masculins de la primera categoria de la RFEE, en les seves 3 armes, presenten resultats similars en els protocols generals i específics, existint tan sols significació estadística en la superioritat dels valors mitjans del TF dels espasistes en relació als sabristes ( $p < 0,05$ ).

- Tant en la valoració global dels tiradors (nivells 1, 2 i 3) com en l'anàlisi parcial dels esgrimidors de la primera categoria de la RFEE (nivells 1 i 2), els sabristes presenten la tendència a posseir millors valors en els protocols on intervé, de forma rellevant, el component elàstic de la musculatura (CMJ, coeficient d'elasticitat, TFS i T3x5m), en relació a espasistes i floretistes. Els tiradors d'armes de punta (florete i espasa) tendeixen a presentar millors valors que els de sabre en els tests on menys intervé el component elàstic (SJ i TF).

- La comparació per sexes dels tiradors de la primera categoria estatal confirma l'existència de diferències altament significatives ( $p < 0,001$ ) en tots els indicadors, generals i específics, de força explosiva exceptuant el coeficient d'elasticitat que, malgrat mantenir la tendència de valors superiors per als homes, no presenta significació estadística.

### **6.3. VALORACIÓ FUNCIONAL DELS**

### **ESGRIMIDORS D'ALT NIVELL**

- L'anàlisi de les dimensions corporals ens mostra una clara diferenciació en les característiques morfològiques dels equips nacionals masculí i femení, com correspon al fenomen del dimorfisme sexual.

- Existeix la tendència en els equips espanyols, consistent amb referències sobre esgrimadors d'alt nivell internacional, a que els espasistes presentin una talla superior als floretistes, i aquests als sabristes.

- La talla i l'envergadura dels esgrimadors són factors afavoridors del rendiment, principalment en espasa, essent de gran interès la seva incorporació en els programes de selecció de talents en l'esgrima.

- El somatotipus mitjà de la selecció espanyola masculina d'esgrima ( $\bar{S}=2,3 - 4,5 - 2,9$ ) defineix un perfil ectomesomòrfic amb clar predomini del component mesomòrfic i lleuger predomini de l'ectomorfisme sobre l'endomorfisme, congruent amb la morfologia d'altres equips nacionals. Floretistes i espasistes mantenen les característiques de la mitjana masculina, mentre els sabristes difereixen significativament ( $p<0,05$ ) amb un perfil endomesomòrfic on el component endomòrfic predomina sobre l'ectomòrfic.

- Existeix una marcada asimetria dels perímetres musculars de les extremitats en els esgrimidors. Les diferències existents en els perímetres de la cuixa, l'avantbraç i el braç han resultat molt significatives estadísticament ( $p < 0,001$ ), mentre que el perímetre del panxell no presenta diferències significatives. Els resultats coincideixen amb els de la literatura.

- Les diferències més grans en els perímetres musculars es troben entre la cuixa anterior i la posterior ( $p < 0,001$ ). En la globalitat de les seleccions espanyoles, la cuixa de l'hemicos armat, o anterior, supera la posterior entre els 2,7 i els 4,1 cm (CI: 95%).

- L'asimetria dels esgrimidors ve condicionada per l'increment diferencial de la hipertròfia en les extremitats, motivada principalment per dos factors: l'ús unilateral de l'arma amb un braç i per les contraccions musculars excèntriques que realitza la musculatura extensora de la cama anterior en el moviment de frenada del fons.

- La freqüència cardíaca màxima en la prova d'esforç presenta valors superiors en les dones en relació als homes, coincidint amb la literatura i d'altres valoracions d'aquest treball. En els líndars ventilatoris els valors de freqüència cardíaca també eren superiors en les dones ( $p < 0,01$ ), mentre que els nivells de consum d'oxigen eren inferiors ( $p < 0,01$ ) als dels homes.

- El consum màxim d'oxigen dels esgrimidors de l'equip nacional en la prova d'esforç presenta diferències altament significatives ( $p < 0,001$ ) entre la selecció masculina ( $\bar{X} = 4158 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de = 209$ ) i la femenina ( $\bar{X} = 2673 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de = 189$ ), no apreciand-se entre les armes masculines diferències significatives.

- En el consum màxim d'oxigen relatiu al pes corporal, l'equip espanyol masculí d'esgrima presenta valors significativament ( $p < 0,01$ ) superiors ( $\bar{X} = 56,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de = 4,7$ ) als del femení ( $\bar{X} = 46,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de = 4,9$ ). Aquests valors són consistents amb els de la literatura i amb els d'altres valoracions realitzades en aquest mateix treball.

- La selecció espanyola masculina d'esgrima presenta uns elevats valors en el SJ ( $\bar{X} = 38,3 \text{ cm}$ ;  $de = 3,9$ ) i en el CMJ ( $\bar{X} = 43,1 \text{ cm}$ ;  $de = 6$ ), similars als descrits en l'equip italià d'esgrima (Bosco 1987) i congruents als descrits en diferents esports d'equip com el bàsquet i l'handbol (Dal Monte i col. 1987).

- La comparació entre sexes dels protocols generals de força explosiva confirma la superioritat dels valors de SJ i CMJ ( $p < 0,05$ ) i del coeficient d'elasticitat (n.s.) dels homes en relació a les dones de l'equip nacional.

- La diferent dinàmica competitiva del sabre en relació a les armes de punta condiona l'existència de diferències en els resultats dels protocols de força explosiva. Els sabristes presenten valors més elevats ( $p < 0,05$ ) en el coeficient d'elasticitat que els espasistes, mentre que els tiradors d'armes de punta —espasa i floret— tenen una velocitat

d'execució del fons, des d'estàtic (TF), superior ( $p < 0,05$ ) al sabre.

- Es poden perfilar certes diferències en els fenòmens d'adaptació muscular i cardiovascular entre les tres armes de l'esgrima, motivades per un entrenament i dinàmica competitiva diferenciades.

- Els sabristes presenten la tendència a un major aprofitament dels mecanismes d'elasticitat muscular en relació a floretistes i espasistes que presenten valors de força explosiva superiors sense la intervenció d'aquests mecanismes. Cal considerar que les modificacions introduïdes en el reglament de la FIE darrerament —prohibició de la fletxa en sabre— alteraran la dinàmica competitiva i, per tant, probablement es reduiran les diferències entre armes.

- L'execució dels moviments d'atac —fons i fletxa— a la màxima velocitat, amb gran variabilitat en el temps entre diferents execucions, requereix elevats nivells de potència muscular en les extremitats inferiors amb una excel·lent capacitat de regeneració muscular per a l'obtenció ràpida d'energia.

- La potència muscular de les extremitats inferiors és un factor afavoridor del rendiment, però no el podem considerar com a limitant del nivell, perquè en l'esgrima els factors tecnicotàctics són els que condicionen principalment el rendiment.

## 6.4. CONCLUSIONS FINALS

- La dinàmica de l'esgrima i els múltiples factors que en ella incideixen condicionen una gran variabilitat en la resposta funcional dels esgrimidors en situació d'entrenament i competició.
- Els bons nivells de força explosiva de les extremitats inferiors dels tiradors, així com la dinàmica de l'esgrima basada en l'execució d'accions a gran velocitat, condicionen la importància dels recursos anaeròbics alàctics en aquest esport.
- L'anàlisi dels indicadors funcionals en situacions d'entrenament i competició perfila els esgrimidors com esportistes amb un bon nivell de consum màxim d'oxigen, el que els permet adaptar-se a la intermitència i variabilitat de la competició, evitant fer ús de les reserves anaeròbiques làctiques.
- L'estimació del consum d'oxigen en assalts de competició ens ha ajudat a confirmar la rellevància dels requeriments aeròbics de l'esgrima que ha estat qüestionada en certes referències de la literatura específica.



- La variabilitat de la sol·licitació funcional de l'esgrima ha permès observar diferents nivells de consum d'oxigen en funció de l'activitat realitzada. En competició els valors mitjans dels tiradors eren d'entre el 56 % i el 74 % del seu  $\dot{V}O_{2max}$ , amb valors extrems del 75 % fins al 99 % del  $\dot{V}O_{2max}$ .
- El mètode d'estimació del consum d'oxigen mitjançant la relació FC- $\dot{V}O_2$  possibilita l'obtenció d'un indicador de gran valor per a l'anàlisi funcional específic. Per disminuir la sobreestimació del mètode s'ha d'incrementar l'especificitat de l'activitat emprada per obtenir l'equació individual de la relació FC- $\dot{V}O_2$ .
- No es detecten grans diferències entre els tiradors de diferents armes del mateix sexe, malgrat els sabristes presenten una dinàmica competitiva diferenciada per raó de la reducció significativa dels seus temps reals d'assalt.
- Les principals diferències entre les armes masculines s'han observat en l'anàlisi del comportament de la força explosiva de les extremitats inferiors, on es constata la millor utilització del component elàstic, tant en els protocols generals com en els específics, per part dels sabristes. Val a dir que amb la prohibició de la fletxa en aquesta modalitat aquestes diferències entre armes, molt probablement, es reduiran.
- La valoració de la força explosiva de les extremitats inferiors ha confirmat els elevats nivells dels esgrimidors d'alt rendiment, ( $\bar{X}$

SJ=38,3 cm;  $\bar{X}$  CMJ=43,1 cm) comparables als d'esports amb grans requeriments de salt com el bàsquet i l'handbol.

- L'esgrima és un esport asimètric on les extremitats de l'hemicos dominant presenten diferències significatives. L'asimetria s'observa en el braç armat, com a conseqüència de l'ús unilateral de l'arma, i en les extremitats inferiors, per la major hipertrofia de la cama avançada per l'efecte de les contraccions excèntriques produïdes en l'acció de frenada del fons.
- La valoració funcional realitzada en aquest treball confirma la importància per a l'esgrima d'aquests factors, però, en el rendiment, influeixen moltes altres variables com les ambientals, les psicològiques, les neurològiques i l'aplicació tecnicotàctica dels assalts que no han estat objecte d'aquest estudi.

## **6.5. PERSPECTIVES DE RECERCA**

El seguiment del projecte i l'anàlisi de les dades en tots aquests anys —més de 8— ens ha permès millorar notablement la coneixença sobre els requeriments funcionals de l'esgrima de competició. A mesura que hem anat ampliant els nostres coneixements, ens hem adonat del molt que encara ens manca per descobrir. L'estudi ha anat evolucionant, incorporant elements, corregint-se i adaptant-se a les noves tecnologies que avancen rapidament. Però, en arribar el moment de posar-hi un punt final, no tenim la sensació d'haver-ho enllestit. A hores d'ara, ja ens plantejem el disseny d'estudis concrets que complementin aquesta tesi i compensin les limitacions que, de ben segur, trobarà qui analitzi el seu contingut amb profunditat.

Les perspectives de recerca que proposem s'hauran de centrar en el desenvolupament dels següents punts:

- 1.- Perfeccionar el mètode d'estimació del consum d'oxigen, centrant l'estudi en la disminució de la sobreestimació mitjançant un major control de l'especificitat de les activitats que determinen l'equació individual resultant.

2.- Establir una quantificació de la despesa energètica individual, basada en la freqüència cardíaca com a indicador funcional, en els diferents tipus d'activitat que realitza l'esgrimidor, per ajudar al mestre d'esgrima en el control de l'entrenament.

3.- Realitzar una anàlisi longitudinal de l'evolució dels diferents indicadors funcionals per comparar la seva evolució en la progressió del nivell dels esgrimidors, per així estudiar amb més detall la importància de cada factor en el rendiment esgrimístic, individual o globalment.

4.- El present treball ha deixat de banda l'anàlisi de factors que considerem de gran importància per al rendiment en l'esgrima i que seria de gran interès estudiar:

- Els factors psicològics: motivacionals, afectius, etc.
- Els factors pedagògics: estils d'ensenyament, escoles, etc.
- Els factors socioculturals: procedència i nivell social, etc.
- Els factors neurològics: lateralitat, temps de reacció, etc.
- Els factors tècniciomecànics: posicions, accions, etc.
- Els factors tecnicotàctics: estratègies, automatismes, etc.
- Altres factors com la higiene, les lesions, la nutrició, etc.