

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

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

**TESI DOCTORAL**

**Xavier Iglesias i Reig**

**BARCELONA**

**1997**

#### **4. ANÀLISI DE LA SOL·LICITACIÓ FUNCIONAL DELS ESGRIMIDORS EN ENTRENAMENT I COMPETICIÓ**

---

## **4. ANÀLISI DE LA SOL·LICITACIÓ FUNCIONAL DELS**

### **ESGRIMIDORS EN ENTRENAMENT I COMPETICIÓ .....67**

#### **4.1.JUSTIFICACIÓ I OBJECTIUS..... 71**

#### **4.2.SUPÒSITS I LIMITACIONS..... 73**

#### **4.3.SUBJECTES ..... 77**

##### 4.3.1.Distribució de la mostra ..... 77

##### 4.3.2.Criteris d'inclusió ..... 78

#### **4.4.MATERIAL I MÈTODE ..... 79**

##### 4.4.1.Material ..... 79

##### 4.4.2.Mètodes ..... 83

###### 4.4.2.1.Caracterització de la freqüència cardíaca..... 83

###### 4.4.2.2.Caracterització de la lactatèmia ..... 89

###### 4.4.2.3.Caracterització del consum d'oxigen ..... 92

###### 4.4.2.4.Estimació de la despesa energètica en competició ..... 109

###### 4.4.2.5.Estimació de la potència energètica..... 114

#### **4.5.DISSENY I MÈTODE ESTADÍSTIC..... 116**

##### 4.5.1.Disseny ..... 116

##### 4.5.2.Recollida de dades i anàlisi estadística..... 122

###### 4.5.2.1.Recollida i tractament de les dades ..... 122

###### 4.5.2.2.Anàlisi estadística..... 123

#### **4.6.RESULTATS ..... 131**

##### 4.6.1.La freqüència cardíaca ..... 131

###### 4.6.1.1.La freqüència cardíaca en competició ..... 131

###### 4.6.1.2.La freqüència cardíaca en entrenaments..... 151

##### 4.6.2.La lactatèmia..... 157

##### 4.6.3.El consum d'oxigen..... 162

###### 4.6.3.1.L'estimació del consum d'oxigen..... 162

###### 4.6.3.2.El consum d'oxigen per telemetria ..... 181

###### 4.6.3.3.Estudi de validació del mètode d'estimació del consum d'oxigen..... 189

4.6.4.La despesa energètica en competició .....	194
4.6.5.Dinàmica de la competició d'esgrima.....	198
<b>4.7.DISSCUSSIÓ .....</b>	<b>204</b>
4.7.1.Freqüència cardíaca.....	206
4.7.2.Lactatèmia.....	220
4.7.3.Consum d'oxigen.....	224
4.7.4.Despesa energètica en competició.....	242
4.7.5.Dinàmica temporal de la competició .....	249
<b>4.8.CONCLUSIONS .....</b>	<b>257</b>

#### **4.1. JUSTIFICACIÓ I OBJECTIUS**

L'entrenament esportiu es basa en l'aplicació d'uns 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.

Des d'aquesta perspectiva podem diferenciar dos grans àmbits d'anàlisi de la sol·licitació dels esgrimidors: la càrrega interna, desenvolupada en cada entrenament o competició, i la càrrega externa. La millora del coneixement de la dinàmica específica de l'esgrima és un dels primers elements a considerar en la caracterització d'aquest esport. És a dir, reconèixer l'estructura temporal i la implementació de la competició: el pes de les armes, l'equipament en cada modalitat, els temps de treball i repòs en els assalts, la durada global de les proves o l'interval entre cada eliminatòria. La valoració d'aquests paràmetres és relativament senzilla perquè es correspon a la determinació de la càrrega externa de la competició, valorant la durada total dels campionats o entrenaments, quantificació d'assalts i nombre de pauses, etc. Aquest primer element d'anàlisi ha estat apuntat en la introducció de la tesi realitzant-se una breu descripció de les característiques de l'esport i considerant les principals referències bibliogràfiques que han tractat la dinàmica competitiva específica, i serà complementat en l'apartat que es presenta posteriorment.

El segon element que ens condicionarà l'entrenament és el coneixement de la resposta funcional de l'esgrimidor en competició, és a dir, determinar quantitativament la càrrega interna a que l'esportista és sotmès per la realització de l'activitat concreta de l'esgrima. Valorar les modificacions de la freqüència cardíaca al llarg dels entrenaments i la competició, quantificar els nivells de lactatèmia en diferents fases de les proves, analitzar el consum d'oxigen en situacions competitives i entrenament i realitzar un apropament a l'estimació de la despesa energètica produïda per l'esgrima, són els principals elements d'aquest estudi.

L'esgrima, a més a més, és practicada en diferents modalitats i això ens ha portat a caracteritzar la resposta funcional dels diferents tiradors segons l'especialitat realitzada, considerant que, com hem apreciat en la revisió bibliogràfica, la dinàmica competitiva presenta trets diferencials que aconsellen aquesta anàlisi específica per a cadascuna de les armes.

Els principals objectius d'aquest capítol han estat: caracteritzar la resposta de la freqüència cardíaca, del consum d'oxigen i de la lactatèmia dels tiradors en situacions d'entrenament i competició; analitzar la despesa energètica dels esgrimadors; el mesurament del consum d'oxigen dels tiradors, així com la detecció de diferències funcionals entre les diferents modalitats de l'esgrima; finalment utilitzar un mètode d'estimació del consum d'oxigen i la despesa energètica, en base al registre continu de la freqüència cardíaca, que permeti assolir nivells més elevats d'informació de la sol·licitació dels esgrimadors.

## 4.2. SUPÒSITS I LIMITACIONS

La realització d'una anàlisi funcional fora del laboratori, en condicions específiques d'entrenament i competició, comporta certs condicionants i limitacions segons les variables a estudiar.

La valoració de la freqüència cardíaca, gràcies a la facilitat de treball amb els cardiotacòmetres (pulsòmetres), presentava tan sols, a nivell logístic, una complexitat a l'hora de determinar els temps de treball i de pausa en les competicions, però aquest era un element previst i controlat per mitjà de fulls d'observació (annex 2). Les dificultats per valorar els esportistes en la pròpia competició són evidents perquè en moltes ocasions la implementació de l'estudi o bé la mateixa organització ho impedeixen. En aquesta recerca va assolir-se una fita prou significativa: valorar el registre de la freqüència cardíaca i realitzar les lactatèmies previstes durant una competició real. Això va ser possible gràcies als esportistes participants, malgrat, per a algun d'ells, la competició era inclosa dins les proves de selecció per als Jocs Olímpics de Barcelona'92. També cal reconèixer les facilitats donades per la Federació d'Esgrima de Catalunya, *la Real Federación Española de Esgrima*, així com pel mateix INEFC de Barcelona, seu del Torneig.

La valoració de la FC en competició està exposada al risc que, en la disputa de qualsevol assalt, es produeixi una desconexió momentània dels elèctrodes del cardiotacòmetre, doncs la mobilitat del tronc és constant i pot provocar una pèrdua de dades. Quan es produïen les desconexions quedaven reflectides en els llistats de registres de FC. Si les desconexions afectaven a pocs registres, es substituïen les dades incorrectes (normalment valors propers a 0 o 225 bat·min<sup>-1</sup>) pels valors resultants de realitzar la mitjana entre els sis registres anteriors i

posteriors a la desconexió, considerant que aquests eren recollits pel cardiotaquímetre Polar 4000 en intervals de 5 segons, i l'error assumit seria pràcticament el mateix que si el software hagués estat programat en intervals de 15 o més segons. Va desestimar-se la interpretació de dos assalts d'una mateixa tiradora (subjecte 4) en la prova internacional, per les constants desconexions detectades en els registres de la FC.

La determinació de la lactatèmia en competició real va comportar una notable mobilització de recursos humans i materials, doncs per no destorbar la dinàmica competitiva, ni alterar la concentració dels tiradors en la disputa dels assalts, l'equip de recerca era qui buscava els esgrimidors, pista a pista, en lloc de donar instruccions als tiradors que poguessin modificar en un determinat moment els seus nivells o pautes de concentració. Les mostres de lactat sanguini van ser recollides sistemàticament segons els protocols descrits en la metodologia. En els assalts d'eliminació directa, l'extracció es realitzava a la fi del segon o tercer assalt, i no entre assalt i assalt, doncs la pausa entre combats era d'un màxim de 30", i no es podia realitzar la corresponent valoració.

En la determinació del consum d'oxigen es presenten dos mètodes: un de directe que serà descrit posteriorment, i un altre d'indirecte, en el que el consum d'oxigen era estimat en cadascun dels tiradors mitjançant la següent equació de regressió lineal  $VO_2=a+b(FC)$ , 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 esportiva comporta un augment del component



emocional amb un increment significatiu del to simpaticoadrenèrgic i de la secreció de catecolamines i, per tant, els valors de resposta funcional de l'individu davant els requeriments físics en competició poden veure's alterats (Hoch i col. 1988; Markowska i col. 1988).

- L'esmentat increment de la freqüència cardíaca pel factor competitiu, afegit al deute d'oxigen que es pot acumular en diferents fases de la competició, pot introduir un factor d'error que pot limitar la fiabilitat de l'estimació indirecta, del consum d'oxigen i de la despesa energètica, resultant de l'aplicació de l'equació de regressió citada anteriorment. Malgrat aquests factors, i donat 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 ( $\dot{V}O_2^{ass}$ ) la quantificació del deute d'oxigen en els assalts, 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 ( $\dot{V}O_2^{ass}$ ), valorant la despesa real produïda en els mateixos, i la de competició ( $\dot{V}O_2^{comp}$ ), 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. Amb el desig de no perdre aquesta informació s'adjunta en la discussió del capítol una referència (Díaz 1981) en la que s'analitza el deute d'oxigen en les activitats específiques realitzades per esgrimidors cubans.

- La relació  $\dot{V}O_2$ -FC individual durant l'esforç progressiu 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 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 competició per eventualment validar aquesta metodologia (Rodríguez i col. 1994), i posteriorment es va complementar l'estudi de validació amb un doble càlcul: el primer utilitzava l'equació de regressió resultant de la relació entre freqüència cardíaca i consum d'oxigen de la prova d'esforç, mentre que el segon ho feia amb les mateixes dades dels assalts, mesurats telemètricament amb el K2-Cosmed.

- Quan els resultats de l'estimació del consum d'oxigen i de la despesa energètica procedeixen d'una valoració indirecta existeix un marge d'error que hem cercat d'esbrinar per mitjà de la comparació de valors directes i estimats en els mateixos registres d'entrenament i competició.

- 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 més/menys 3 a 7 dies. En aquest període l'esgrimidor no modificava considerablement 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. Els tiradors acceptaven no variar el seu procés d'entrenament ni realitzar entrenaments dirigits

específicament a millorar la seva potència aeròbica o anaeròbica en la setmana que es realitzaven les valoracions.

### **4.3. SUBJECTES**

#### **4.3.1. Distribució de la mostra**

Considerant el fraccionament d'aquesta recerca es presentarà en l'anàlisi de cadascun dels paràmetres estudiats la grandària de la mostra en les corresponents taules de resultats. El total de subjectes (n=55) que han intervingut en alguna de les parts d'aquest treball experimental han estat 21 dones i 34 homes. La distribució global per armes fou d'11 sabristes, 16 espasistes masculins, 9 espasistes femenines, 7 homes de floret, 12 floretistes femenines i una representant de floret femení de l'esgrima en cadira de rodes.

La major proporció d'espasistes s'explica per la facilitat que la selecció espanyola d'aquesta modalitat oferia en les seves repetides estades al CAR de Sant Cugat, fet que vam aprofitar per avaluar amb major detall integrants d'un equip d'alt nivell, possibilitat sovint costosa pels impediments que aquests equips professionals tenen a l'evitar elements aliens que incideixin en la programació o aplicació dels entrenaments.

La participació de tiradors de diferents clubs espanyols en aquesta

primera fase de la tesi es distribuïa com segueix: de Barcelona la “Sala d’Armes Montjuïc” (n=43), el “Club d’esgrima Fides” (n=5), i el “Pentatló Club Barcelona” (n=2); de Sabadell el “Club Gimnàs Llenas” (n=1); de Madrid la “Sala de Armas de Madrid” (n=2); de Logronyo la “Sala de Armas de Logroño” (n=1) i de València el “Club Esgrima Valencia” (n=1).

#### **4.3.2. Criteris d’inclusió**

Es van considerar els següents criteris d’inclusió dels subjectes per tal de pertànyer a la mostra de l’estudi en aquesta fase:

- Subjectes que hagin participat a nivell competitiu absolut, en qualsevol dels àmbits de competició.
- Prestar-se voluntàriament a ser objecte d’estudi en el desenvolupament d’un entrenament o competició oficial.
- Acceptació de les condicions específiques (mostres de sang capilar, observacions en competició, proves d’esforç, etc.) de cadascun dels estudis.
- En l’estudi del consum d’oxigen una de les condicions era que els subjectes no modifiquessin, mitjançant entrenaments específics, els seus nivells de resistència aeròbica per tal d’alterar mínimament la relació FC- $\dot{V}O_2$ , des del moment de la prova d’esforç fins l’anàlisi específica en competició.
- Un darrer criteri fou la limitació de l’àmbit geogràfic d’estudi a

Catalunya, incorporant en aquesta fase tan sols els esgrimidors que de forma permanent o puntual desenvolupessin entrenaments o competicions a Catalunya.

#### **4.4. MATERIAL I MÈTODE**

##### **4.4.1. Material**

- **Registadora de vídeo** (Sony Handicam 8mm, Japó), utilitzada per gravar les competicions i entrenaments estudiats, i realitzar la posterior anàlisi de temps de treball i temps de pausa, sobre un monitor de vídeo (Sony Trinitron 21", Japó).

- **Vídeoreproductor** (Panasonic NV-J41EO VHS, Japó; Thomson VTH 246 VHS, Japó), utilitzat per reproduir les imatges dels assalts enregistrats per a la seva posterior anàlisi.

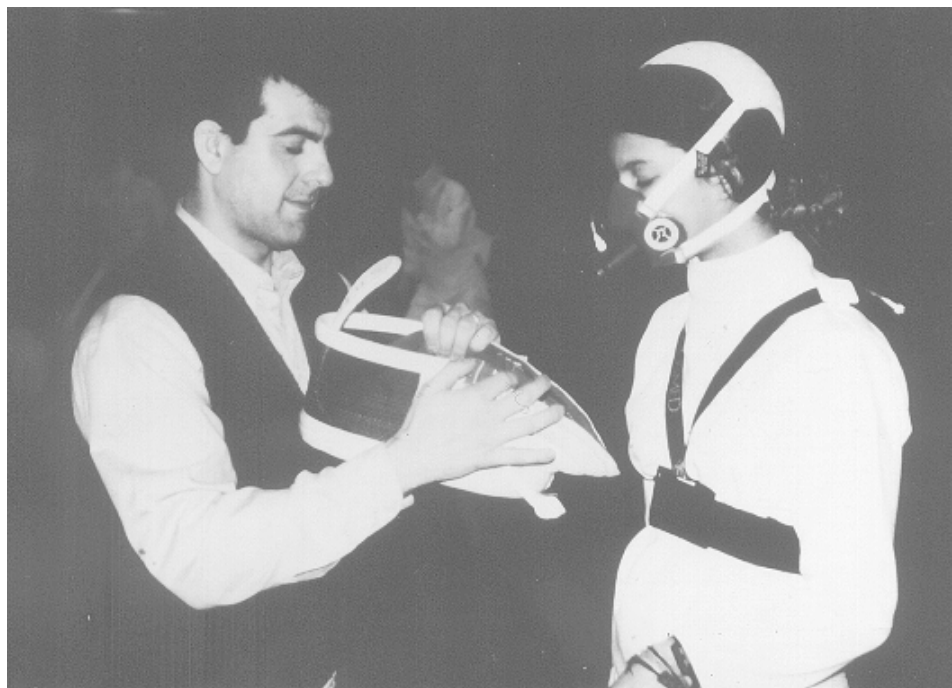
- **Cronòmetre** (Seiko, Japó), emprat per a la cronometració de les diferents proves i tests utilitzats en l'estudi.

- **Cinta rodant** (Woodway, RFA), utilitzada per a proves ergomètriques amb possibilitat de treballar amb increments de velocitat i pendent.

- **Analitzador de gasos** (CPX II Medical Graphics, EUA). Ergoanalitzador de gasos de circuit obert del tipus “breath by breath” utilitzat per a la recollida dels diferents paràmetres ventilatoris de l'estudi.

- **Analitzador telemètric de gasos** (K2-Cosmed, Itàlia). Ergoanalitzador telemètric de gasos miniaturitzat que permet l'anàlisi del consum d'oxigen sobre el camp esportiu. Aquest aparell registra els paràmetres ventilatoris i envia les dades telemètricament a un aparell receptor que les registra per al seu posterior tractament informàtic. L'equipament portàtil del K2 no excedeix dels 800 gr en el seu pes total i es compon d'una unitat emissora, on es troba el sensor paramagnètic d'O<sub>2</sub> que detecta el consum realitzat per unitat de temps, i que és connectada a una bateria adherida, com l'emissor, a un sistema de cintes fixat al tronc dels subjectes. L'aparell es complementa amb una mascareta, fixada al cap dels subjectes, a la que se li annexa una turbina que registra els fluxos ventilatoris anul·lant la respiració nasal. Dues antenes, una connectada a l'emissor i l'altra al receptor, permeten la transmissió del senyal fins a 400 m de distància. Els paràmetres ventilatoris foren enregistrats en intervals de 15 segons.

Per a l'aplicació experimental en esgrima l'emissor i la bateria es situaren a l'esquena, en la zona lumbar, i es protegiren dels tocats mitjançant un plastró de moqueta d'iniciació. La jaqueta elèctrica del sabre i del floret es col·locaren per sobre de les proteccions esmentades. La careta també va haver de patir unes modificacions ja que l'esgrimidor, amb la vàlvula respiratòria no podia col·locar-se la seva careta, per tant, es va aconseguir una de talla gran i mitjançant un sistema de “velcros” es permetia al tirador, amb la relativa incomoditat que suposava l'anormal disposició d'una careta no pròpia, tirar enregistrant el consum d'oxigen de forma directa; fet inèdit en la literatura.



**Foto 4-1:** Col·locació de la careta i la màscara amb la turbina del K2-Cosmed en una de les tiradores.

• **Cardiotacòmetre** (Sport-Tester Polar 4000 i Sport-Tester Polar 3000, Finlàndia). L'anàlisi de la freqüència cardíaca es realitzà telemètricament mitjançant aquests rellotges dotats d'un receptor que grava el senyal emès per un emissor, instal·lat amb un cinturó elàstic al pit dels subjectes, i que transmet els batecs per minut analitzats en fraccions de 5, 15 o 60 segons. Pel nostre treball es van registrar els valors de FC en intervals de 5 s.

• **Analitzadors de lactat:** fotòmetre 4020 (Hitachi-Boehringer, Japó-RFA), kit reactiu Test Combination Lactat (Boehringer Mannheim, RFA), àcid perclòric 0'33 N (Boehringer Mannheim, RFA), tampó NAD, GPT i LDH amb control Precinorm 2,80 (2,35-3,25) (Boehringer Mannheim, RFA).



**Foto 4-2:** Cardiotacòmetre Sport-Tester Polar 4000.

• **Ordinadors personals** (Amstrad PC-2086, PS1/IBM, PowerBook 170 Apple Macintosh, Macintosh Classic, Macintosh LCIII, Toshiba portàtil, PC486 Nech i d'altres fabricants). Es presenta una descripció dels diferents ordinadors personals en els que s'ha elaborat l'estudi, així com de les impressores emprades (Apple Personal LW NTR i HP 4L).

• **Programari informàtic (software):** Han estat utilitzats processadors de textos, fulls de càlcul, bases de dades, programes de funcionalitat específica, programes d'integració i sistemes operatius. Alguns d'aquests són: Microsoft Word 97, Microsoft Excel 97, Microsoft Office 97, Microsoft Windows 95, SPSS/Windows, MS-DOS 6.22, Cosmed-K2 Softw., Microsoft Works 3.0 (molts d'aquests programes emprats també en les seves versions anteriors).



## **4.4.2. Mètodes**

### **4.4.2.1. Caracterització de la freqüència cardíaca**

#### **4.4.2.1.1. La freqüència cardíaca en competició**

Un dels objectius d'aquesta tesi era valorar la sol·licitació funcional dels esgrimidors en competició, per això vam projectar l'anàlisi de la FC en dues proves oficials en que, a nivell organitzatiu, fos possible avaluar els esportistes alterant mínimament les condicions reals de competició.

Després de diferents treballs previs (Iglesias 1990, 1991; Iglesias i Cano 1990; Iglesias i Rodríguez 1991a, 1991b) que ens van servir per perfeccionar el mètode i l'operativa de treball, es va dissenyar la metodologia a utilitzar en les dues competicions escollides. Als subjectes se'ls mostrava, una o dues setmanes abans de les proves el funcionament del cardiotacòmetre, i se'ls feia una sessió d'entrenament amb el mateix, realitzant els buidats de memòria dels receptors de la mateixa forma que es produiria en els dies de competició. Amb aquest ensinistrament es pretenia que l'equip de recerca interferís mínimament sobre la concentració dels esgrimidors amb posterioritat.

Es van seleccionar dues competicions de diferent nivell per avaluar la FC. La primera fou un torneig internacional disputat a Barcelona el novembre de 1991, puntuable per al rànquing de la *Real Federación Española de Esgrima* i a comptabilitzar en la confecció dels equips

preolímpics; la segona prova fou el Campionat de Catalunya absolut de l'any 1993.

La primera competició fou escollida pels condicionants favorables que presentava, doncs la seu era el mateix INEFC i es disposava dels diferents laboratoris i de tots els mitjans materials molt més a l'abast. Un estudi de la lactatèmia dels esgrimidors, detallat posteriorment, es va realitzar paral·lelament a l'anàlisi de la FC. La segona prova fou coincident amb la fase de treball d'anàlisi del consum d'oxigen —telemètricament i per estimació indirecta— i es va realitzar a la seu de la Federació Catalana d'Esgrima, disposant també del màxim de facilitats organitzatives.

#### • Valoració d'una competició internacional

La competició internacional "Generalitat de Catalunya" es realitzà en un cap de setmana, disputant-se dissabte la prova d'espasa masculina i diumenge la de floret femení. La metodologia emprada en les proves masculina i femenina fou idèntica:

Mitja hora abans de l'inici del torneig es va convocar als subjectes al taulell d'operacions, situat a la zona de competició per fer més accessibles les anàlisis a la dinàmica de la prova, i se'ls va col·locar el transmissor del cardiotacòmetre amb la seva banda elàstica al pit, per sota del vestit d'esgrima, i el receptor al canell de la mà no armada. Tot seguit, i després de comprovar el correcte funcionament dels rellotges, es van assignar dorsals per la careta i braçalets identificatius per tal de facilitar la detecció dels subjectes als 3 observadors que col·laboraven en l'estudi. Els tiradors van ser emplaçats al mateix punt de reunió tot just s'iniciés la crida d'inici de competició per megafonia. Els subjectes analitzats en aquesta prova (n=13) foren 6 tiradores de floret femení de la primera categoria nacional —4 d'elles de la selecció espanyola— i 7 espasistes de diferent nivell, on destacaven 3 pentatletes de l'equip

olímpic, un membre de la selecció espanyola d'esgrima i un tirador en actiu, que havia estat membre de l'equip nacional quatre anys enrera.

En el moment de la crida de les "poules" tots els esgrimidors de l'estudi van acudir a la taula de treball per activar els rellotges sincrònicament, i així, millorar el control del temps de recanvi. Tres anotadors van realitzar el seguiment de la competició, i amb l'ajut d'un cronòmetre, sincronitzat amb els receptors, indicaven en el full corresponent (annex 2) l'evolució pausa-treball, per així posteriorment realitzar l'anàlisi discriminatori del registre continu de la freqüència cardíaca.

Es van disposar dos cardiotacòmetres per subjecte a fi de realitzar un ràpid intercanvi de receptor —rellotge— sense haver de canviar el transmissor i destorbant mínimament la concentració dels esgrimidors. Un cop finalitzada la primera volta, i a mesura que els esportistes superaven eliminatòries, es recanviaven els rellotges del canell, anotant el temps recollit en els receptors, per assegurar la continuïtat dels registres en competició. A la taula de treball, un cop fet el canvi de rellotges, es procedia al buidat dels mateixos en un PC amb el software del Polar 4000, per disposar d'ells novament en el proper relleu. La capacitat dels receptors és propera a les dues hores, i considerant que la competició es podia allargar a deu hores, el procés es podia repetir fins a cinc vegades.

Un cop els tiradors finalitzaven la competició es mantenia el registre de la FC uns cinc minuts més, per després procedir a la devolució del receptor, transmissor i dorsals corresponents a la taula de treball.

El procés es completava amb la recollida de tots els fulls d'anotació i la gestió informàtica de les dades que vam realitzar traspasant els

arxius del software del Polar 4000 a un full de càlcul. Amb aquesta operació enllaçàvem tots els registres obtinguts per cada subjecte que eren entre 1 i 4, segons el moment de la competició en que van ser eliminats. Realitzada la neteja dels diferents codis d'informació que apareixen per defecte en el llistat de registres d'un arxiu del Polar 4000 (terminal .RAW) disposàvem d'un únic llistat per subjecte, amb registres de FC cada 5 segons durant totes les hores de la competició. Amb l'ajut del full d'anotació individual establíem els registres corresponents a la durada de cadascun dels assalts de la competició, per poder analitzar-los diferencialment del conjunt de registres de tota la prova (annex 4).

#### • **Valoració dels Campionats de Catalunya absoluts**

La metodologia emprada fou gairebé idèntica a la de la prova internacional amb la diferència que no existia control de lactatèmia paral·lel i que en lloc de tres observadors auxiliars es va disposar un de sol, però amb el suport d'una filmació contínua de tots els assalts amb una filmadora de vídeo estàtica que enregistrava una visió general de tots els assalts, i disposava del senyal horari sincronitzat amb els cronòmetres de l'operativa de l'estudi. En aquests campionats es va valorar el registre de FC a trenta subjectes (n=30) dels quals 19 eren homes i 11 dones, representant les cinc armes de competició de l'esgrima. La competició es va realitzar en un únic cap de setmana, avaluant-se durant tot el dia de dissabte tres armes i el diumenge les dues restants. La gestió informàtica de les dades va seguir el mateix procediment que l'exposat per a la prova internacional registrant-se de forma contínua els valors de FC dels subjectes durant tota la competició (annex 5).

#### **4.4.2.1.2. La freqüència cardíaca en entrenaments**

La valoració de la FC en entrenaments podria ser objecte d'un exhaustiu estudi doncs els mètodes i mitjans d'entrenament són nombrosos i molt variables en funció, entre d'altres factors, del període d'entrenament en que es troben els esgrimidors. Malgrat això vam plantejar-nos introduir una breu descripció del comportament de la FC en dos dels mètodes d'entrenament més característics de l'esgrima: la poule i la classe individual amb el mestre.

#### • Valoració de les poules d'entrenament

Un total de 37 subjectes d'espasa masculina (n=14), espasa femenina (n=3), floret masculí (n=6), floret femení (n=7) i sabre (n=7) van acceptar la realització d'un control telemètric de la FC en una de les poules d'entrenament del període competitiu. Els subjectes estudiats eren dels tres millors clubs catalans i formaven part dels seus equips de competició. La metodologia emprada fou similar a la descrita en l'apartat anterior, però la inferior durada de l'entrenament ( $\bar{X}=94$  min;  $de=27$ ) de les poules analitzades simplificava l'anàlisi, existint tan sols un arxiu de registres de FC per subjecte (annex 6). Les poules, considerant que els tiradors enllaçaven lliurement un, dos o més assalts, van ser estudiades sense diferenciar el temps de repòs de l'assalt. Aquest fet provoca una disminució dels valors mitjans i mínims de la descriptiva estadística, però vam preferir mantenir la fidelitat de l'entrenament, sense alterar-lo, de la mateixa forma que en l'anàlisi competitiu tampoc vam alterar cap de les seqüències de la dinàmica competitiva habitual dels esgrimidors.

#### • Valoració de les classes individuals del mestre

Com a segon mètode d'entrenament es van registrar els comportaments de la FC en la classe individual. Per no alterar el contingut de les classes individuals d'entrenament, es va sol·licitar permís als mestres per realitzar els càlculs amb dies d'anterioritat a l'estudi col·locant el cardiotacòmetre en algun dels subjectes ja analitzats en la poule d'entrenament durant una classe triada a l'atzar. Les classes dels mestres d'esgrima, en funció del component tàctic, tècnic o psicològic que es desitgi treballar en l'alumne, presenten una gran variabilitat en la seva dinàmica, realitzant-se més o menys pauses per a introduir correccions, consells o plantejaments, fet que incideix directament amb la major o menor sol·licitació funcional (annex 7). Es van recollir 23 registres de FC d'homes (n=18) i dones (n=5) de les cinc armes. Un dels 23 registres fou realitzat a una esgrimidor discapacitada físicament i que practica la modalitat d'esgrima adaptada en cadira de rodes.

Finalment vam decidir incloure un recull dels valors assolits pels mestres d'esgrima durant l'esforç que realitzen en la classe individual. L'anàlisi es va realitzar en vuit classes individuals de dos dels tres mestres catalans existents en el moment de realitzar l'estudi (annex 8). Tant en les classes individuals dels mestres com dels alumnes es va utilitzar la metodologia descrita en la poules d'entrenament, doncs la durada de les classes individuals ( $\bar{X}=37$  min;  $de=16$ ) no feia necessari el recanvi de cardiotacòmetre durant els registres.

#### **4.4.2.2. Caracterització de la lactatèmia**

Es valorà la lactatèmia d'un total de 20 subjectes, 6 dones i 14 homes, en una competició simulada i una altra de caire oficial de caràcter internacional. Ambdues proves foren realitzades a alta intensitat, considerant aquest concepte com el nivell de sol·licitació agonística per l'especialitat, i no com a una quantificació fisiològica. En l'anàlisi fotoenzimàtic de lactat en sang capilar 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 també NAD, GPT i LDH amb control Precinorm 2,80 (2,35-3,25) (Boehringer Mannheim, RFA). Les mostres de 20 µl de sang capilar 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)

#### • **Competició simulada**

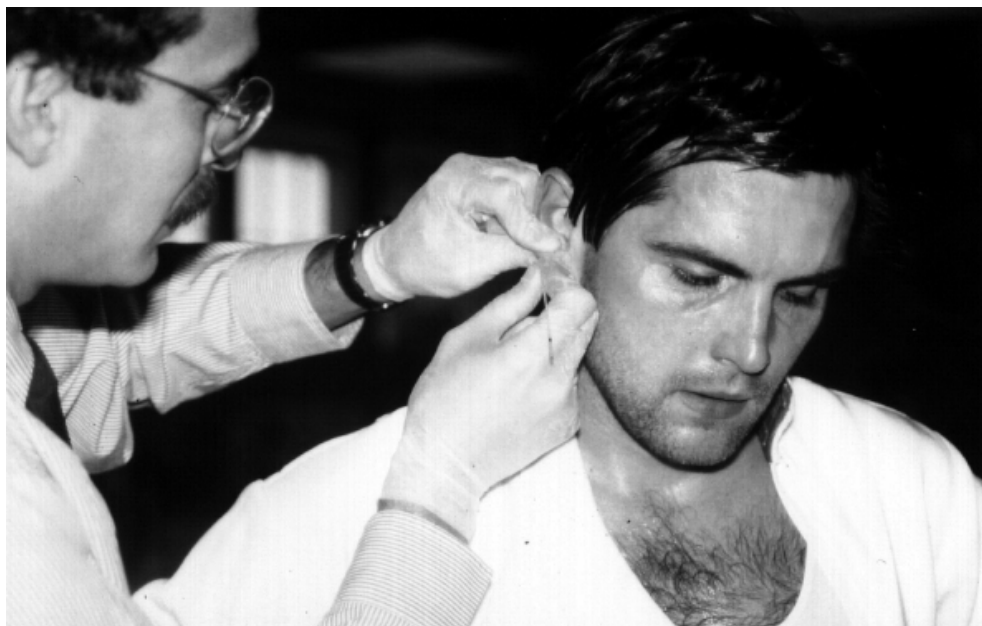
Una competició d'entrenament de l'equip espanyol d'espasa masculina celebrada al CAR de Sant Cugat va ser escollida per desenvolupar el primer estudi de lactatèmia durant els assalts. Prèviament tots els subjectes coneixien i acceptaren la realització del treball, i un cop els subjectes escollits foren informats dels procediments a seguir, se'ls va treure una primera mostra de sang capilar en estat de repòs. En la competició participaren 20 espasistes, tots ells d'alt nivell a 7 dels quals se'ls van determinar lactatèmies en el transcurs de la mateixa. En tots els casos l'extracció de sang capilar es realitzà al minut de la finalització dels assalts avaluats. El sistema de competició escollit fou el de poule única el que no corresponia exactament al sistema tradicional de competició, però proporcionava unes altes demandes cardiorespiratòries i una elevada intensitat en la prova. Per a la valoració dels nivells de lactatèmia es

realitzà un doble seguiment: un de transversal en el que als set subjectes se'ls determinava una lactatèmia en algun dels assalts de la poule, i un altre de transversal, en el que a un dels subjectes se li van analitzar 5 assalts (1,6,10,15 i 19) en el desenvolupament de la poule.

### • **Competició oficial**

Considerant els valors obtinguts en una única modalitat masculina en competició simulada, vam decidir analitzar la lactatèmia en situació real i també en una altra modalitat femenina. La competició escollida —com també per a l'anàlisi telemètric de la FC— fou el “Torneig Internacional Generalitat de Catalunya” a floret femení i espasa masculina celebrat el 1991 a l'INEFC de Barcelona. L'operativa del control de les lactatèmies en competició oficial fou la més complexa de totes, doncs en la metodologia vam introduir les extraccions als minuts 1 i 3 un cop finalitzat l'assalt corresponent i, per la pròpia dinàmica de l'esgrima, la finalització d'un assalt és previsible dins del marge de varis minuts. La mostra (n=13) es distribuïa en 6 tiradores de floret femení i 7 espasistes masculins. L'equip de treball era format per tres metges que podien arribar a realitzar, alhora, el procés d'extracció de la mostra de sang capilar i la seva manipulació posterior en tres subjectes; tres anotadors que controlaven a dos o tres tiradors i avisaven als metges de la proximitat del final d'un assalt; finalment la coordinació de l'equip era realitzada per l'autor, que operava en el procés de buidat i canvi de rellotges, controlava el seguiment de la competició, assalt a assalt i informava als membres de l'equip en cada moment de la situació en competició dels esgrimadors.





**Foto 4-3:** Imatge de l'extracció de sang capilar del lòbul de l'orella en un dels esgrimidors de la mostra.

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 (annex 2).

#### **4.4.2.3. Caracterització del consum d'oxigen**

En la preparació dels diferents projectes i l'elaboració dels primers

estudis ens vam proposar, com a un dels principals objectius, determinar la rellevància que el consum d'oxigen tenia en l'esgrima. La recerca bibliogràfica es limitava a suposar la seva importància, en el millor dels casos, gràcies als resultats que els esgrimidors de diferents països obtenien en proves d'esforç inespecífiques realitzades en laboratori. Aquest interès ens va portar a iniciar un estudi d'estimació indirecta del consum d'oxigen en base a la relació existent entre la FC i el  $\dot{V}O_2$ , com en els treballs de diferents autors centrats en exercicis de llarga durada (Reilly i Thomas 1979; Di Prampero 1981; Pinnigton 1988, 1990; Cucullo i col. 1987; Rodríguez, Iglesias i Tapiolas 1995; Rodríguez FA, Iglesias X 1995; Rodríguez, Iglesias i Artero 1995). Coneixedors de les limitacions d'aquesta anàlisi —les quals exposem en l'apartat de supòsits i limitacions així com en la discussió del treball— ens vam decidir a realitzar un estudi sobre les demandes del metabolisme aeròbic durant la competició d'esgrima; una anàlisi que, més que hipotetitzar sobre resultats de proves d'esforç, pogués oferir alguns elements objectivables sobre la sol·licitació aeròbica dels esgrimidors en situació real de competició. Aquest treball es va iniciar l'any 1991, i tot just quan engegàvem les valoracions indirectes del  $\dot{V}O_2$  va aparèixer un nou mitjà de mesura del consum d'oxigen: el K2-Cosmed. Un aparell portàtil, de tan sols 800 gr de pes, que permetia valorar el consum d'oxigen de forma directa, per telemetria (Dal Monte i col. 1989; Kawakami i col. 1992; Lucía i col. 1993). Considerant que aquest nou material d'anàlisi ens podria proporcionar informació de gran interès, vam decidir incorporar-lo al projecte, complementant-lo amb un nou disseny experimental centrat en el mesurament directe del consum d'oxigen i la validació del mètode indirecte.

#### **4.4.2.3.1. Estimació del consum d'oxigen en esgrimidors**

## • Competició internacional

Un total de tretze subjectes (n=13) van participar en l'anàlisi de l'estimació del consum d'oxigen: els mateixos descrits en el registre de dades de FC en una competició internacional. La mitjana d'edat en les dones era de 27 (de=5) anys, mentre que en la masculina era de 26 (de=5) anys. La major part dels subjectes ja estaven habituats a realitzar, tant proves d'esforç, com valoracions telemètriques de la freqüència cardíaca i estaven d'acord en formar part de l'estudi.

En primer lloc se'ls va realitzar una prova d'esforç màxima i progressiva sobre cinta rodant, amb un analitzador de gasos CPX II, amb l'objectiu d'aconseguir 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 de la prova d'esforç, segons els seus valors als 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 una diferència temporal màxima de set dies els subjectes van participar en el torneig que ens serviria per estimar el consum d'oxigen.

En l'esmentada competició es van obtenir les freqüències cardíques dels 13 subjectes, i tal i com es descriu en l'apartat anterior, es va procedir a la gestió informatitzada dels registres de FC de tots el tiradors, diferenciant-se en el procés final els temps de competició reals i els registres en cadascun dels assalts.

Les poques desconexions del receptor del cardiotaquímetre Polar 4000, produïdes pel moviment dels esgrimidors, van donar registres de FC de 0 o superiors a 215 bat·min<sup>-1</sup>. Metodològicament vam considerar aquests valors com a nuls i foren substituïts per registres equivalents a la mitjana dels 6 registres de FC anteriors i posteriors a la desconexió. Si

bé els pocs errors detectats foren tractats com s'ha exposat, la validesa de les dades és prou evident doncs el total de registres individuals de FC, agafats cada 5 segons, fou d'una mitjana de 3.516 (de=840) per subjecte, obtenint-se del tirador que més durada va tenir en competició (7 hores) un total de 5.040 registres de FC, i del que menys 1.344. Tots aquest valors són els que es van utilitzar per aplicar la funció  $\dot{V}O_2=a+b(FC)$ .

Per a la valoració indirecta del consum d'oxigen en competicions d'esgrima es van considerar dues valoracions: la dels assalts aïllats, és a dir, la del temps real tirant en els combats, i la del total de la competició, incloses totes les fases: escalfament, assalts, repòs, etc.

#### **a) Durant els assalts:**

En la planificació de l'estratègia a seguir en el registre de la FC en competició vam establir un recull continu de totes les dades mitjançant un sistema de cardiotacomètria portàtil. Per tal d'establir amb precisió les referències temporals de cada moment es van assignar tres observadors que mitjançant uns fulls de registres (annex 2) indicaven els moments d'inici i fi de cada assalt en cadascun dels tiradors. Recollits tots els valors de FC en un full de càlcul i assignada la temporalització dels mateixos es va procedir a seleccionar els registres corresponents als diferents assalts en tots els subjectes. Finalitzada la selecció dels assalts es va procedir a confirmar, conjuntament amb els fulls de resultats oficials, l'eliminària que corresponia a cadascun, així com el resultat obtingut (victòria o derrota).

## Càlcul de l'equació i recta de regressió lineal

$$y = a + b(x)$$

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

Variable y (cuantitativa):  $\dot{V}O_2$

Variable x (cuantitativa): FC

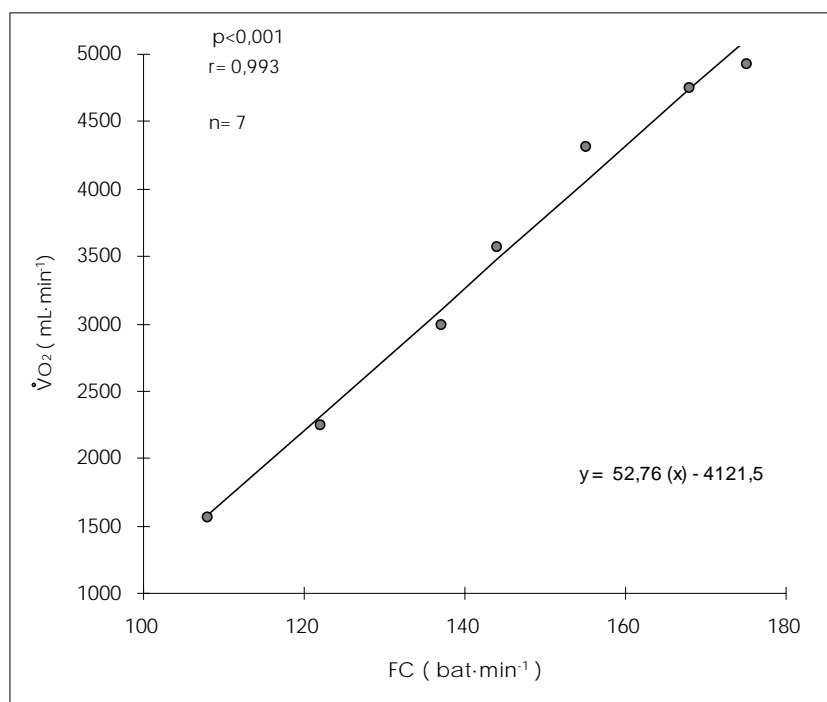
Subjecte 12

ESTADÍSTIQUES RESULTANTS:

Velocitat (p. esforç) $km \cdot h^{-1}$	FC x $bat \cdot min^{-1}$	$\dot{V}O_2$ y $mL \cdot min^{-1}$	Recta de regressió lineal
6	108	1562	1576
8	122	2250	2315
10	137	3000	3106
12	144	3578	3475
14	155	4314	4056
16	168	4753	4742
18	175	4924	5111
20			

m =	52,75668	-4121,49832	= b
em =	2,70886	395,11542	= eb
r <sup>2</sup> =	0,98699	159,95704	= Error std.
F =	379,29954	5	= df
S dYe2 =	9704854,727	127931,27307	= S(y-ye) <sup>2</sup>
r =	0,99347		n = 7
ax =	144	ay =	3483
sx =	24	sy =	1280
COEFICIENTS		SOLUCIONS	
SUMA(Yi)	24381	a =	-4121,50
n	7	b =	52,76
SUMA(Xi)	1009	Significació	
SUMA(XiYi)	3698302	p < 0,001	r = 0,993
SUMA(Xi <sup>2</sup> )	148927		

**EQUACIÓ DE LA RECTA:  $y = 52,76(x) - 4121,5$**



**Figura 4-1:** Model de regressió lineal de la relació entre el consum d'oxigen i la freqüència cardíaca aplicada en l'estudi.

El càlcul del  $\dot{V}O_2$  en competició es realitzà analitzant en primer lloc

l'estimació en els assalts tirats, és a dir, aplicant l'equació de regressió als valors de freqüència cardíaca registrats des de l'inici a la fi de cadascun dels assalts a partir de la funció:

- **Equació 4-1:**

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

on:

$\dot{V}O_2^{\text{ass}}$  = consum d'oxigen corresponent als registres durant els assalts.

a = constant de la regressió lineal.

b = pendent de la regressió lineal.

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

L'equació de la recta de regressió, trobada en la relació FC- $\dot{V}O_2$  de la prova d'esforç (figura 4-1), ens servia per aplicar, individualment, la fórmula de transformació dels valors de FC a  $\dot{V}O_2$ . Aquest mètode no s'havia aplicat per a l'estimació del consum d'oxigen en esgrima i vam considerar-lo d'interès, malgrat les limitacions descrites el l'apartat 4.2, pel fet de basar-se en respostes durant la competició real.

Per tal de profunditzar en l'anàlisi de la sol·licitació aeròbica dels assalts, i considerant que valoràvem els registres des de l'inici a la fi de cadascun dels assalts, despreciant el deute d'oxigen que es pogués haver acumulat en els mateixos, vam calcular el consum d'oxigen net ( $VO_2^{\text{ass}}_{\text{net}}$ )

produït per l'esforç específic de la competició d'esgrima. Aquest consum resulta de restar del valor aconseguit anteriorment ( $VO_2^{ass}$ ) el consum d'oxigen basal individual ( $VO_2^{basal}$ ) i d'afegir la despesa en  $VO_2$  corresponent al component lactàcid ( $VO_2^{lact}$ ) de l'esforç, segons l'equivalent energètic del lactat proposat per Di Prampero (1981). Els càlculs es realitzaren segons les equacions:

- **Equació 4-2:**

$$VO_2^{lact} = (\Delta[La^-]_s \cdot 3,0 \cdot P_c)$$

$$mL O_2 = \{ mmol \cdot L^{-1} \cdot [ ( mL O_2 \cdot kg^{-1} ) \cdot ( mmol \cdot L^{-1} )^{-1} ] \cdot kg \}$$

on:

$VO_2^{lact}$  = consum d'oxigen corresponent al component anaeròbic lactàcid.

$\Delta[La^-]_s$  = Increment de la lactatèmia durant la competició, resultant de restar el valor màxim de lactatèmia dels valors de repòs:

$$\Delta[La^-]_s = [La^-]_s^{max} - [La^-]_s^{repos} \quad ( mmol \cdot l^{-1} )$$

$$1 \text{ mmol} \cdot L^{-1} [La^-] \cong 2,7-3,3 \quad (\bar{x} = 3,0) \text{ mL } O_2 \cdot kg^{-1} \cdot mmol \cdot l^{-1} \quad (*)$$

---

(\*) 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  $mL O_2 \cdot kg^{-1} \cdot mmol^{-1}$  en esportistes amb diferents nivells de consum màxim d'oxigen i en base a dades experimentals hem considerat el valor mitjà ( $3,0 \text{ mL } O_2 \cdot kg^{-1} \cdot mmol^{-1}$ ) com l'equivalent energètic del lactat acumulat en sang. Malgrat l'estudi de Di Prampero fou realitzat en proves de caràcter continu –cursa, natació i ciclisme– assumim l'error existent ja que l'Autor la considera prou vàlida també per a esforços submàxims.

$$\cong 3,0 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}.$$

$P_c$  = pes corporal de cada subjecte (kg).

• **Equació 4-3:**

$$VO_2^{\text{ass}_{\text{net}}} = VO_2^{\text{ass}} + VO_2^{\text{lact}} - VO_2^{\text{basal}}$$

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

On:

$VO_2^{\text{ass}_{\text{net}}}$  = valor de consum d'oxigen net en els assalts.

$VO_2^{\text{lact}}$  = consum d'oxigen corresponent a la part lactàcida.

$VO_2^{\text{basal}}$  = valor de consum d'oxigen individual corresponent a cada subjecte en situació de repòs.

• **Equació 4-4:**

$$VO_2^{\text{basal}} = \dot{V}O_2^{\text{repòs}} \cdot P_c \cdot t$$

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

on:



$\dot{V}O_2^{\text{basal}}$	= valor de consum d'oxigen individual 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) <sup>(*)</sup> .
$P_c$	= pes de cada subjecte (kg).
$t$	= temps de durada de la valoració (min).

### **b) Durant tota la competició:**

Realitzats ja els càlculs de l'estimació del consum d'oxigen produït en els assalts vam considerar l'interès d'analitzar el  $\dot{V}O_2$  de tota la competició per a cada subjecte ( $\dot{V}O_2^{\text{comp}}$ ). Aquest càlcul es basa en el registre continu de FC de tota la competició, inclosos els minuts d'escalfament, fins a cinc minuts des del moment que els tiradors eren eliminats. Els registres van perllongar-se entre les 2 a les 7 hores totals segons el moment de finalitzar la competició en cadascun dels subjectes.

El consum d'oxigen de la competició ( $\dot{V}O_2^{\text{comp}}$ ) fou determinat mitjançant el mateix sistema que el consum pels assalts, aplicant l'equació:

---

<sup>(\*)</sup> 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>.

- **Equació 4-5:**

$$VO_2^{\text{comp}} = a + b(\text{FC})$$

on:

$VO_2^{\text{comp}}$  = consum d'oxigen corresponent als registres de la durada total de la competició.

a = constant de la regressió lineal.

b = pendent de la regressió lineal.

FC = valor de freqüència cardíaca sobre el que es realitza l'estimació del consum d'oxigen.

També va determinar-se el consum d'oxigen net del global de la competició. Per aconseguir-ho vam restar del  $VO_2^{\text{comp}}$  el consum d'oxigen, en situació de repòs ( $VO_2^{\text{basal}}$ ) segons l'equació:

- **Equació 4-6:**

$$VO_2^{\text{comp}}_{\text{net}} = VO_2^{\text{comp}} - VO_2^{\text{basal}}$$

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

on:

$VO_2^{\text{comp}}_{\text{net}}$  = consum d'oxigen net de tota la competició.

$VO_2^{comp}$  = consum d'oxigen corresponent als registres de la durada total de la competició.

$VO_2^{basal}$  =valor de consum d'oxigen individual en situació de repòs.

En l'aplicació de les fórmules de substitució dels registres de FC pels seus equivalents de  $\dot{V}O_2$ , registre a registre, vam detectar alguns problemes en l'aplicació de l'equació lineal. En valors on la FC era baixa, provocat per prolongades pauses sense activitat en el decurs de la prova, els registres estimats de consum d'oxigen presentaven alguns valors negatius. Considerant que l'estimació presenta cert marge d'error, reconegut i assumit a l'apartat 4.2, vam decidir substituir els valors negatius de consum d'oxigen per l'equivalent al valor basal de 1 MET, és a dir,  $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ .

#### • **Campionats de Catalunya**

La mostra de treball fou de 10 subjectes, tres dels quals van participar en dues de les modalitats de competició: espasa i floret. Les dades d'aquests subjectes foren considerades en la globalitat dels mesuraments, desestimant-se els registres d'un dels subjectes per l'excessiu nombre de desconexions recollits en el llistat de valors del Polar 4000. La metodologia seguida per a la valoració indirecta del consum d'oxigen en els campionats de Catalunya Absolutos del 1993 fou molt similar a la descrita per a la prova internacional, amb l'excepció que el mesurament del consum d'oxigen en la prova d'esforç fou realitzat amb el K2-Cosmed. Els càlculs del consum d'oxigen van limitar-se als

expressats en les equacions 4-1 i 4-5, és a dir, el consum dels assalts i el de competició, perquè en aquesta segona anàlisi no es va incorporar l'estudi de la lactatèmia en competició.

#### **4.4.2.3.2. Mesura directa del consum d'oxigen en esgrimidors**

Un total de 10 subjectes (2 dones i 8 homes), tots ells esgrimidors de competició, es van prestar voluntàriament a la realització d'una mesura directa del consum d'oxigen en situació real de combat, és a dir, en la disputa d'assalts d'esgrima. L'estudi es realitzà amb tiradors del club d'esgrima Sala d'Armes Montjuïc de Barcelona. Un analitzador telemètric de gasos espirats (K2-Cosmed) fou utilitzat per a la mesura directa del consum d'oxigen. L'analitzador determina el consum d'oxigen de forma directa i, malgrat presentar limitacions en la tipologia dels gasos espirats, la seva fiabilitat ha estat comprovada en diferents estudis (Dal Monte i col. 1989; Ikegami i col. 1988; Faina i col. 1989; Kawakami i col. 1992; Lucía i col. 1993). Per la complexitat de l'utilitatge i per les mesures de seguretat adoptades com a protecció del propi aparell no es va poder valorar el consum d'oxigen en una competició real i es va fer en un entrenament emmarcat dins del període competitiu dels subjectes.

L'estudi consistia en valorar el consum d'oxigen dels 10 subjectes en una poule d'entrenament, per això es va disposar de tot el material a la mateixa sala d'esgrima, valorant cada dia a dos subjectes diferents. Per fer possible la utilització del K2-Cosmed durant els assalts es va haver d'aconseguir una careta d'esgrima de gran tallatge que permetés la ubicació a la cara de la màscara amb la turbina . Es van afegir un seguit d'adaptacions que permetessin una protecció total i alhora una gran

estabilitat, evitant la caiguda o desestabilització de la careta durant els assalts. La unitat emissora i la bateria del mesurador telemètric del consum d'oxigen es van subjectar a l'esquena dels tiradors (Foto 4-4) estant tot l'utilatge protegit per una armilla d'iniciació a l'esgrima col·locada a l'inrevés. En sabre i floret, una jaqueta metàl·lica de tallatge superior a la utilitzada habitualment pels subjectes fou emprada per disputar els assalts en condicions molt properes a les reals dins l'entrenament.



**Foto 4-4:** Visió posterior de la disposició de l'analitzador telemètric de gasos en una de les esgrimidors de la mostra.

La incomoditat de l'utilatge, especialment per la disposició de la màscara i la turbina, en contacte amb la careta (Foto 4-1) ens va aconsellar no allargar molt el temps d'anàlisi i per això, en el transcurs de la poule es van valorar, com a situacions d'assalt més freqüents: un assalt a 15 tocats, un assalt a 5 tocats i un assalt a 1 tocat. Així en una durada de 20 a 25 minuts podíem valorar l'exigència del consum d'oxigen en situacions d'assalt, malgrat no fossin exactament les de competició.

El K2-Cosmed fou programat per recollir un valor de consum d'oxigen cada 15 segons. Dels registres obtinguts pels 10 subjectes, que practicaven les 5 armes, es van determinar el resultats, considerant la globalitat de la mesura, pauses incloses, i també analitzant tan sols les fases reals d'assalt, eliminant tots aquells valors corresponents a les pauses entre assalt i assalt. Les variables mesurades amb l'analitzador telemètric de gasos foren: mitjana de  $\dot{V}O_2$  en els assalts i durant el període de recollida de dades,  $\dot{V}O_{2max}$ , volum espirat, FC i freqüència respiratòria.

Les condicions ambientals foren registrades per controlar totes les variables que afectessin a la validesa de la determinació directa del consum d'oxigen. La temperatura ambient en els dies de la recollida de dades, en l'interior de la sala d'esgrima, fou de 22 °C a 23 °C; la humitat relativa en els diferents dies de recollida de dades oscil·la entre el 43 % i el 45 %, mentre que la pressió baromètrica es mantingué entre els 740 i 746 mm Hg. La calibració de la turbina del K2-Cosmed fou estabilitzada amb una  $FiO_2$  del 20,9 %.

#### **4.4.2.3.3. Validació del model d'estimació**

La possibilitat de disposar d'un aparell telemètric d'anàlisi de gasos ens va permetre estudiar les característiques i magnitud de l'error assumit en l'estimació indirecta del consum d'oxigen. La validació d'aquest mètode d'estimació és objecte de diferents estudis ja realitzats (Rodríguez i col. 1994, 1995) i en curs, i per tant, aquesta reduïda anàlisi forma part d'una extensa mostra de subjectes, principalment d'altres modalitats esportives, que configuraran la validació general del model de l'estimació indirecta. En aquest treball hem contrastar les dades de la valoració indirecta del consum d'oxigen, amb el mesurament directe del mateix en esgrimidors. La densitat de les diferents anàlisis realitzades dins d'aquest projecte aconsella que no ens excedim en l'exposició de cap dels seus elements, doncs l'interès es centra en considerar una aproximació general a la valoració funcional dels tiradors, i no precisar en una única variable, com podria ser l'objecte d'altres tesis que, sens dubte, assolirien nivells d'anàlisi més elevats sobre aspectes més concrets de les demandes fisiològiques d'activitats físiques de característiques determinades.



**Foto 4-5:** Prova d'esforç sobre cinta rodant amb mesurament dels gasos espirats amb l'equip telemètric (K2-Cosmed).

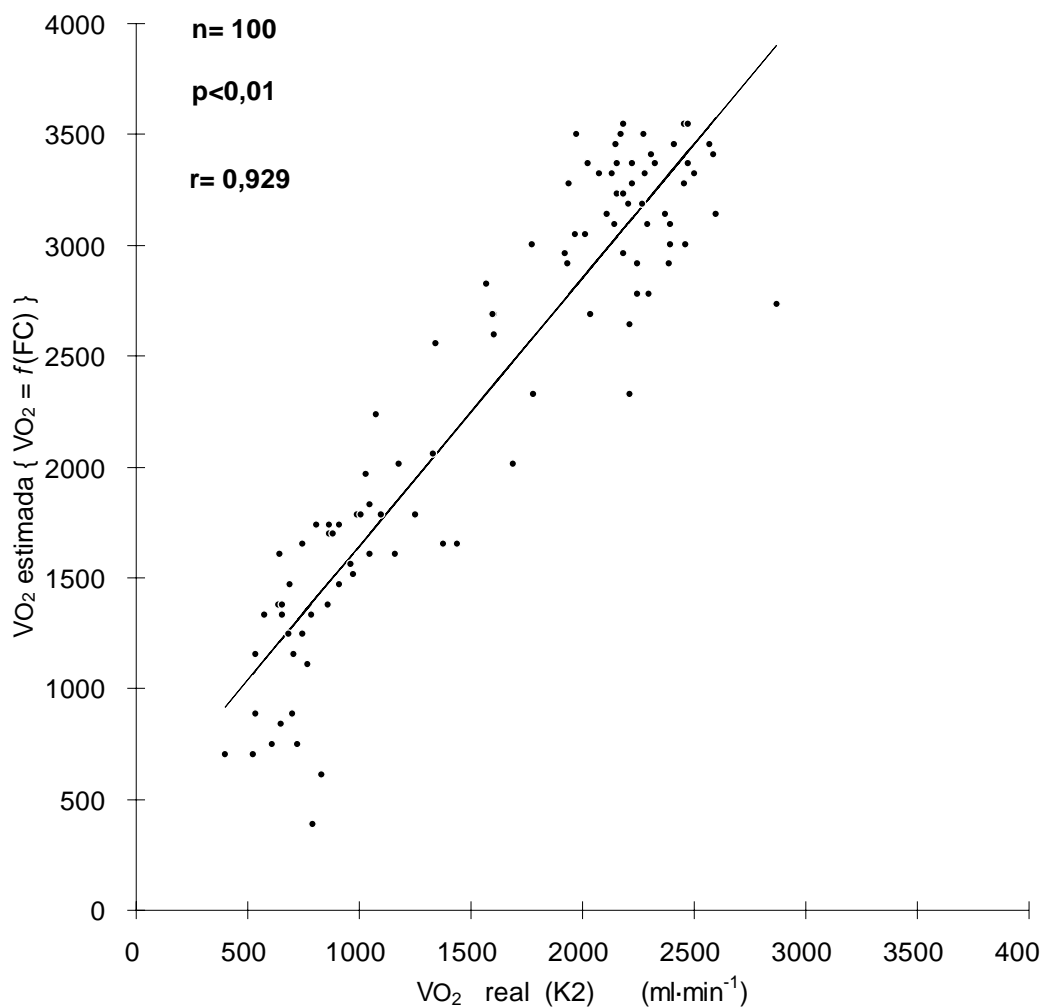
L'estudi de la validació del mètode indirecte va ser realitzat en 10 subjectes (2 dones i 8 homes), els mateixos descrits en la valoració directa del consum d'oxigen. El primer pas fou determinar el seu consum màxim d'oxigen en laboratori, mitjançant una prova ergomètrica màxima, progressiva i triangular, sobre cinta rodant i amb un protocol d'increments de  $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  cada minut, amb una velocitat inicial de  $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , i una pendent constant del 5% (Rodríguez 1991). La velocitat inicial era mantinguda durant 4 minuts, a efectes d'adaptació cardiorespiratòria i metabòlica a l'esforç. La realització d'aquesta prova pretenia mesurar el  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  i els diferents paràmetres ventilatoris i cardíacs de cada esgrimidor, així com establir l'equació individual de regressió  $\dot{V}O_2=f(FC)$  resultant de l'aparellament dels valors de FC i consum d'oxigen de



cadascun dels subjectes. La valoració en laboratori fou realitzada amb el mateix analitzador de gasos utilitzat en les medicions directes de camp. L'ús del K2 va ser producte del desig de reduir les variables estranyes en la relació FC- $\dot{V}O_2$  induïdes per l'ús de diferents aparells de mesurament del consum d'oxigen –CPX II i K-2–, fent coincidir així l'utilatge i els observadors en les proves de laboratori i camp.

Com en la mesura del consum d'oxigen per telemetria en la sala d'esgrima, les condicions ambientals foren registrades per controlar les variables que afectessin a la validesa de la mesura. La temperatura en el laboratori de fisiologia de l'INEFC de Barcelona en els dies de realització de les proves d'esforç fou de 21 °C a 25 °C; la humitat relativa entre el 52 % i el 56 %, mentre que la pressió baromètrica va presentar uns valors entre els 740 i 753 mm Hg. La calibració de la turbina del K2-Cosmed s'estabilitzà en tots els mesuraments per a una  $FiO_2$  del 20,9 %.

Amb menys de 8 dies de diferència, per evitar possibles modificacions en la relació FC- $\dot{V}O_2$ , es va realitzar l'estudi de validació del mètode d'estimació indirecta del consum d'oxigen en assalts d'esgrima. Les condicions descrites en l'anterior apartat, sobre mesura directa del consum d'oxigen, foren les utilitzades en aquesta prova. D'una banda es recollien, de forma directa, els registres de FC i  $\dot{V}O_2$  del K2-Cosmed, com s'ha descrit anteriorment, i d'altra es valorava de forma indirecta, i utilitzant el mètode descrit en apartats precedents, el consum d'oxigen mitjançant la seva estimació en base a l'aplicació d'una equació de regressió individual.



**Figura 4-2:** Validació de l'estimació indirecta en un dels subjectes de la mostra mitjançant l'estudi de correlació entre els valors reals i estimats de consum d'oxigen.

Definits els càlculs de l'estimació en l'aplicació de les equacions de regressió individuals per a cada subjecte, es va dissenyar un full de càlcul, en el que es realitzessin les comparacions dels resultats estimats per a l'aplicació de l'esmentada equació amb els valors reals de consum d'oxigen registrats de forma directa per telemetria. Es van calcular les regressions lineals i la correlació existent entre els valors individuals de consum d'oxigen real i estimat, subjecte a subjecte, comparant-se els

resultats estimats amb els reals, mesurats amb el K2-Cosmed, i trobant les rectes de regressió individuals així com els principals paràmetres estadístics (Figura 4-2).

Finalitzat aquest procés es va procedir a comparar les dades reals amb l'estimació del consum d'oxigen utilitzant la relació FC- $\dot{V}O_2$  resultant de les mateixes dades registrades amb el K2 durant la realització dels assalts. L'objectiu pretès fou el d'aconseguir una nova relació entre els dos paràmetres fisiològics, més específica pel tipus d'activitat i més similar per la dinàmica temporal de pausa-repòs, on l'equació resultant ens permetés analitzar, amb més precisió, la major o menor validesa del mètode indirecte.

#### **4.4.2.4. Estimació de la despesa energètica en competició**

Anteriorment s'ha descrit la mesura indirecta del consum d'oxigen en competicions d'esgrima. Considerant aquesta anàlisi com a vàlida — sempre amb les limitacions repetidament esmentades— es va realitzar una estimació de la despesa energètica dels esgrimidors en situació real de competició. L'estimació de la despesa energètica es va realitzar en base al càlcul de l'equivalent calòric de l'oxigen consumit, 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 VCO<sub>2</sub> i VO<sub>2</sub> és també coneguda com QR (“quocient respiratory”), però només quan es mesura en una situació d'estat estable<sup>(\*)</sup>, no essent el cas durant els combats, en que aquesta

---

<sup>(\*)</sup> o de repòs (Fox, Bowers i Foss 1989).

relació és variable segons les vies metabòliques alternants utilitzades. A més a més, l'equip telemètric utilitzat (K2-Cosmed) no permet la determinació de la  $V_{CO_2}$ . Weir (1949) demostrà que la despesa energètica pot ser calculada amb la precisió suficient <sup>(\*\*)</sup> només mesurant la ventilació en condicions STPD i la fracció espiratòria de l'oxigen segons l'equació:

- **Equació 4-7:**

$$E = c \cdot V_E \cdot [(20,93 - F_{EO_2}) / 100]$$

on:

- E = despesa energètica (kcal).
- c = equivalent calòric de l'oxigen.
- $V_E$  = volum d'aire espirat (L, STPD).
- $F_{EO_2}$  = fracció espiratòria d'oxigen.

Tal i com es va fer en la valoració indirecta del consum d'oxigen, es va analitzar la despesa energètica en dues situacions: la primera en els assalts, sense considerar les pauses entre ells; la segona, la globalitat de les competicions, on des de l'escalfament fins a cinc minuts de l'eliminació de cadascun dels tiradors, els valors de consum d'oxigen eren registrats, i per tant, transformats a unitats calòriques.

#### **a) En els assalts**

L'equació de càlcul per a la primera situació, en que s'analitzava la

---

<sup>(\*\*)</sup> segons Weir (1949), l'error en no mesurar el  $CO_2$  és, com a molt, de  $\pm 0,5$  %.

despesa energètica dels assalts d'esgrima de competició fou:

• **Equació 4-8:**

$$E^{\text{ass}} \cong \text{VO}_2^{\text{ass}} \cdot 4,838$$

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

on:

$E^{\text{ass}}$  =despesa energètica produïda durant els assalts (kcal) .

$\text{VO}_2^{\text{ass}}$  =consum d'oxigen produït durant els assalts (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).

I pel que fa a la despesa energètica neta, es calculà segons l'equació:

• **Equació 4-9:**

$$E_{\text{net}}^{\text{ass}} \cong (\text{VO}_2^{\text{ass}} - \text{VO}_2^{\text{basal}}) \cdot 4,838$$

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

on:

$E_{net}^{ass}$  =despesa energètica neta, produïda per l'esforç derivat dels assalts (restant-hi els valors basals).

$VO_2^{ass}$ =consum d'oxigen produït per l'esforç derivat dels assalts.

$VO_2^{basal}$ =consum d'oxigen individual en situació de repòs (equació 4-4).

## b) En la globalitat de la competició

Seguint el disseny descrit en les fórmules de càlcul emprades fins el moment, en l'anàlisi global de l'esforç competitiu es va calcular la despesa energètica dels esgrimidors en el transcurs de tota la competició ( $E^{comp}$ ) per, posteriorment, avaluar la porció neta d'aquesta despesa estimada ( $E_{net}^{comp}$ ):

### • Equació 4-10:

$$E^{comp} \cong VO_2^{comp} \cdot 4,838$$

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

on:

$E^{comp}$  =despesa energètica durant la competició (kcal).

$VO_2^{comp}$  =consum d'oxigen produït durant la competició ( $L O_2$ ).

4,838 = 4,838 kcal ·  $L O_2^{-1}$ =equivalent calòric de l'  $O_2$  per a

una relació d'intercanvi respiratori  $R=0,83$  (Fox i col. 1989; Zuntz 1901).

I pel que fa a la despesa energètica neta durant tota la competició:

• **Equació 4-11:**

$$E_{\text{net}}^{\text{comp}} \cong (VO_2^{\text{comp}} \cdot VO_2^{\text{basal}}) \cdot 4,838$$

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

on:

$E_{\text{net}}^{\text{comp}}$  =despesa energètica neta, produïda per l'esforç derivat de la prova (restant-hi els valors basals).

$VO_2^{\text{comp}}$  =consum d'oxigen produït per l'esforç derivat de la prova.

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).

$VO_2^{\text{basal}}$  =consum d'oxigen individual en situació de repòs (equació 4-4).

#### 4.4.2.5. Estimació de la potència energètica

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.

##### a) En els assalts

els càlculs de la potència energètica produïda pels esgrimidors durant els assalts s'obtenia al dividir per unitat de temps la despesa energètica derivada de l'esforç avaluat. Els càlculs expressats a continuació també es basen en l'estimació del consum d'oxigen en competició:

##### • Equació 4-11:

$$\dot{E}^{\text{ass}} \cong \text{VO}_2^{\text{ass}} \cdot 4,838 \cdot \text{t}^{-1}$$

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

on:

$$\begin{aligned} \dot{E}^{\text{ass}} &= \text{potència energètica en els assalts (kcal} \cdot \text{min}^{-1}) (*) . \\ \text{VO}_2^{\text{ass}} &= \text{consum d'oxigen produït durant els assalts (L O}_2 \text{)} . \\ 4,838 &= 4,838 \text{ kcal} \cdot \text{L O}_2^{-1} = \text{equivalent calòric de l' O}_2 \text{ per a} \end{aligned}$$

---

(\*) Es presenten els resultats en kcal·min<sup>-1</sup>. Per a d'altres valoracions de potència energètica es realitzen les transformacions segons l'equivalència de 1 watt=0,014335 kcal·min<sup>-1</sup>, o a l'inrevés, 1 kcal·min<sup>-1</sup>=69,759 watt (Fox i col. 1989, p.64) .



una relació d'intercanvi respiratori  $R=0,83$  (Fox i col. 1989; Zuntz 1901))

$t$  = temps en el que es realitza l'esforç ( $\text{min}^{-1}$ )

### b) En la globalitat de la competició

Vam fer servei de les dades de despesa energètica dels tiradors, resultants de valorar tota la sol·licitació de consum d'oxigen registrada des de l'inici de l'escalfament, previ a la prova, fins a cinc minuts després d'ésser eliminat cadascun dels tiradors. Les fórmules aplicades per a obtenir els càlculs de la potència energètica al llarg de la competició foren:

- **Equació 4-12:**

$$\dot{E}^{\text{comp}} \cong \text{VO}_2^{\text{comp}} \cdot 4,838 \cdot t^{-1}$$

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

on:

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

$\text{VO}_2^{\text{comp}}$  = consum d'oxigen durant la competició ( $\text{L O}_2$ ).

4,838 =  $4,838 \text{ kcal} \cdot \text{L O}_2^{-1}$  = equivalent calòric de l'  $\text{O}_2$  per a una relació d'intercanvi respiratori  $R=0,83$  (Fox i col. 1989; Zuntz 1901).

$t$  = temps en el que es realitza l'esforç ( $\text{min}^{-1}$ )

## **4.5. DISSENY I MÈTODE ESTADÍSTIC**

### **4.5.1. Disseny**

L'anàlisi de la sol·licitació funcional dels esgrimidors en entrenament i competició ha estat realitzada mitjançant un estudi de caràcter descriptiu que, segons la classificació dels mètodes d'investigació presentada per Bisquerra (1989), segueix els models observacional i correlacional en les diferents fases en que es caracteritza la resposta de diferents variables fisiològiques en situacions específiques.

El mètode utilitzat segueix la tècnica d'observació sistemàtica en la que l'objecte d'estudi és definit prèviament amb precisió i on els instruments de recollida de dades presenten els criteris necessaris de validesa i fiabilitat.

En el disseny de l'estudi vam procurar respectar al màxim les condicions de "normalitat" de la competició dels esgrimidors amb la voluntat que en tot moment reflecteixi el més fidelment la sol·licitació dels esgrimidors en condicions habituals d'entrenament i competició. Chapanis (1967) diu que el senzill acte de dur una variable al laboratori sovint modifica la seva natura; així, en la descripció del mètode s'observarà com de forma constant els materials utilitzats i la metodologia emprada respecten el criteri ecològic —en sentit ampli— de la recerca. Valle (1985) considera que les recerques han de mantenir una validesa ecològica, és a dir, s'han d'ajustar als criteris de validesa interna, representada per l'especificitat de l'avaluació, i els de validesa externa, que fa referència a la possible generalització de les situacions estudiades.

En diferents parts del treball s'han aplicat les tècniques dels estudis correlacionals en que s'intenten descobrir les relacions existents entre les variables que intervenen. La tècnica estadística bàsica utilitzada en l'anàlisi de dades d'aquest disseny és, com argumenta Bisquerra (1989), la correlació. Concretament una part important del treball s'ha realitzat gràcies a un estudi predictiu, basat en les equacions de regressió entre diferents variables. Per a l'Autor esmentat, en els estudis predictius és important la realització d'una anàlisi moderadora que consisteix en l'estudi dels subgrups amb l'objectiu d'aconseguir la relació més forta entre el criteri i la predicció. Per això, hem realitzat una anàlisi diferencial on les variables gènere, arma i fase eliminatòria han estat les avaluades amb més freqüència.

Centrant-nos en les variables estudiades cal destacar que, seguint el criteri metodològic citat en Bisquerra (1989), aquestes es poden dividir en:

a) Variables independents:

- Sexe
  - ① Homes
  - ② Dones
  
- Arma
  - ① Espasa masculina
  - ② Floret masculí
  - ③ Sabre masculí
  - ④ Floret femení
  - ⑤ Espasa femenina

- Fase eliminatòria de les competicions
  - ① 1 volta de poules
  - ② Eliminació directa
  - ③ Final de 8 tiradors
  
- Nombre de tocats dels assalts
  - ① Assalts a 5 tocats
  - ② Assalts a 15 tocats
  
- Resultat dels assalts
  - ① Victòria
  - ② Derrota
  
- Forma de tocar amb l'arma
  - ① Armes de punta (florete i espasa)
  - ② Arma de punta, tall i contratall (sabre)

b) Variables dependents:

- Freqüència cardíaca mitjana en els assalts
- Freqüència cardíaca en els assalts guanyats
- Freqüència cardíaca en els assalts perduts
- Freqüència cardíaca en la 1<sup>a</sup> volta eliminatòria
- Freqüència cardíaca en l'eliminació directa
- Freqüència cardíaca en la final de 8 tiradors
- FC en prova d'esforç amb la CPX en els subjectes 1 a 13
- VO<sub>2</sub> en prova d'esforç amb la CPX en els subjectes 1 a 13
- Lactatèmia màxima després dels assalts
- Lactatèmia després dels assalts en el minut 1
- Lactatèmia després dels assalts en el minut 3
- Lactatèmia en la primera fase eliminatòria

- Lactatèmia en l'eliminació directa
- Lactatèmia en la final de 8 tiradors
- FC en prova d'esforç amb el K2 en els subjectes 1 a 10
- VO<sub>2</sub> en prova d'esforç amb el K2 en els subjectes 1 a 10
- Consum d'oxigen en els assalts de competició
- VO<sub>2</sub> en els assalts de la mostra masculina
- VO<sub>2</sub> en els assalts de la mostra femenina
- Consum d'oxigen en el global de la competició
- VO<sub>2</sub> en la competició de la mostra masculina
- VO<sub>2</sub> en la competició de la mostra femenina
- Consum d'oxigen en assalts de floret masculí
- Consum d'oxigen en assalts d'espasa masculina
- FC en assalts (K2) en els subjectes 1 a 10
- VO<sub>2</sub> estimat en assalts (K2) en els subjectes 1 a 10
- VO<sub>2</sub> real en assalts (K2) en els subjectes 1 a 10
- Mitjana del VO<sub>2</sub> estimat en assalts amb el K2
- Mitjana del VO<sub>2</sub> real en assalts amb el K2
- Mitjana de la potència energètica en assalts
- Potència energètica dels homes en els assalts
- Potència energètica de les dones en els assalts
- Durada dels assalts en segons

c) Variables estranyes:

Per a Bisquerra (1989), en el criteri metodològic cal afegir aquest tercer tipus de variables, les quals defineix, per exclusió, com aquelles que no són dependents ni independents, alienes a l'estudi, però que poden exercir una influència sobre els resultats. L'Autor considera que habitualment s'inclouen variables organísmiques i ambientals que no han estat controlades en el disseny de l'estudi. En el nostre treball hem avaluat com a possibles factors d'influència que es podrien tractar com a variables estranyes les següents:

- Motivació dels subjectes

En aquesta fase de l'estudi l'anàlisi es va realitzar en condicions reals d'entrenament o competició. En tot moment es va procurar alterar mínimament les condicions normals de pràctica, si més no, que els procediments de la recerca alteressin mínimament als esgrimidors. En tot moment el desig de col·laboració dels subjectes envers l'estudi fou molt elevat. Sens dubte l'aspecte menys controlable era el nivell de motivació que el propi entrenament o competició presentaven sobre els subjectes d'estudi, fet que es correspon també amb la realitat de l'esport, doncs la major o menor motivació envers la pràctica de l'esgrima condicionaran el resultat i la forma de competir. Un altre dels factors, lligats a la motivació, que ens és difícil d'avaluar és l'efecte que la pròpia observació crea sobre els subjectes d'estudi, doncs possiblement algun d'ells podria haver incrementat la sol·licitació funcional per tal de, davant dels investigadors, assolir valors més elevats. Les instruccions als subjectes d'estudi foren, estrictament, que intentessin oblidar que eren objecte d'investigació i desenvolupessin la seva activitat en condicions normals.

- Context de l'avaluació

Per minvar l'efecte distorsionador de la recerca, en tot moment, fórem els investigadors els que ens vam adaptar a les diferents situacions. Per això es van instal·lar diferents laboratoris reduïts a peu de pista, en les competicions avaluades així com en els entrenaments, on es recollien els diferents registres (lactatèmia, FC, etc.). Una filmadora de vídeo gravava les diferents situacions per tal de no perdre detalls sobre els subjectes o els temps de treball i pausa. També vam comptar amb l'ajut de col·laboradors que en fulls d'observació recollien les dades temporals de participació dels subjectes. Aquesta implementació de recursos materials i humans va possibilitar que el context d'avaluació fos el mateix que el real d'entrenament i competició.

- Estat dels esportistes i període d'observació

La sessió en que es realitzava la prova d'esforç era la única, si més no, la primera del dia per tal d'evitar efectes rellevants de fatiga sobre els resultats de les proves. Entre les valoracions realitzades en la prova d'esforç i la recollida de dades en entrenament i competició, amb l'objecte de relacionar-les, no van passar més de 10 dies, per no alterar l'estat de forma, i per tant, no modificar la relació individual existent entre FC i  $\dot{V}O_2$ .

Totes les observacions es van realitzar dins del període competitiu dels tiradors i cap dels esgrimidors presentava cap estat patològic manifest que pogués alterar la validesa dels resultats.

- L'observador i la variabilitat de l'equip de recerca

En totes les fases de l'estudi presentat l'autor del treball va ser-hi present avaluant els esportistes, o bé, coordinant l'equip de recerca que actuava. Totes les col·locacions, recanvis i buidats de dades dels cardiotacòmetres foren realitzades per la mateixa persona, així com també va succeir amb la totalitat de les valoracions telemètriques dutes a terme amb el K2-Cosmed. La manipulació de les dades, com es descriu posteriorment, sempre va seguir el mateix procés i també fou realitzada per l'autor, però la complexitat de l'estudi requeria, en diferents fases de la presència i col·laboració activa d'un equip de recerca. Les proves d'esforç en laboratori i la recollida de lactatèmies foren realitzades, en tots els casos, pel mateix equip de recerca, dirigit pel director de la tesi, seguint criteris metodològics prèviament definits. Finalment, un equip d'annotadors va contribuir de forma activa en la recollida de dades de la investigació en competició, realitzant un seguiment de la participació dels diferents subjectes d'estudi amb uns fulls d'observació dels temps de treball i temps de pausa (annex 2) que, conjuntament a la sincronització de diferents cronòmetres, facilitaven la recollida de dades i objectivitat de la valoració.

## **4.5.2. Recollida de dades i anàlisi estadística**

### **4.5.2.1. Recollida i tractament de les dades**

Diferents foren els estudis realitzats en aquesta part del treball, però la diversitat de les dades, així com els diferents canals de recollida, aconsellaven una homogeneïtat en la presentació dels resultats. Així doncs es van determinar diferents procediments de recollida inicial que exposem a continuació:

- En la prova d'esforç es van recollir, en suport magnètic sobre el software de la CPX, els llistats de cada subjecte on les principals variables d'estudi foren: velocitat per esglaó, FC i  $\dot{V}O_2$ .

- En l'anàlisi telemètric de la FC en entrenaments i competició es van recollir, en suport magnètic sobre el software de Polar-3000 i Polar 4000, els registres de FC. En els fulls d'observació es van cronometrar les anàlisis telemètriques i es van indicar les diferents observacions a considerar en el tractament de dades.

- En la valoració de la lactatèmia es van recollir, des del laboratori, en fulls d'anotació (annex 2) els diferents valors de lactatèmia dels subjectes, indicant la fase d'anàlisi, així com observacions complementàries.

- En la segona prova d'esforç es van recollir, en suport magnètic sobre el software de Cosmed-K2, els llistats de cada subjecte on a les principals variables (FC i  $\dot{V}O_2$ ), vam anotar en els fulls d'observació (annex 2) les dades complementàries (esglaons de velocitat, temperatura, humitat relativa, etc.).



- En la valoració del consum d'oxigen dels assalts per telemetria es van recollir, en suport magnètic sobre el software de Cosmed-K2, els llistats de cada subjecte on a les principals variables (FC i  $\dot{V}O_2$ ), vam anotar en els fulls d'observació (annex 2) les dades complementàries (inici i fi dels assalts, temperatura, humitat relativa, etc.).

Aconseguides totes les dades inicials, bé en suport magnètic, bé en fulls d'anotació, vam procedir a unificar l'instrument de treball, convertint els diferents fitxers existents en fulls de càlcul (Microsoft Excel), on s'afegien les dades dels fulls d'observació i des d'on es van depurar, com s'exposa en la metodologia de l'estudi, els diferents registres.

Des del full de càlcul es van realitzar la major part d'operacions, taules i figures presents en el treball, vinculant-les al tractament de textos (Microsoft Word) emprat per a la realització de la tesi.

Per a l'anàlisi estadística es van emprar les funcions estadístiques de l'esmentat full de càlcul i, principalment, un paquet estadístic més potent (SPSS, en versions PC<sup>+</sup> i Windows). Per al tractament estadístic amb el programa SPSS es va fer una importació de les dades des dels diferents arxius de full de càlcul.

#### **4.5.2.2. Anàlisi estadística**

La totalitat de les variables dependents definides en el disseny eren de caràcter quantitatiu i com a tals foren tractades en l'anàlisi estadística, ja fos a nivell global, o bé utilitzat com a criteri de selecció o discriminació algun dels nivells de les variables independents.

Així el tractament de les dades, segons els objectius marcats, va

seguir els següents procediments:

- **Descriptius:** Tal i com s'ha exposat en el disseny, l'estudi presentat engloba principalment una vessant descriptiva on les diferents variables avaluades (FC, lactat,  $VO_2$ , etc.) són tractades calculant-se la mitjana ( $\bar{X}$ ), desviació estàndard (de), valors extrems (max i min) i el rang. Els descriptius de les diferents variables són presentats en les taules i en els annexes.

- **Prova de normalitat de Kolmogorov-Smirnov:** aplicada a totes les variables de l'estudi. Aquesta prova permet la comparació de la distribució acumulada d'una variable contínua amb les distribucions teòriques de la llei normal.

- **Anàlisi de regressió simple:** Aquest càlcul estadístic ha estat un dels més emprats en l'estudi. D'una banda s'ha calculat el coeficient de correlació de Pearson, que és el que ens informa sobre el grau d'arreglament lineal de les diferents parelles de punts relacionades. Posteriorment s'ha determinat l'equació de regressió per tal d'obtenir la recta que millor s'ajusta al núvol de valors. En la correlació lineal s'ha descrit el nivell de significació estadística en cadascuna de les relacions analitzades.

A continuació exposem les diferents situacions en que aquestes aplicacions estadístiques han estat utilitzades:

- a) En la valoració indirecta del consum d'oxigen, i les posteriors estimacions de la despesa i potència energètiques, es va calcular la regressió lineal existent entre dues variables: la FC i el consum d'oxigen,

obtenint-se una equació  $\dot{V}O_2=a+b(FC)$  sobre la que es centrava l'estudi. En les figures i annexes de la tesi es presenten les diferents equacions de regressió conjuntament amb el coeficient de determinació ( $r^2$ ), el coeficient de correlació ( $r$ ) amb el seu diferent grau de significació estadística:

- \*  $p \leq 0,05$  (probablement significativa)
- \*\*  $p \leq 0,01$  (significativa)
- \*\*\*  $p \leq 0,001$  (molt significativa)

b) En l'aproximació a la validació del mètode d'estimació va repetir-se el procediment, relacionant el  $\dot{V}O_2$  amb la FC, per estimar uns valors de consum d'oxigen en condicions d'assalt d'entrenament. Els valors reals es correlacionaren amb els estimats, definint les rectes de regressió lineal i comparant-les gràficament, a la línia d'identitat.

c) Correlació dels valors mitjans de FC en assalts guanyats o perduts en una prova internacional.

d) Correlació entre els valors mitjans de FC en les diferents eliminatòries de la competició internacional (1 volta, ed i final 8). En aquest estudi s'ha avaluat la correlació de Pearson, així com el coeficient de correlació de Spearman al considerar un reduït nombre de casos.

e) Correlació dels valors del  $\dot{V}O_2$  estimat en 3 esgrimidors participants en els Campionats de Catalunya de floret masculí i espasa masculina.

f) Correlació entre els valors de  $\dot{V}O_2$  real i  $\dot{V}O_2$  estimat en assalts, en tots els subjectes de la mostra.

g) Correlació de tots els valors de  $\dot{V}O_2$  real i  $\dot{V}O_2$  estimat en assalts, en l'aparellament de les relacions individuals, una a una.

• **Anàlisi de la variança.** L'homogeneïtat o no de les variàncies de dues variables (Levene's test) al comparar-les ens condiciona la selecció del resultat favorable a l'igualtat (equal) o no (unequal) de les mateixes, en la significació de les diferències de les mitjanes de les variables d'estudi en l'aplicació de la prova de la t de Student per a dades independents, així com en la definició de l'interval de confiança.

• **T de Student per a dades aparellades:** utilitzada per comparar les mitjanes de parells de valors. Si les diferències són significatives l'interval de confiança ens aportarà informació sobre la quantificació de les diferències. La prova és aplicada si les mostres són superiors a 30 o segueixen la distribució normal; si no es compleixen aquestes condicions s'aplica una prova no paramètrica (prova de Wilcoxon dels rangs amb signe).

Els nivells de significació de les diferències en les diferents proves aplicades foren:

*	$p \leq 0,05$	(diferència probablement significativa)
**	$p \leq 0,01$	(diferència significativa)
***	$p \leq 0,001$	(diferència molt significativa)

Dins l'exposició de la metodologia de treball s'han citat diferents plantejaments en els que l'estadística intervé decissivament a l'analitzar les possibles diferències entre variables segons varis criteris d'anàlisi. Concretament aquesta intervenció estadística va ser aplicada en els següents casos:

a) Comparació de les mitjanes de FC en assalts guanyats o perduts en una prova internacional, per aparellament de dades subjecte a subjecte.

b) Comparació de les mitjanes de FC en les diferents eliminatòries de la competició internacional (1 volta, ed i final 8), per aparellament de dades subjecte a subjecte.

c) Comparació dels valors de lactatèmia recollits en els minuts 1 i 3 de la fi dels assalts en una competició internacional.

d) Comparació dels valors de lactatèmia en els tiradors en les diferents eliminatòries de la competició internacional (1 volta, ed i final 8).

e) Comparació dels valors de  $\dot{V}O_2$  en els assalts i en la globalitat de la prova en una competició internacional.

f) Comparació del  $\dot{V}O_2$  estimat en 3 esgrimidors participants en els Campionats de Catalunya de floret masculí i espasa masculina.

g) Comparació dels valors de  $\dot{V}O_2$  real i  $\dot{V}O_2$  estimat en assalts, en tots els subjectes de la mostra.

h) Comparació de tots els valors de  $\dot{V}O_2$  real i  $\dot{V}O_2$  estimat en assalts, en l'aparellament de les relacions individuals, una a una.

• **T de Student per a dades independents:** utilitzada per comparar les mitjanes d'una variable quantitativa en relació a dos grups d'una variable qualitativa. Si les diferències són significatives l'interval de confiança ens aportarà informació sobre la quantificació de les diferències.

La prova és aplicada si les mostres són superiors a 30 o segueixen la distribució normal; si no es compleixen aquestes condicions s'aplica una prova no paramètrica (prova de U de Mann-Whitney).

A continuació citem les intervencions estadístiques realitzades en l'aplicació d'aquesta prova:

a) Comparació global de les mitjanes de FC en la competició internacional d'esgrima segons l'arma.

b) Comparació global de les mitjanes de lactatèmia en la competició internacional d'esgrima segons l'arma.

c) Comparació global de les mitjanes de FC en els Campionats de Catalunya d'esgrima segons l'arma.

d) Comparació global de les durades dels assalts en els Campionats de Catalunya d'esgrima segons l'arma.

e) Comparació global de les durades dels assalts a 5 tocats en els Campionats de Catalunya d'esgrima segons l'arma.

f) Comparació global de les durades dels assalts a 15 tocats en els Campionats de Catalunya d'esgrima segons l'arma.

g) Comparació global de les mitjanes de FC en els Campionats de Catalunya d'esgrima segons el sexe.

h) Comparació global de les durades dels assalts en els Campionats de Catalunya d'esgrima segons el sexe.

i) Comparació global de les mitjanes de FC en els Campionats de Catalunya d'esgrima segons el nombre de tocats per assalt.

j) Comparació global de les mitjanes de FC en els Campionats de Catalunya d'esgrima segons la forma de tocar (armes de punta/sabre).

k) Comparació global de les durades dels assalts en els Campionats de Catalunya d'esgrima segons la forma de tocar (armes de punta/sabre).

l) Comparació global de les mitjanes de FC en els Campionats de Catalunya d'esgrima segons les fases eliminatòries.

m) Comparació global de les durades dels assalts en els Campionats de Catalunya d'esgrima segons les fases eliminatòries.

n) Comparació global de les mitjanes de  $\dot{V}O_2$  dels assalts en la competició internacional d'esgrima segons l'arma.

o) Comparació global de les mitjanes de  $\dot{V}O_2$  dels assalts en la competició internacional d'esgrima segons el sexe.

p) Comparació global de les mitjanes de  $\dot{V}O_2$  de la competició en la prova internacional d'esgrima segons l'arma.

q) Comparació global de les mitjanes de  $\dot{V}O_2$  de la competició en la prova internacional d'esgrima segons el sexe.

r) Comparació global de les mitjanes de potència energètica en els subjectes de la mostra d'una competició internacional d'esgrima segons l'arma.

• **Prova no paramètrica de Wilcoxon dels rangs amb signe:** utilitzada per comparar les mitjanes de parells de valors. La prova és aplicada si les mostres no són superiors a 30 o bé no segueixen la distribució normal. Aquesta prova no paramètrica ha estat utilitzada en les següents aplicacions:

a) Comparació de les mitjanes de FC en assalts guanyats o perduts en una prova internacional, per aparellament de dades subjecte a subjecte.

b) Comparació de les mitjanes de FC en les diferents eliminatòries de la competició internacional (1 volta, ed i final 8), per aparellament de dades subjecte a subjecte.

c) Comparació del  $\dot{V}O_2$  estimat en 3 esgrimidors participants en els

Campionats de Catalunya de floret masculí i espasa masculina.

• **U de Mann-Whitney:** utilitzada per comparar les mitjanes d'una variable quantitativa en relació a dos grups d'una variable qualitativa. La prova és aplicada si les mostres no són superiors a 30 o bé no segueixen la distribució normal.

a) Comparació global de les mitjanes de  $\dot{V}O_2$  dels assalts en la competició internacional d'esgrima segons el sexe.

b) Comparació global de les mitjanes de  $\dot{V}O_2$  de la competició en la prova internacional d'esgrima segons el sexe.

c) Comparació global de les mitjanes de potència energètica en els subjectes de la mostra d'una competició internacional d'esgrima segons l'arma.



## **4.6. RESULTATS**

### **4.6.1. La freqüència cardíaca**

#### **4.6.1.1. La freqüència cardíaca en competició**

Es presenten els resultats obtinguts de l'anàlisi de dues competicions: la primera de nivell internacional, amb la participació dels millors esgrimidors espanyols i amb la presència d'equips estrangers; la segona correspon als Campionats de Catalunya d'Esgrima del 1993.

##### **• Valoració d'una competició internacional**

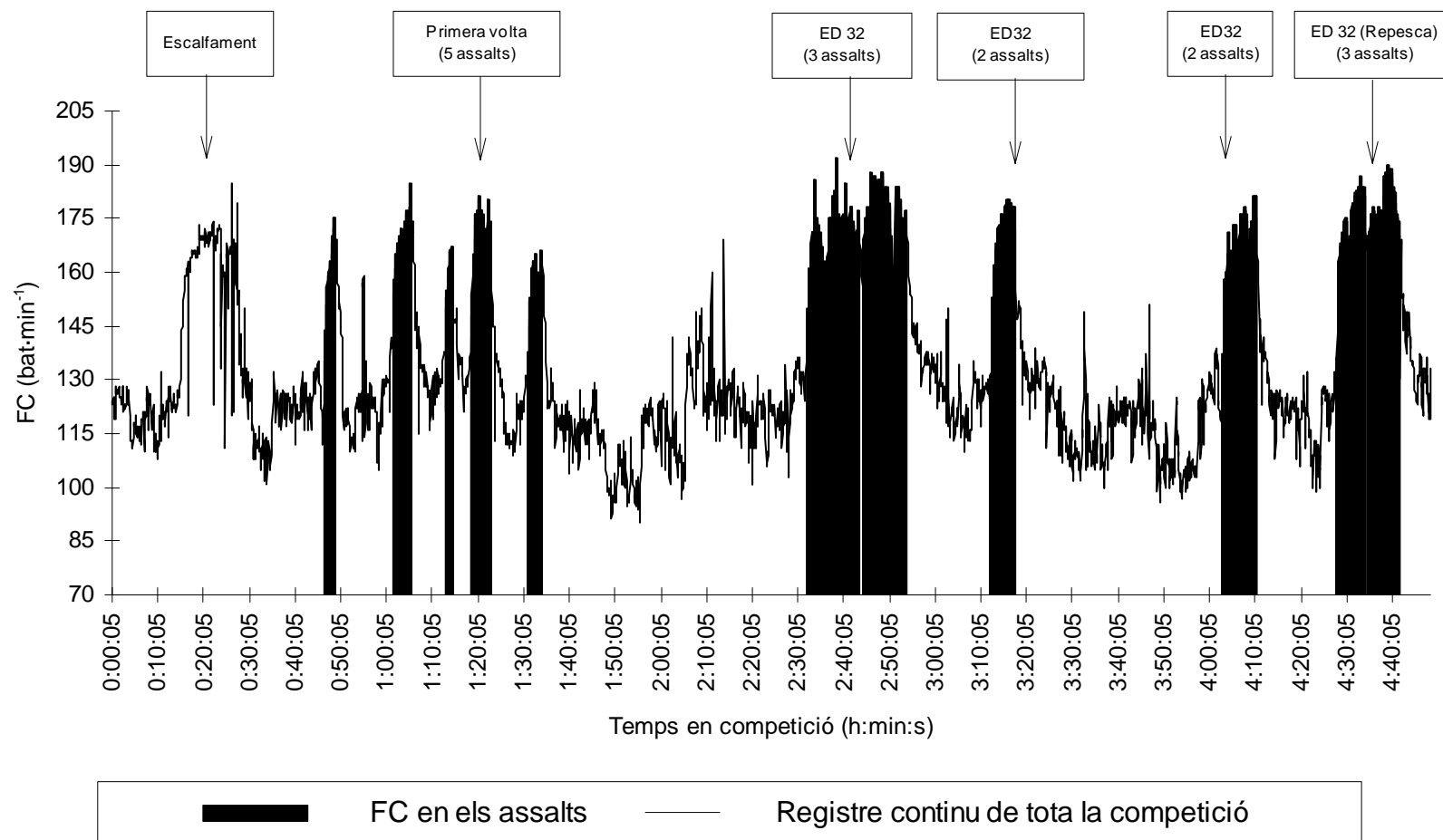
Es van mesurar els valors mitjans i extrems de FC en el grup d'homes (n=7) i dones (n=6) que participaren en el Torneig Internacional Generalitat de Catalunya 1991 a floret femení i espasa masculina. Els resultats presentats (Taula 4-1) corresponen a assalts que es disputaven a un màxim de cinc minuts a temps real, inclosos els d'eliminació directa i final, ja que a partir del quadre d'eliminació directa es realitzaven encontres a tres assalts on es classificava el tirador amb dues victòries.

**Taula 4-1: Valors de freqüència cardíaca (FC) i durada dels assalts, en espasa masculina i floret femení (n=13), en les diferents eliminatòries d'una competició oficial de nivell internacional.**

	1 volta	Eliminació directa	Final 8
FC en assalts (bat·min <sup>-1</sup> )	165 ± 9 ( 90 - 198 )	171 ± 10 ( 103 - 199 )	173 ± 5 ( 108 - 194 )
Durada dels assalts (min)	3,2 ± 0,8 ( 2,0 - 4,5 )	3,6 ± 1,2 ( 1,9 - 7,0 )	3,7 ± 1,8 ( 1,8 - 7,1 )
Total d'assalts (n)	63	96	18
Subjectes (n)	13	11	5

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

La totalitat de la mostra durant tota la competició va presentar, en assalts, una mitjana de 170 bat·min<sup>-1</sup> (de=5) amb uns valors extrems de 90 i 199 bat·min<sup>-1</sup>. L'annex 3 conté el conjunt de les valoracions realitzades en els 13 tiradors en el transcurs de la prova amb tota precisió, doncs del conjunt de registres de FC de la tota la competició es van extreure, subjecte a subjecte, els valors relatius a cada assalt disputat (Figura 4-3), determinant l'eliminatòria a que corresponien per tal de realitzar posteriorment la caracterització de la FC segons les diferents eliminatòries i modalitats (annex 4).



**Figura 4-3:** Evolució de la FC dels assalts en la globalitat dels registres d'una de les tiradores en una competició internacional de floret femení.

Els valors de FC en les fases de la competició presenten una tendència a incrementar-se en el desenvolupament de la prova. S'adjunten a les taules descriptives la durada mitjana dels assalts estudiats, així com el nombre d'assalts i subjectes que conformen la mostra en cadascuna de les observacions.

Els resultats de la mostra masculina presentaren una FC mitjana de 166 bat·min<sup>-1</sup> (de=3) en els 90 assalts avaluats, essent els resultats mitjans de cada eliminatòria progressivament superiors de la primera volta (1V) a la final (F8), essent significatives les diferències entre els parells de valors mitjans de la 1V i l'eliminació directa (ED) (p<0,01), i els de la 1V amb la F8 (p<0,05). La superioritat dels valors mitjans de la F8 en relació als registrats en l'ED no presenta significació estadística (n.s.). La durada efectiva dels assalts d'esgrima a 5 tocats gira sobre els 3,5 min, tant en la valoració global com en la descripció de les diferents eliminatòries.

**Taula 4-2: Valors de FC, en espasa masculina (n=7), en les diferents eliminatòries d'una competició oficial de caràcter internacional.**

	1 volta	Eliminació directa	Final 8
FC en assalts (bat·min <sup>-1</sup> )	162 ± 9 ( 90 - 198 )	166 ± 7 ( 107 - 199 )	170 ± 0 ( 116 - 184 )
Durada dels assalts (min)	3,3 ± 0,7 ( 2,4 - 4,1 )	3,7 ± 1,1 ( 2,1 - 5,9 )	3,4 ± 0,1 ( 3,4 - 3,5 )
Total d'assalts (n)	33	51	6
Subjectes (n)	7	5	2

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

En els 87 assalts estudiats en la competició de floret femení es descriuen resultats similars als de la mostra masculina. La FC mitjana en el conjunt d'assalts de les tiradores fou de  $174 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=3$ ), valors superiors als de la mitjana dels espasistes en la mateixa competició ( $\bar{X}=166 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=3$ ). Les diferències entre els valors mitjans de la mostra masculina i femenina en la competició d'esgrima foren altament significatives ( $p<0,001$ ), essent, amb una confiança del 95%, d'entre 6 a  $12 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ .

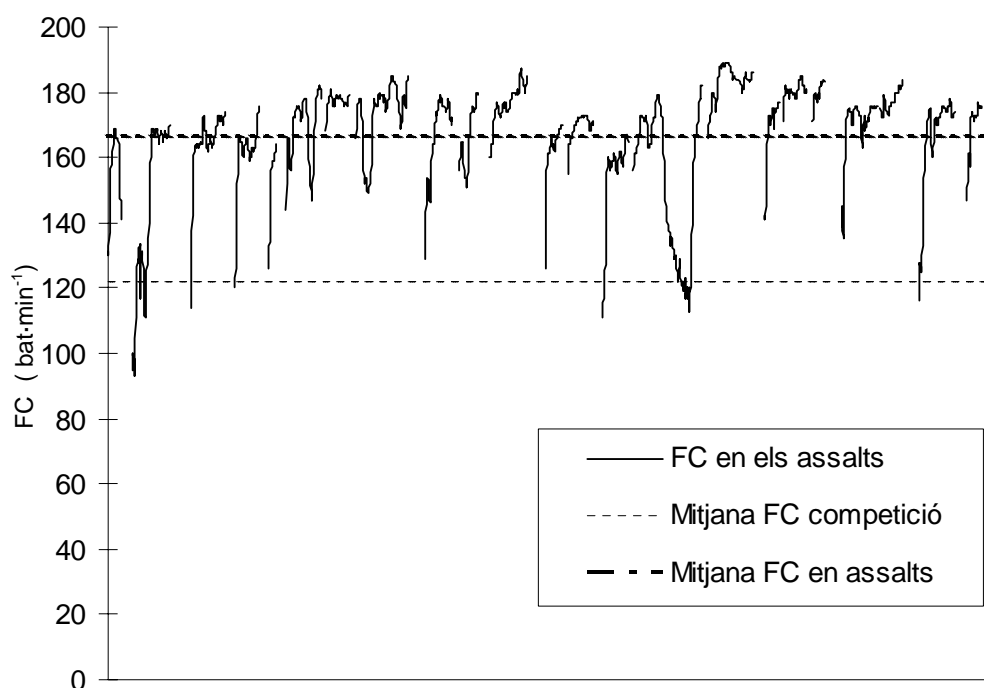
**Taula 4-3: Valors de FC, en floret femení (n=6), en les diferents eliminatòries d'una competició oficial de caràcter internacional.**

	1 volta	Eliminació directa	Final 8
FC en assalts ( $\text{bat}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$169 \pm 6$ ( 101 - 198 )	$175 \pm 10$ ( 103 - 199 )	$175 \pm 6$ ( 108 - 194 )
Durada dels assalts (min)	$3,0 \pm 1,0$ ( 2,0 - 4,5 )	$3,6 \pm 1,3$ ( 1,9 - 7,0 )	$3,8 \pm 2,3$ ( 1,8 - 7,1 )
Total d'assalts (n)	30	45	12
Subjectes (n)	6	6	3

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

El registre continu de la FC en el "T. Internacional Generalitat de Catalunya", en les dues modalitats, va comportar uns valors mitjans de  $127 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=13$ ), mentre que en l'anàlisi de les mitjanes dels assalts presentaven uns valors, notablement superiors, de  $170 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=5$ ), al no incorporar-se els registres de les fases de repòs entre assalts i

d'escalfament previ. El proper gràfic (Figura 4-4) mostra els talls realitzats en el registre continu en la valoració exclusiva dels assalts, en un dels subjectes d'espasa masculina, i la seva relació amb les mitjanes individuals de FC del conjunt d'assalts, així com de la globalitat de la competició. En l'esmentada figura es comprova com les fases d'assalt, que corresponen a un 17% de la sol·licitació total en competició, presenten uns requeriments notablement superiors als de la mitjana global de la prova.



**Figura 4-4:** Graficació dels registres de FC en els assalts d'un dels subjectes d'espasa masculina en relació a les mitjanes de la FC en competició i en els assalts.

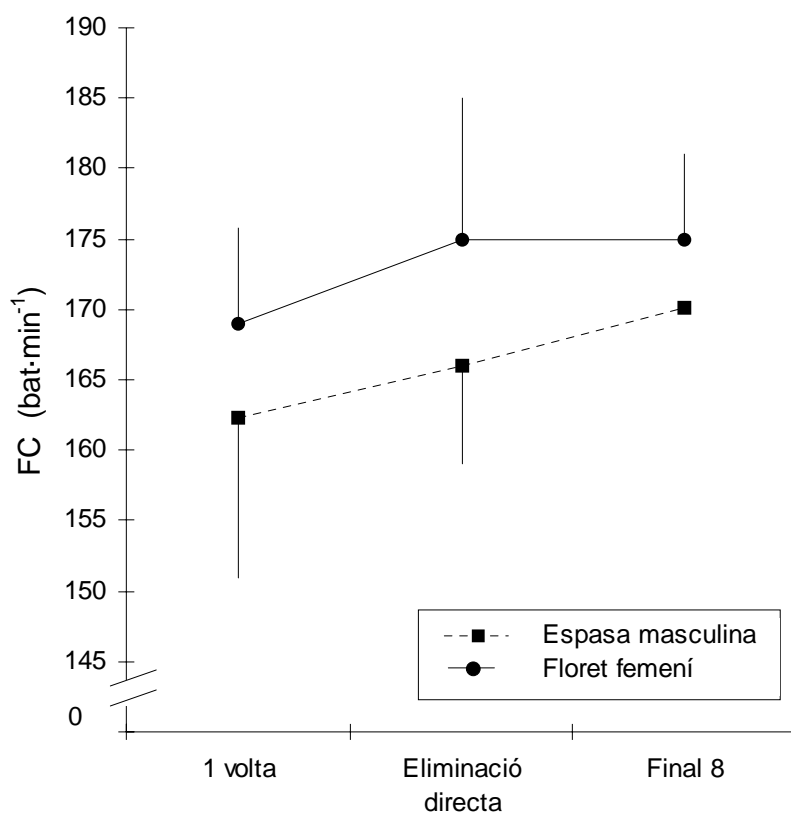
**Taula 4-4: Valors globals i per modalitats de la FC de la totalitat dels assalts d'una competició oficial de caràcter internacional.**

	<u>Espasa masc.</u>	<u>Floret femení</u>	<u>Global</u>
FC en assalts (bat·min <sup>-1</sup> )	166 ± 3 ( 90 - 199 )	174 ± 3 ( 101 - 199 )	170 ± 5 ( 90 - 199 )
Durada dels assalts (min)	3,5 ± 0,2 ( 2,1 - 5,9 )	3,5 ± 0,4 ( 1,8 - 7,1 )	3,5 ± 0,2 ( 1,8 - 7,1 )
Total d'assalts (n)	90	87	177
Subjectes (n)	7	6	13

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

En el següent gràfic (Figura 4-5) es pot observar l'evolució de les mitjanes i desviacions típiques de la FC de la mostra masculina i femenina en cada fase de la competició, apreciand-se la tendència a l'increment dels valors mitjans de FC a mesura que la competició avança.

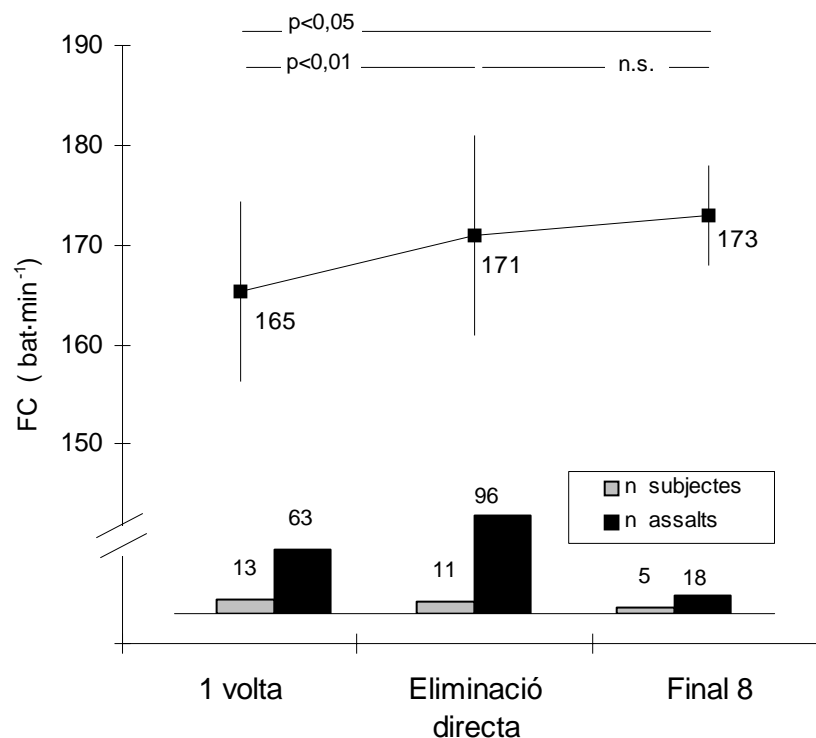
En la valoració de l'evolució de la FC en les diferents fases de la competició cal indicar que no tots els subjectes participaven de l'inici a la fi, ja que eren eliminats de forma progressiva, el que provocava que els subjectes millors, i més entrenats, fossin sobre els que es registraven les dades de les fases finals de la prova. Dels 13 tiradors de la mostra tan sols 5 van participar en la poule, ed i final 8. Per a aquests tiradors, la FC mitjana en la primera volta fou de 164 bat·min<sup>-1</sup> (de=6), en l'ED 173 bat·min<sup>-1</sup> (de=11) i en la final 173 bat·min<sup>-1</sup> (de=6).



**Figura 4-5:** Evolució de la FC en competició internacional en espasa masculina (n=7) i floret femení (n=6). Les diferències entre gèneres són significatives ( $p < 0,001$ ). Valors expressats en mitjana i desviació estàndard.

Les diferències en les fases de la competició foren significatives entre les mitjanes de FC de la 1V respecte l'ED ( $p < 0,01$ ), essent els valors de l'eliminació directa superiors als de la primera volta, amb una confiança del 95%, entre els 4 i els 13 bat·min<sup>-1</sup>.





**Figura 4-6:** Evolució de la freqüència cardíaca mitjana del conjunt d'assalts en cadascuna de les fases eliminatòries d'una competició internacional (espasa masculina i floret femení).

La diferència entre els valors mitjans de la 1V i la F8 també fou comprovada estadísticament ( $p < 0,05$ ) essent en aquest cas l'interval de confiança (95%) de 3 a 16  $\text{bat}\cdot\text{min}^{-1}$ , favorables als registres de la final. Contràriament a les comparacions realitzades, els valors mitjans de la FC en l'ED i en la F8 no es van detectar diferències significatives entre les mitjanes dels tiradors ni amb l'aplicació de la prova estadística de la t de Student, ni amb l'anàlisi amb una prova no paramètrica (Wilcoxon).

L'aplicació d'un estudi correlacional entre les mitjanes que els tiradors obtenien en les diferents fases va demostrar una correlació entre els valors registrats en totes les fases, essent amb una significació de  $p < 0,05$ , la relació entre la 1V i l'ED de  $r = 0,69$ , entre la 1V i la F8 de  $r = 0,89$  i entre l'ED i la F8 de  $r = 0,91$ .

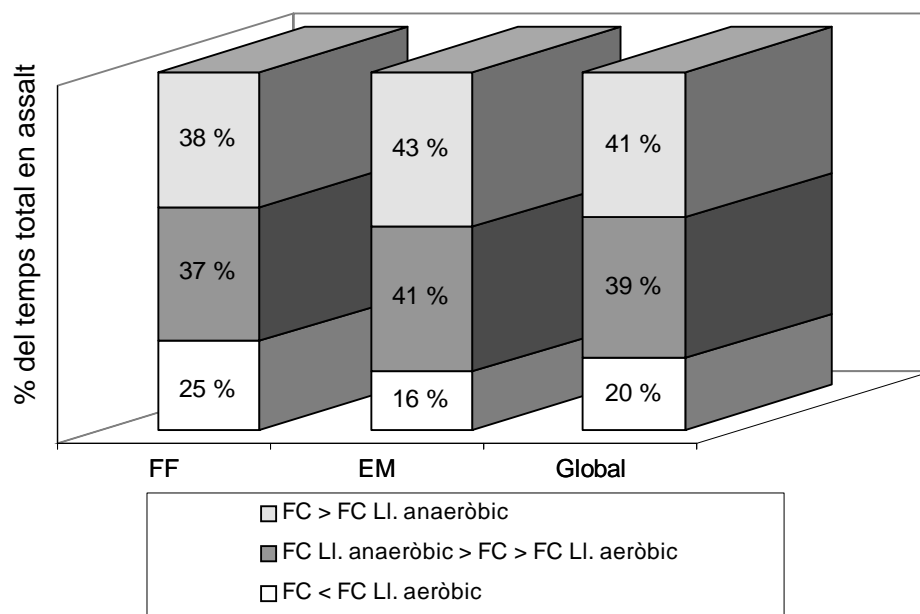
En la realització d'una prova d'esforç es van determinar els límits ventilatoris dels tiradors, així com la FC en els mateixos. En base a aquests resultats vam poder calcular el percentatge de temps treballat pels esgrimidors en relació als intervals definits per la FC en els límits ventilatoris, determinant-se valors similars en les mostres masculina i femenina (Taula 4-5) i, coincidint en l'elevada sol·licitació funcional a l'observar-se una mitjana del 40,7 % ( $de = 33,5$ ) del temps total de treball en nivells superiors al límit anaeròbic dels subjectes.

Una de les observacions que vam introduir fou la d'analitzar les diferències existents entre l'obtenció de victòries i derrotes pels esgrimidors en els assalts. Malgrat les mitjanes de les derrotes son sensiblement superiors a les de les victòries no vam determinar que les diferències foren significatives estadísticament ni amb l'aplicació de la prova t de Student, ni amb una prova no paramètrica (Wilcoxon). La correlació existent entre les mitjanes de les victòries i de les derrotes en els 13 esgrimidors no va presentar un coeficient massa elevat ( $r = 0,698$ ;  $p < 0,01$ ).

**Taula 4-5: Distribució percentual del temps total acumulat de la durada dels assalts, segons els intervals de freqüència cardíaca en relació als llindars ventilatoris aeròbic i anaeròbic determinats en una prova d'esforç en cinta rodant.**

	1 volta	Eliminació directa	Final 8
FC en assalts (bat·min <sup>-1</sup> )	165 ± 9 ( 90 - 198 )	171 ± 10 ( 103 - 199 )	173 ± 5 ( 108 - 194 )
Durada dels assalts (min)	3,2 ± 0,8 ( 2,0 - 4,5 )	3,6 ± 1,2 ( 1,9 - 7,0 )	3,7 ± 1,8 ( 1,8 - 7,1 )
Total d'assalts (n)	63	96	18
Subjectes (n)	13	11	5

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



**Figura 4-7:** Gràficació de la distribució percentual del temps de treball en cadascuna de les intensitats definides per la FC en els llindars ventilatoris aeròbic i anaeròbic en els dos grups (FF: Floret femení ; i EM: Espasa masculina).

**Taula 4-6: Valors mitjans de freqüència cardíaca, durada i lactatèmia, en els assalts, segons el resultat final de victòria o derrota. Competició internacional d'espasa masculina (n=7) i floret femení (n=6). Les diferències entre victòria i derrota en les diferents variables no són significatives ( $p < 0,05$ ).**

	FC (bat·min <sup>-1</sup> )	Temps (min)	Lactatèmia (mmol·L <sup>-1</sup> )
Victòria	169 ± 8 (n=114)	3,2 ± 1,7	3,57 ± 1,09 (n=41)
Derrota	172 ± 8 (n=68)	4,0 ± 1,1	3,63 ± 1,26 (n=25)

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

#### • Valoració dels Campionats de Catalunya d'Esgrima

En l'inici de l'estudi de la FC en el desenvolupament dels Campionats de Catalunya d'Esgrima del 1993 es va comptar amb la col·laboració de 32 subjectes. En el posterior anàlisi dels registres de FC es van desestimar les dades de 2 tiradors per l'elevat nombre de desconexions produïdes en els registres telemètrics de la FC.

Els 30 tiradors estudiats representaven les cinc armes oficials en competicions d'esgrima. En l'exposició general dels resultats (Taula 4-7) s'ha de considerar que els assalts de la poule de la 1V es disputaven a cinc tocats, mentre que els d'ED i F8 a quinze tocats, diferint de la prova internacional, on l'ED i F8 eren a 2 o 3 assalts de 5 tocats. Val a dir que en els Campionats de Catalunya no existien repesques, també contràriament al que passava en la competició observada amb anterioritat.

**Taula 4-7: Resultats globals (n=30), en les 5 armes, de la freqüència cardíaca registrada durant els Campionats de Catalunya absoluts d'esgrima del 1993.**

	1 volta	Eliminació directa	Final 8	Global
FC (bat·min <sup>-1</sup> )	156 ± 13 ( 100 - 203 )	160 ± 14 ( 102 - 202 )	168 ± 10 ( 101 - 204 )	159 ± 13 ( 100 - 204 )
Durada (min)	3,4 ± 1,6 ( 1,6 - 5,9 )	10,1 ± 4,8 ( 3,8 - 20,9 )	11,8 ± 5,3 ( 3,4 - 26,6 )	5,8 ± 4,8 ( 1,6 - 26,6 )
Assalts (n)	145	23	41	209

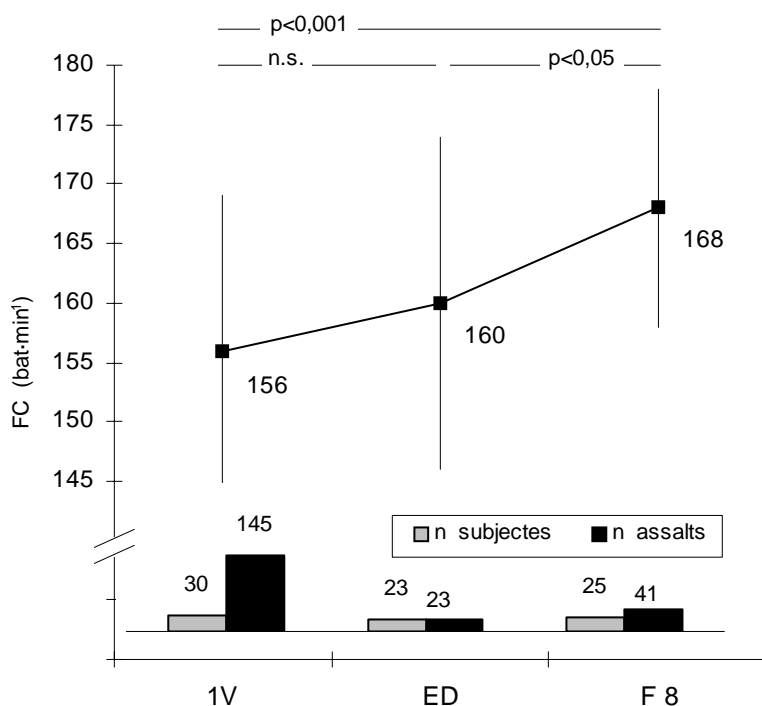
Les dades són:  $\bar{x} \pm$  de (min - max).

**Taula 4-8: Valors de freqüència cardíaca, en homes i dones, registrats en competició (Campionats de Catalunya absoluts 1993).**

Homes (n=19)				
	1 volta	Eliminació directa	Final 8	Global
FC (bat·min <sup>-1</sup> )	157 ± 9 ( 103 - 203 )	162 ± 21 ( 103 - 202 )	166 ± 10 ( 101 - 204 )	159 ± 9 ( 101 - 204 )
Durada (min)	3,2 ± 0,7 ( 1,6 - 5,3 )	7,8 ± 3,0 ( 3,8 - 20,9 )	12,1 ± 4,3 ( 3,4 - 26,6 )	5,6 ± 1,0 ( 1,6 - 26,6 )
Assalts (n)	93	13	29	135
Dones (n=11)				
	1 volta	Eliminació directa	Final 8	Global
FC (bat·min <sup>-1</sup> )	155 ± 12 ( 100 - 200 )	158 ± 13 ( 102 - 198 )	170 ± 4 ( 104 - 198 )	158 ± 10 ( 100 - 200 )
Durada (min)	3,3 ± 0,9 ( 2,4 - 5,9 )	10,1 ± 4,4 ( 3,8 - 18,5 )	12,0 ± 3,0 ( 5,1 - 14,9 )	5,6 ± 1,2 ( 2,4 - 18,5 )
Assalts (n)	52	10	12	74

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

En el seu conjunt, els valors mitjans de FC ( $159 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ) són inferiors als determinats en la prova internacional ( $170 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ), com també ho són, en les mitjanes en les diferents fases. La tendència a incrementar-se els valors de FC en el transcurs de la competició es repeteix en el Campionat de Catalunya (Figura 4-8), essent molt significatives ( $p < 0,001$ ) les diferències existents entre els valors mitjans en la 1V i els de la F8. L'interval de confiança del 95% dels registres superiors en la final és d'entre els 6 i els  $14 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ . La comparació entre les mitjanes de l'ED i la F8 també va mostrar diferències significatives ( $p < 0,05$ ) amb un interval, amb una confiança del 95%, d'entre 1 i  $13 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ . En aquesta competició, i contràriament a la prova internacional, les diferències existents en la mitjana dels valors de la primera volta en relació a les de l'ED no presentaren significació estadística.

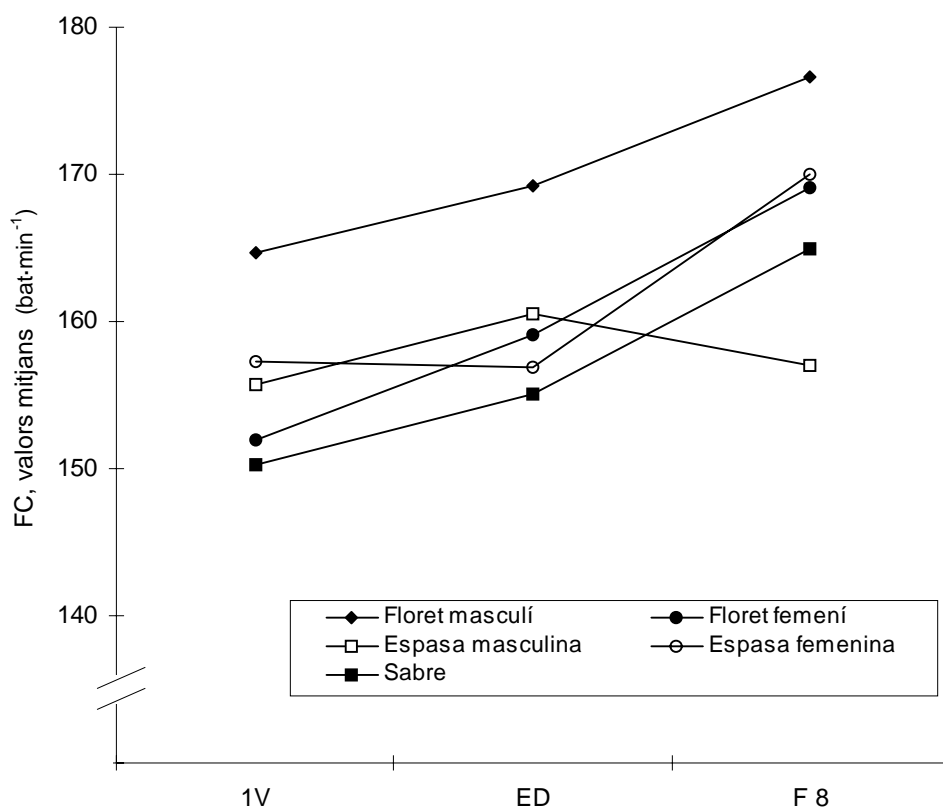


**Figura 4-8:** Evolució dels valors mitjans de la FC en la globalitat dels subjectes estudiats en els Campionats de Catalunya d'Esgrima 1993.

Tal i com vam realitzar en la prova internacional, i amb la intenció de valorar l'evolució de les mitjanes de FC dels subjectes participants en totes i cadascuna de les eliminatòries, es va incloure l'anàlisi descriptiva de cada fase. En els Campionats de Catalunya del 1993 els subjectes que van competir, sense estar exempts ni caure eliminats, en les 3 eliminatòries, foren 19, i les seves mitjanes de FC foren de 154 bat·min<sup>-1</sup> (de=10) en la poule, 157 bat·min<sup>-1</sup> (de=15) en l'ED, i en la F8 166 bat·min<sup>-1</sup> (de=13).

Per tal de comparar els valors obtinguts pels esgrimidors de cada modalitat es va introduir un senzill estudi descriptiu en el que es comparaven les mitjanes globals i per eliminatòria de les diferents armes en competició. A continuació es presenta la graficació (Figura 4-9) de l'evolució de les mitjanes on s'observa un cert distanciament, a l'alça, en els valors de la mostra de floret masculí en relació a la resta d'especialitats, que estadísticament és significativa en relació a l'espasa masculina ( $p < 0,001$ ), al sabre ( $p < 0,01$ ), a l'espasa femenina ( $p < 0,05$ ) i al floret femení ( $p < 0,001$ ). L'anàlisi no va mostrar diferències significatives entre les mitjanes de la resta de les armes entre elles, essent tan sols el floret masculí l'arma que, a nivell de FC, es diferencia de la resta en aquests Campionats de Catalunya.

La comparació entre homes i dones, així com entre armes de punta (espasa i floret masculins) i arma de tall (sabre) no van presentar diferències significatives en els seus valors mitjans de FC.



**Figura 4-9:** Evolució de les mitjanes de la freqüència cardíaca (FC) en les diferents eliminatòries dels Campionats de Catalunya d'esgrima 1993, en les cinc armes.

En espasa masculina ( $n=9$ ) (Taula 4-9) la mitjana global fou de  $157 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=7$ ), amb valors extrems força allunyats ( $201$  i  $103 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ). L'espasa masculina ( $n=9$ ) és l'única arma en la que la progressió de les mitjanes de FC no ha estat uniforme, trobant-nos amb una FC en la final ( $\bar{X}=157 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=9$ ) inferior als valors mitjos assolits en l'eliminació directa ( $\bar{X}=161 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=10$ ).



**Taula 4-9: Valors de freqüència cardíaca en competició real d'espasa masculina (n=9) (Campionats de Catalunya absoluts 1993).**

	1 volta	Eliminació directa	Final 8	Global
FC (bat·min <sup>-1</sup> )	156 ± 7 ( 103 - 198 )	161 ± 10 ( 103 - 201 )	157 ± 9 ( 106 - 192 )	157 ± 7 ( 103 - 201 )
Durada (min)	3,5 ± 0,6 ( 2,3 - 4,2 )	11,5 ± 5,1 ( 4,0 - 20,9 )	9,9 ± 4,3 ( 3,4 - 15,0 )	5,8 ± 1,2 ( 2,3 - 20,9 )
Assalts (n)	43	9	11	63

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

**Taula 4-10: Valors de freqüència cardíaca en competició real d'espasa femenina (n=7) (Campionats de Catalunya absoluts 1993).**

	1 volta	Eliminació directa	Final 8	Global
FC (bat·min <sup>-1</sup> )	157 ± 12 ( 102 - 200 )	157 ± 16 ( 104 - 198 )	170 ± 3 ( 105 - 198 )	160 ± 10 ( 102 - 200 )
Durada (min)	3,4 ± 1,2 ( 2,4 - 5,9 )	11,9 ± 5,0 ( 6,5 - 18,5 )	11,3 ± 4,1 ( 5,1 - 14,3 )	6,2 ± 1,5 ( 2,4 - 18,5 )
Assalts (n)	28	6	8	42

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

La mitjana de la FC en espasa femenina (n=7) (Taula 4-10) fou de 160 bat·min<sup>-1</sup> (de=10), similar a la modalitat masculina de la mateixa arma. Com s'aprecia en la taula de resultats la progressió dels valors de FC entre la 1V i l'ED és inexistent, mentre que entre aquestes eliminatòries i la final l'increment és substancial.

Els floretistes masculins (n=5) són els que van presentar uns registres superiors de FC en comparació a la resta de modalitats (Taula 4-11), essent les diferències significatives per a totes les armes. La mitjana del conjunt d'assalts fou de 167 bat·min<sup>-1</sup> (de=9), apreciand-se en cada eliminatòria un increment progressiu dels valors de FC.

**Taula 4-11: Valors de freqüència cardíaca en competició real de floret masculí (n=5) (Campionats de Catalunya absoluts 1993).**

	1 volta	Eliminació directa	Final 8	Global
FC (bat·min <sup>-1</sup> )	165 ± 10 ( 110 - 203 )	169 ± 15 ( 115 - 193 )	177 ± 11 ( 111 - 203 )	167 ± 9 ( 110 - 203 )
Durada (min)	4,0 ± 1,1 ( 2,7 - 5,3 )	5,4 ± 2,2 ( 3,8 - 6,9 )	18,3 ± 5,7 ( 11,6 - 26,6 )	6,7 ± 0,8 ( 2,7 - 26,6 )
Assalts (n)	30	2	8	40

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

En floret femení (n=4) els valors de FC foren inferiors ( $\bar{X}=155$  bat·min<sup>-1</sup>; de=11) als registrats en els homes de floret ( $\bar{X}=167$  bat·min<sup>-1</sup>; de=9), però l'increment progressiu de les mitjanes de FC al llarg de les diferents fases es correspon amb les anteriors valoracions, a l'igual que l'extens rang entre els valors extrems (100-194 bat·min<sup>-1</sup>), que posa de manifest una gran variabilitat en els registres de FC en el decurs de la competició (Taula 4-12).

**Taula 4-12: Valors de freqüència cardíaca en competició real de floret femení (n=4) (Campionats de Catalunya absoluts 1993).**

	1 volta	Eliminació directa	Final 8	Global
FC (bat·min <sup>-1</sup> )	152 ± 13 ( 100 - 194 )	159 ± 10 ( 102 - 181 )	169 ± 4 ( 104 - 194 )	155 ± 11 ( 100 - 194 )
Durada (min)	3,3 ± 0,5 ( 2,6 - 3,7 )	8,4 ± 3,8 ( 3,8 - 12,8 )	12,7 ± 1,9 ( 11,6 - 14,9 )	5,0 ± 0,9 ( 2,6 - 14,9 )
Assalts (n)	24	4	4	32

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

Finalment els sabristes (n=5) presentaren uns valors mitjans de FC molt similars als descrits en el floret femení ( $\bar{X}=154$  bat·min<sup>-1</sup>; de=12), definint-se també la progressió ascendent de les mitjanes de la FC en les diferents eliminatòries. El rang de valors en el que es mou la FC és tan gran com ho és en la resta de les armes estudiades (Taula 4-13).

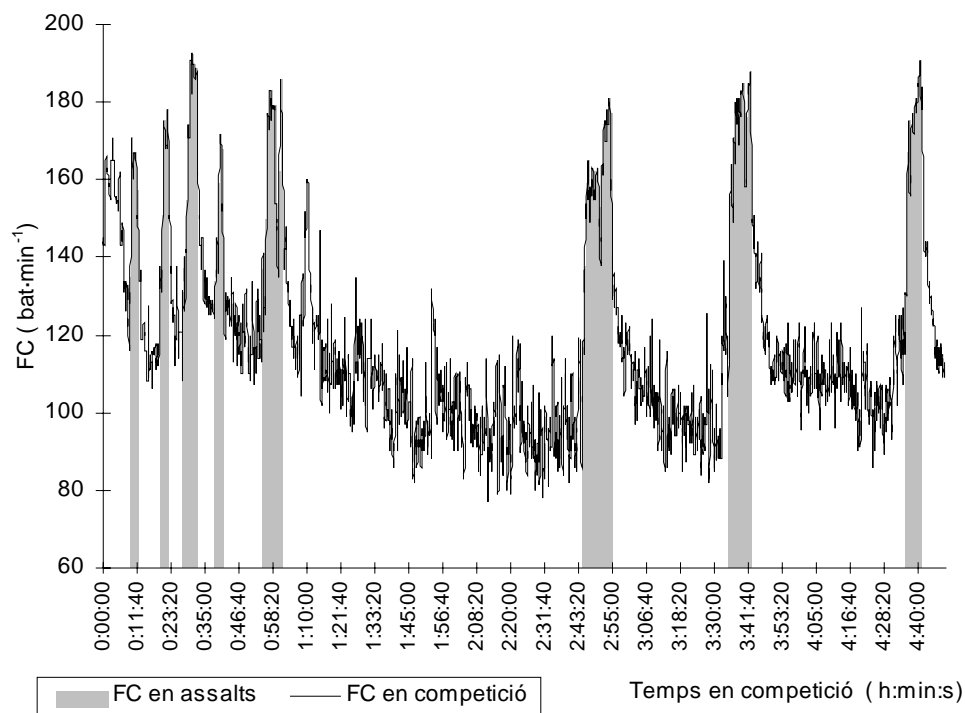
**Taula 4-13: Valors de freqüència cardíaca en competició real de sabre (n=5) (Campionats de Catalunya absoluts 1993).**

	1 volta	Eliminació directa	Final 8	Global
FC (bat·min <sup>-1</sup> )	150 ± 10 ( 103 - 192 )	155 ± 39 ( 105 - 202 )	165 ± 9 ( 101 - 204 )	154 ± 12 ( 101 - 204 )
Durada (min)	2,1 ± 0,3 ( 1,6 - 2,3 )	6,5 ± 1,8 ( 5,3 - 7,8 )	8,2 ± 2,8 ( 4,6 - 11,8 )	4,2 ± 1,0 ( 1,6 - 11,8 )
Assalts (n)	20	2	10	32

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

L'annex 5 presenta el registre continu de la FC al llarg dels Campionats de Catalunya en tots els tiradors de la mostra. Com en la valoració de la prova internacional (Figura 4-10) les fases d'assalt coincideixen amb els registres més elevats de FC.

Com a darrera comparació dels valors de FC en els Campionats de Catalunya vam relacionar els valors dels assalts a 5 tocats, amb els registres dels assalts a 15 tocats, existint diferències altament significatives ( $p < 0,001$ ) entre les seves mitjanes. El test d'homogeneïtat de les variàncies d'ambdues mostres va demostrar la seva igualtat i, amb una confiança del 95%, es pot dir que els valors dels assalts a 15 tocats són superiors als de 5 tocats en un interval d'entre 4 i 11 bat·min<sup>-1</sup>.



**Figura 4-10:** Grficació de l'evolució de la FC d'un tirador de la mostra en la disputa del Campionat de Catalunya 1993 d'espasa masculina absoluta.

#### 4.6.1.2. La freqüència cardíaca en entrenaments

##### • La poule

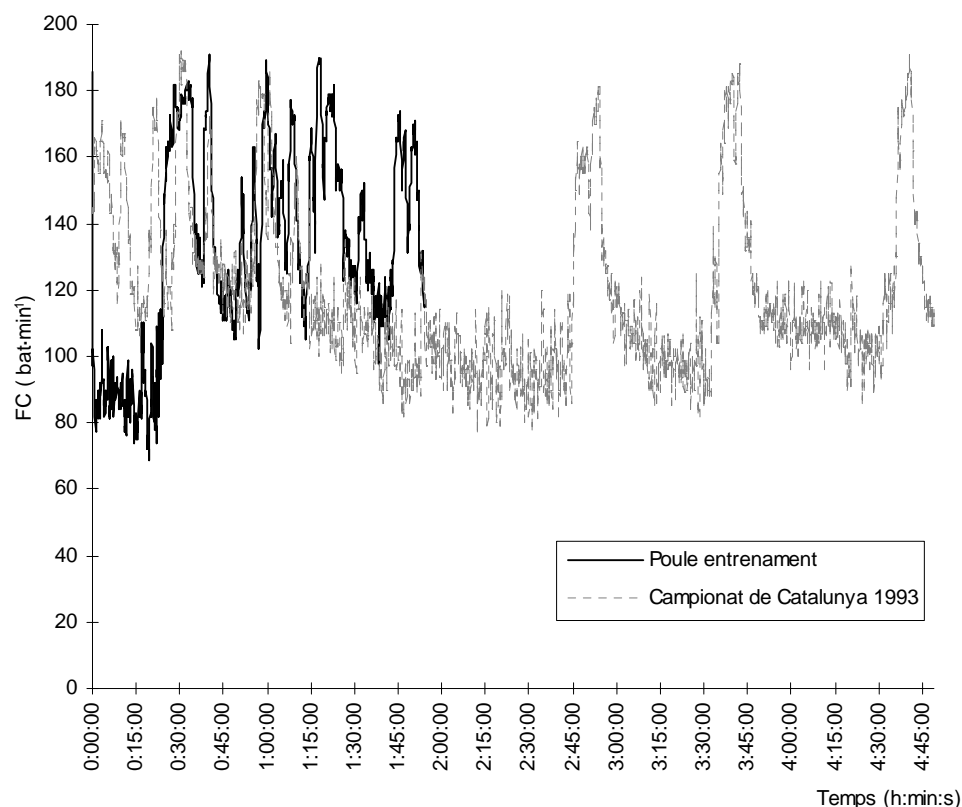
Amb l'objectiu de valorar l'esforç continu realitzat per diferents tiradors al llarg d'una sessió d'entrenament es va analitzar l'evolució de la freqüència cardíaca durant la disputa d'una de les poules setmanals que habitualment introdueixen els mestres en la seva programació d'entrenaments. Es va registrar l'evolució de la FC en 26 subjectes (7

sabristes, 4 floretistes masculins i 4 femenines, 8 espasistes homes i 3 espasistes femenines) (Taula 4-14; annex 6).

Poule nº:10		Pista nº:12		XXV OLIMPIADA BARCELONA 1992									
Nº	Nom	País	Ordre	1	2	3	4	5	6	7	V	Td-Tr	Class.
2	Di Tella Ruvira, R.M.	ARG	1		V	V	0	3	4	V	3	0	5
72	Zuikov, Viktor	EST	2	3		3	3	V	V	V	3	1	4
273	Wong, Liang Hun	SIN	3	4	V		V	1	2	1	2	-7	6
83	Kolobkov, Pavel	EUN	4	V	V	2		5	V	V	4	7	1
142	Schmitt, Arnd R.	GER	5	V	2	V	5		3	V	3	5	3
281	Lundbland, Tomas	SWE	6	V	2	V	3	V		V	4	4	2
249	Frazao, Rui	POR	7	0	4	V	4	1	2		1	-10	7

**Figura 4-11:** Estructura d'una poule oficial de competició (resultats extrets de la memòria oficial dels JJOO de Barcelona'92. COOB'92).

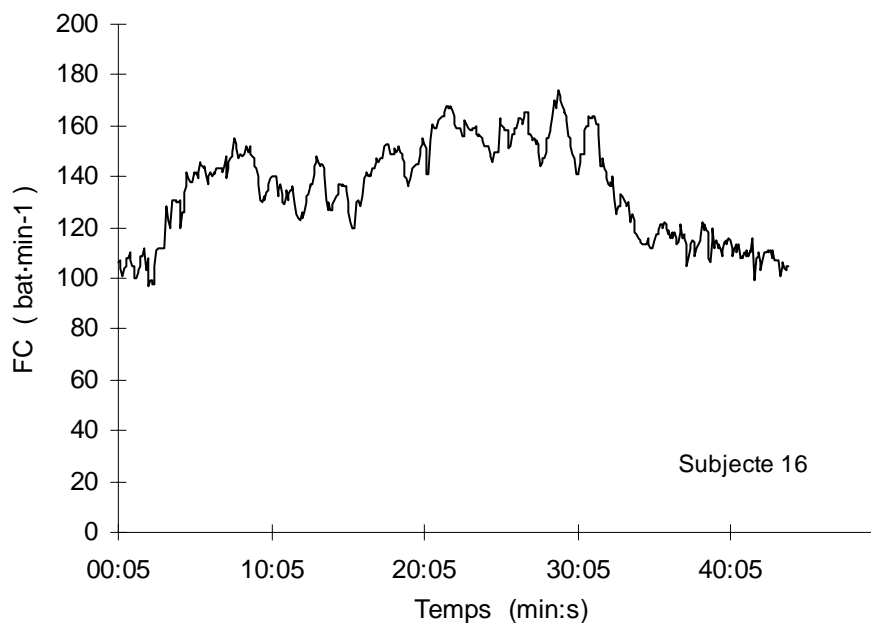
Els esgrimidors van presentar una FC mitjana en el desenvolupament de la sessió d'entrenament de 140 bat·min<sup>-1</sup> (de=18) amb uns valors extrems de 61 i 203 bat·min<sup>-1</sup>. La durada de les poules fou de 91,9 min (de=31,5), amb una durada màxima de 135,7 min i una mínima de 24,2 min. La variabilitat en els valors temporals i de FC és entesa dins d'un context de normalitat en la realització dels entrenaments, ja que en cap cas vam alterar la dinàmica habitual del club on es van desenvolupar les valoracions. També podem observar (Figura 4-12) com, malgrat els valors mitjans de FC de la globalitat de l'entrenament dels subjectes són baixos, durant la disputa dels assalts es reproduïen situacions d'intensitat properes a la competició.



**Figura 4-12:** Gràfica comparativa dels registres de FC d'un dels subjectes en competició i durant una poule d'entrenament.

### • Les classes individuals

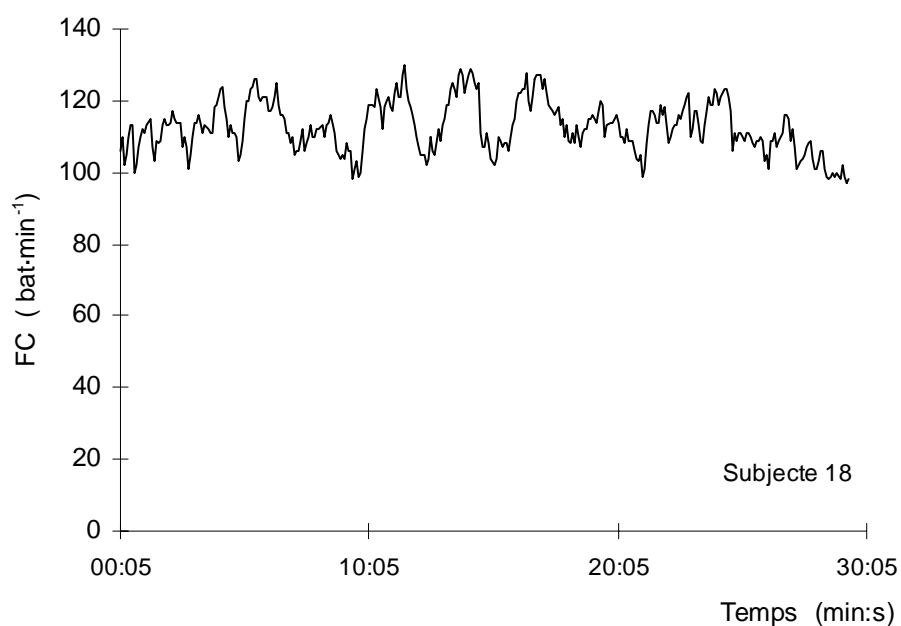
En la caracterització dels entrenaments d'esgrima vam considerar d'interès introduir la valoració d'algunes classes individuals dels mestres als alumnes, com a un dels principals elements d'entrenament comú en el món de l'esgrima de competició. Un total de 17 classes individuals foren avaluades (annex 7) registrant-se uns valors mitjans de  $137 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=15$ ), amb extrems de  $60$  i  $187 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ .



**Figura 4-13:** Evolució de la freqüència cardíaca (FC) en una classe individual de sabre.

En el còmput general dels resultats de la mostra de 17 subjectes no vam incloure una divuitena classe d'esgrima d'una tiradora de floret femení discapacitada física i que practica l'esgrima en cadira de rodes. En la classe individual en la que mestre i alumna estaven sobre la cadira de rodes la tiradora va presentar una FC mitjana de  $113 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=7$ ) amb un mínim i màxim de 97 i  $130 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  en els 29,3 minuts de durada de la classe individual (Figura 4-14).





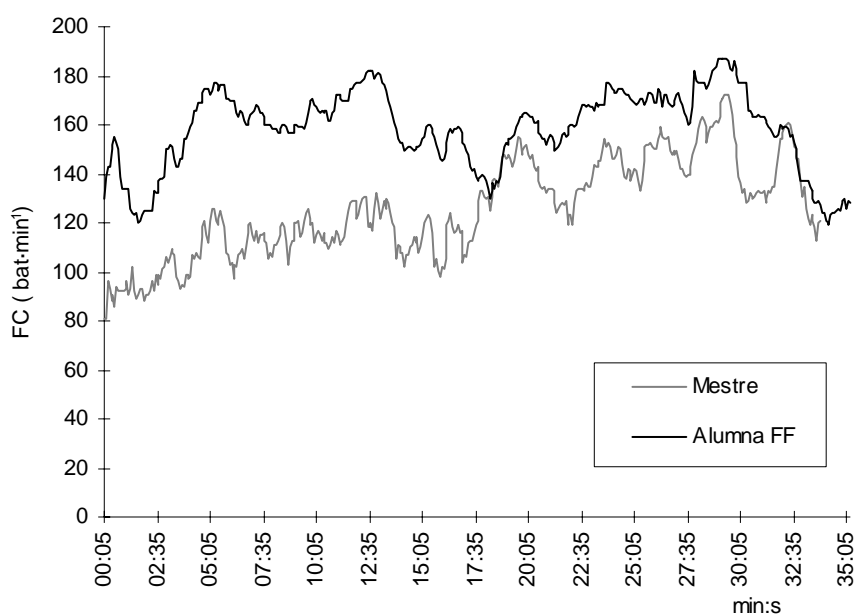
**Figura 4-14:** Evolució de la freqüència cardíaca (FC) en una classe individual d'una tiradora discapacitada física en cadira de rodes (florete femení).

**Taula 4-14:** Valors temporals i de freqüència cardíaca en entrenaments de poule i classe individual.

	Poule entrenament	Classe individual alumne	Classe individual mestre
FC (bat·min <sup>-1</sup> )	140 ± 18 ( 61 - 203 )	137 ± 15 ( 60 - 187 )	103 ± 11 ( 69 - 185 )
Durada (min)	91,9 ± 31,5 ( 24,2 - 135,7 )	40,0 ± 16,8 ( 21,4 - 73,8 )	29,9 ± 7,3 ( 16,7 - 40,8 )
Subjectes (n)	26	17	8

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

En els registres d'entrenaments (Taula 4-14) vam recollir les dades de la FC de dos dels mestres en la realització de 8 classes individuals (annex 8) per tal d'observar quina era la sol·licitació fisiològica de l'entrenador com a part activa de la classe individual. La següent gràfica (Figura 4-15) mostra l'evolució paral·lela de la FC d'una tiradora i del seu mestre en la realització d'una de les classes individuals avaluades.



**Figura 4-15:** Valors de freqüència cardíaca (FC), en mestre i alumna, d'una classe individual de floret.



**Foto 4-6:** Classe individual d'entrenament d'una de les tiradores de floret femení amb el seu mestre.

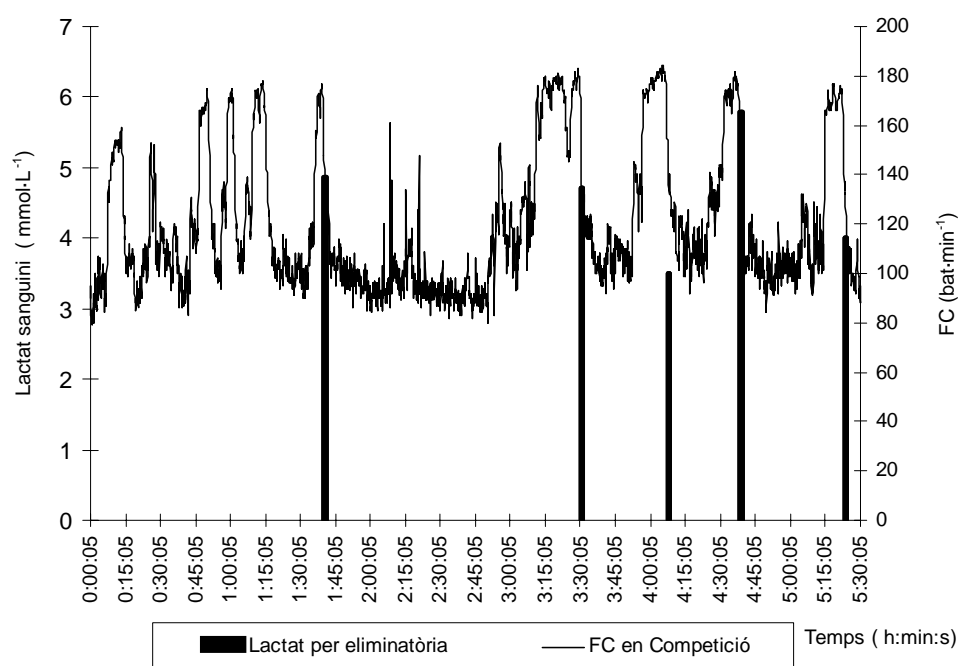
#### **4.6.2. La lactatèmia**

Tal com s'exposava en la metodologia, van determinar-se lactatèmies en les diferents fases de la competició, en els minuts 1 i 3 de la finalització dels assalts de cada eliminatòria dels subjectes classificats. En tots els tiradors vam seleccionar el valor més elevat de concentració de lactat sanguini per a la descripció dels resultats. Sobre les 69 parelles

de valors (minuts 1 i 3), en 48 la primera presa sanguínia fou superior a la dels 3 minuts, mentre que en 21 casos fou a l'inrevés. Així, les dades sobre les que es va centrar l'estudi de la lactatèmia foren els valors màxims, de les dues extraccions, de cadascuna de les fases de la competició. L'anàlisi estadística sobre les diferències existents entre la primera presa sanguínia i la segona va demostrar l'existència de diferències significatives ( $p < 0,001$ ) entre ambdues, quantificant-se amb una confiança del 95% en valors favorables a la presa del primer minut d'entre 0,16 i 0,57 mmol·L<sup>-1</sup>, és a dir, diferències molt reduïdes com ja s'ha expressat en el percentatge de valors majors en un o altre cas.

La següent gràfica (Figura 4-16) presenta la relació entre el registre continu de FC al llarg de la prova i les determinacions de lactat en sang capilar realitzades de forma sistemàtica en cada eliminatòria en un dels tiradors.

Amb l'objectiu de millorar la precisió de l'anàlisi es van especificar amb detall els diferents encontres de l'ED i F8. Així, a banda de l'ED64, el primer assalt del quadre de 32 fou denominat com ED32a, el segon assalt d'aquest quadre, o el primer de la repesca, ED32b, i la resta d'assalts que els tiradors realitzaven amb la intenció d'arribar a la final de 8 es van denominar ED16a, ED16b i ED16c.



**Figura 4-16:** Evolució dels registres de freqüència cardíaca i lactatèmia en un dels tiradors d'espasa masculina en el transcurs d'una competició internacional.

Els valors de lactatèmia obtinguts en el Torneig Internacional Generalitat de Catalunya a espasa masculina i floret femení foren de  $3,7 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $de=1,1$ ), amb valors extrems de  $1,8$  i  $6,4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  (annex 9). Aquests resultats coincideixen amb els de l'anàlisi d'una competició simulada, realitzada amb un sistema de poule única amb 20 tiradors d'alt nivell d'espasa masculina, i on a 7 dels subjectes se'ls van analitzar 11 lactatèmies, registrant-se una mitjana de  $3,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $de=1,7$ ), amb extrems de  $1,1$  i  $6,9 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . A un dels espasistes se li van practicar cinc lactatèmies durant els 19 assalts de la poule, obtenint una mitjana de  $4,6 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $de=1,7$ ), movent-se en un rang de  $4,3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

**Taula 4-15: Concentració sanguínia de lactat en cadascuna de les eliminatòries d'una competició internacional d'esgrima pels grups d'esgrimidors estudiats.**

	Subjectes (n)	Mostres (n)	Lactat màxim en assalts (mmol·L <sup>-1</sup> )				
			mitjana	de	min	max	rang
Resultats per eliminatòries							
1 volta	13	13	4,0	1,1	1,9	6,1	4,2
ED 64	5	5	3,0	0,3	2,7	3,3	0,6
ED 32 a	13	13	3,7	1,1	2,3	6,4	4,1
ED 32 b	10	10	3,9	1,1	2,5	5,7	3,2
ED 16 a	10	10	3,7	0,9	1,9	5,2	3,3
ED 16 b	8	8	4,0	1,4	1,8	5,8	4,0
ED 16 c	2	2	2,4	0,2	2,2	2,5	0,3
1/4 final	5	5	4,0	0,8	3,2	5,0	1,8
1/2 final	3	3	3,3	1,7	1,9	5,1	3,2
final (1er i 2on)			(No classificats)				
Resultats per sexes							
Homes	7	38	3,4	1,0	1,8	5,8	4,0
Dones	6	31	4,2	1,0	2,3	6,4	4,1
Resultats globals							
Global	13	69	3,7	1,1	1,8	6,4	4,6

Els valors extrems i mitjans de les tiradores foren superiors ( $p < 0,05$ ) als de l'espasa masculina (Taula 4-15). El test d'homogeneïtat de la variança d'ambdues mostres va demostrar la seva igualtat, essent, amb una confiança del 95% les diferències mitjanes entre el floret femení i l'espasa masculina de 0,2 a 1,4  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

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 (1V, ED, F8).

En la comparació dels resultats de la lactatèmia en les diferents eliminatòries es va considerar l'anàlisi de l'evolució de la lactatèmia en els subjectes que participaren en algun dels assalts en totes les fases. En els 5 esgrimidors (3 floretistes femenines i 2 espasistes masculins) que van competir en les tres fases de la prova es van detectar valors similars als descrits per a la globalitat, essent la mitjana de la 1V de 4,1  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  (de=1,7), la de l'ED de 4  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  (de=1,2) i la de la F8 de 3,7  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  (de=1,1).

Ni en la globalitat dels resultats, ni en l'estudi per armes es va detectar un increment progressiu dels valors de lactat hemàtic a mesura que es superaven les distintes eliminatòries.

### **4.6.3. El consum d'oxigen**

#### **4.6.3.1. L'estimació del consum d'oxigen**

A continuació s'exposaran els principals resultats de les proves d'esforç realitzades en els tiradors de la mostra, així com les dades de la valoració indirecta del consum d'oxigen dels esgrimidors en dues competicions d'esgrima: la primera és el Torneig Internacional Generalitat de Catalunya (1991) i la segona els Campionats de Catalunya (1993).

##### **• Valoració indirecta d'una competició internacional**

Per a la valoració indirecta del consum d'oxigen en competició es va realitzar una prova d'esforç en cinta rodant en la que es van determinar diferents variables que en els transkurs d'aquest apartat s'utilitzaran en la presentació dels resultats. En la següent taula (Taula 4-16) es presenten els valors mitjans i extrems de l'edat i les principals dades antropomètriques dels subjectes de la mostra.

La prova d'esforç sobre cinta rodant ens va permetre aconseguir els principals paràmetres cardíacs dels esgrimidors (Taula 4-18) com ho són, entre d'altres la FC max, la FC en els llindars ventilatoris aeròbic i anaeròbic, i el pols d'oxigen. Les mitjanes dels diferents paràmetres cardíacs de la mostra femenina són superiors als registrats en el conjunt d'esgrimidors de sexe masculí.



**Taula 4-16: Valors mitjans i extrems de l'edat i dels principals paràmetres antropomètrics dels subjectes de la mostra.**

<u>Edat (anys)</u>	<u>Talla (cm)</u>	<u>Pes (kg)</u>	<u>% Greix (%)</u>
<u>Espasa masculina (n=7)</u>			
26 ± 5 ( 17 - 31 )	179,0 ± 2,0 ( 175,5 - 181,2 )	74,5 ± 4,8 ( 69,0 - 83,0 )	7,6 ± 1,9 ( 5,3 - 10,4 )
<u>Espasistes (n=4)</u>			
24 ± 7	178,9 ± 2,4	74,3 ± 6,4	8,6 ± 1,8
<u>Pentatletes (n=3)</u>			
28 ± 1	179,2 ± 1,6	74,9 ± 2,5	6,3 ± 0,9
<u>Floret femení (n=6)</u>			
27 ± 5 ( 22 - 36 )	160,9 ± 8,0 ( 148,5 - 169,0 )	55,4 ± 5,9 ( 45,7 - 61,8 )	13,4 ± 2,6 ( 10,7 - 17,6 )

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

La valoració en laboratori del consum màxim d'oxigen va palesar elevats valors de  $\dot{V}O_2max$  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 espasistes de la mostra 3 eren pentatletes de l'equip Olímpic espanyol. Les característiques del seu esport determinen que la seva capacitat aeròbica sigui d'un nivell molt elevat i aquest fet va condicionar,

sens dubte, que els valors de consum màxim d'oxigen assolits estiguin entre els més elevats dels trobats en les referències bibliogràfiques específiques (apartat 2.2.4).

**Taula 4-17: Principals paràmetres ergoespiromètrics dels subjectes de la mostra obtinguts en la prova d'esforç.**

$\dot{V}O_2\text{max}$ (L·min <sup>-1</sup> )	$\dot{V}O_2\text{max}$ (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	VO <sub>2</sub> llin.aer. (% VO <sub>2</sub> max)	VO <sub>2</sub> llin.anaer. (% VO <sub>2</sub> max)
Espasa masculina (n=7)			
4,8 ± 0,5 ( 4,4 - 5,6 )	64,8 ± 7,1 ( 53,0 - 73,9 )	68,7 ± 6,1 ( 57,2 - 75,8 )	92,5 ± 4,4 ( 85,8 - 96,5 )
Espasistes (n=4)			
4,5 ± 0,1	60,2 ± 5,0	66,8 ± 8,0	90,2 ± 4,7
Pentatletes (n=3)			
5,3 ± 0,4	70,9 ± 4,0	71,2 ± 1,2	95,6 ± 0,9
Floret femení (n=6)			
2,8 ± 0,7 ( 1,8 - 3,6 )	49,2 ± 7,3 ( 38,5 - 58,0 )	69,0 ± 8,3 ( 56,4 - 80,4 )	89,9 ± 4,8 ( 82,1 - 96,0 )

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

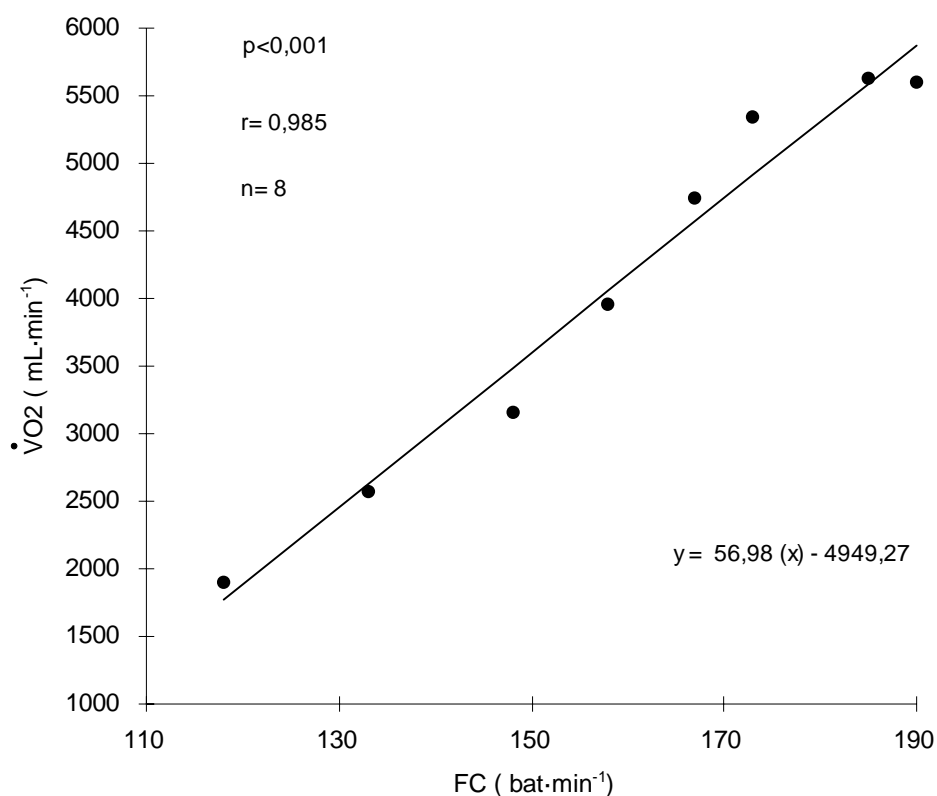
**Taula 4-18: Principals paràmetres cardiocirculatoris i metabòlics relacionats dels 13 subjectes obtinguts en la prova d'esforç progressiva sobre cinta rodant.**

<u>FC max (bat·min<sup>-1</sup>)</u>	<u>FC llin.aerob. (bat·min<sup>-1</sup>)</u>	<u>FC llin.anaer. (bat·min<sup>-1</sup>)</u>	<u>pols O<sub>2</sub> (mL·bat<sup>-1</sup>)</u>
Espasa masculina (n=7)			
187 ± 14 ( 173 - 206 )	151 ± 9 ( 141 - 165 )	175 ± 13 ( 161 - 200 )	26,0 ± 3,4 ( 21,3 - 29,9 )
Espasistes (n=4)			
190 ± 18	151 ± 11	177 ± 17	23,7 ± 2,6
Pentatletes (n=3)			
183 ± 7	152 ± 7	172 ± 7	29,0 ± 0,9
Floret femení (n=6)			
192 ± 8 ( 180 - 202 )	167 ± 11 ( 152 - 177 )	182 ± 9 ( 165 - 190 )	14,2 ± 3,6 ( 9,8 - 18,7 )

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

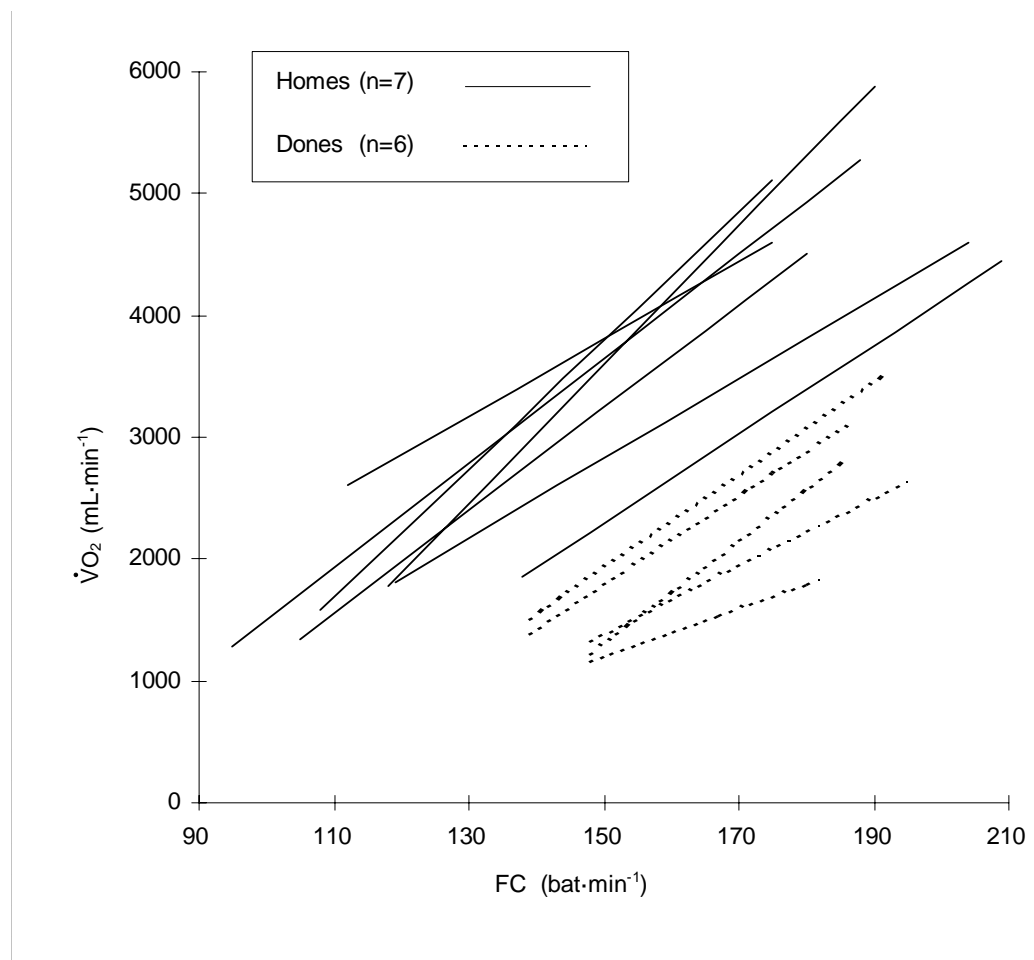
Dels resultats de la prova d'esforç el que més interès tenia per a la determinació del consum d'oxigen en competició era la relació FC- $\dot{V}O_2$  individual de cadascun dels subjectes de la mostra, determinant l'equació i la recta de regressió (Figura 4-17) que permetessin estimar el consum d'oxigen en situació de competició.

Es va realitzar el càlcul de l'equació de regressió que obtingués la recta que es podria ajustar millor als punts definits en la relació FC- $\dot{V}O_2$ . En els tretze subjectes vam comprovar la significació de la correlació, obtenint resultats d'entre un nivell de  $p < 0,05$  a  $p < 0,001$  en l'aplicació del coeficient de correlació de Pearson. Considerant la reduïda grandària de la mostra vam aplicar el coeficient de correlació de Spearman en tots els subjectes essent superiors els nivells de significació en tots els esgrimidors, a excepció del subjecte 4, on malgrat la correlació era bona, la relació no fou significativa estadísticament (annex 10).



**Figura 4-17:** Gràficació de la recta de regressió del consum d'oxigen en funció de la freqüència cardíaca, obtinguts en una prova d'esforç sobre cinta ergomètrica en un dels esgrimidors.

El càlcul de les tretze rectes de regressió (Figura 4-18) va possibilitar, seguint el mètode descrit, valorar de forma indirecta el consum d'oxigen dels esgrimidors, que va presentar una mitjana 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 ( $n=6$ ) ( $\bar{X}=39,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=7,2$ ).



**Figura 4-18:** Graficació de les rectes de regressió individuals dels tretze subjectes de la mostra, corresponents a la relació consum d'oxigen-freqüència cardíaca.

En l'estimació del consum d'oxigen vam valorar la sol·licitació específica en els assalts, així com en la globalitat de la competició (annex 11). 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 (Taula 4-20) als de la valoració exclusiva dels assalts (Taula 4-19) amb un alt nivell de significació ( $p < 0,001$ ), essent, amb una confiança del 95%, la diferència entre ells d'uns valors d'entre els 1202 i 1960 mL·min<sup>-1</sup>.

**Taula 4-19: 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
· VO <sub>2</sub> <sup>ass</sup> estimat (mL·min <sup>-1</sup> )	4021 ± 423 ( 3356 - 4528 )	2210 ± 545 ( 1538 - 2908 )	3185 ± 1047 ( 1538 - 4528 )
· VO <sub>2</sub> <sup>ass</sup> estimat (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	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	6	13

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

En l'anàlisi comparativa de les dues competicions, que es diferenciaven en l'arma i en el sexe, els espasistes van presentar valors mitjans de consum d'oxigen estimat en competició ( $\bar{X}=27,8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=7$ ) superiors a les floretistes ( $\bar{X}=19,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=5,1$ ). L'estadística comparativa la vam realitzar sobre els valors de  $\dot{V}O_2$  absoluts en els assalts i en competició. En ambdós casos les diferències foren significatives. En el  $\dot{V}O_2^{\text{ass}}$  els espasistes presentaven valors superiors ( $p<0,001$ ), amb un interval de confiança del 95%, d'entre els 1221 i els 2402  $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ , mentre que en el  $\dot{V}O_2^{\text{comp}}$  les diferències ( $p<0,01$ ) tenien un marge d'entre 441 i 1562  $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ .

**Taula 4-20: 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
$\dot{V}O_2^{\text{comp}}$ estimat ( $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ )	2066 ± 544 ( 1226 - 2879 )	1064 ± 326 ( 711 - 1581 )	1603 ± 680 ( 711 - 2879 )
$\dot{V}O_2^{\text{comp}}$ estimat ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	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).

Amb l'objectiu de quantificar posteriorment la despesa energètica dels esgrimidors en situacions competitives vam calcular el consum d'oxigen absolut produït pels tiradors al llarg d'una competició oficial (Taula 4-21) incloses les pauses, assalts i escalfament previ als assalts ( $\dot{V}O_2^{\text{comp}}$ ). Els valors mitjans foren superiors en els homes que en les dones, essent la mitjana de la globalitat dels tretze subjectes de 438 L d' $O_2$  (de=264,6). Com es descriu en la metodologia vam estimar el consum d'oxigen net en competició ( $VO_2^{\text{comp}}_{\text{net}}$ ), restant al  $VO_2^{\text{comp}}$  el consum corresponent a la despesa basal dels subjectes ( $VO_2^{\text{basal}}$ ) i establint així la part del  $VO_2$  que es correspon de forma exclusiva a la sol·licitació en competició.

**Taula 4-21: Consum d'oxigen, total i net, en la globalitat d'una competició internacional d'espasa masculina (n=7) i floret femení (n=6).**

	Homes	Dones	Global
$VO_2^{\text{comp}}$ estimat (L)	588 ± 271 ( 254 - 951 )	263 ± 105 ( 188 - 470 )	438 ± 265 ( 188 - 951 )
$VO_2^{\text{comp}}_{\text{net}}$ 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).



En analitzar el percentatge de temps de durada dels assalts en el conjunt de la competició considerarem d'interès quantificar la part total del consum d'oxigen estimat en competició que és produïda per la realització dels assalts ( $VO_2^{ass}$ ). En l'estimació del  $VO_2^{ass}$  també es van detectar valors superiors en la mostra masculina en relació a la femenina (Taula 4-22), calculant-se una mitjana global de consum d'oxigen produït pels assalts de 160,6 L d'O<sub>2</sub> (de=102,2).

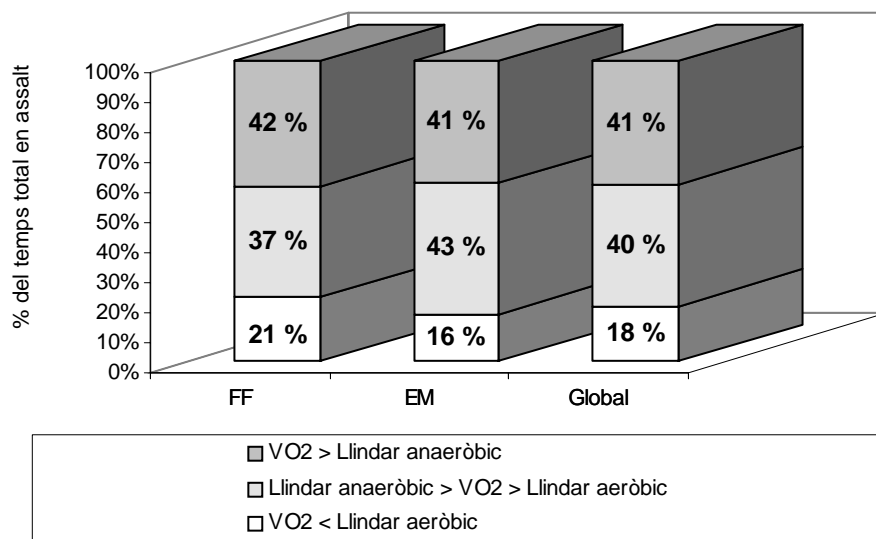
Com en el consum estimat en competició, es va decidir determinar el  $VO_2$  net dels assalts ( $VO_2^{ass}_{net}$ ) restant del  $VO_2^{ass}$  el consum d'oxigen basal dels tiradors i afegint-li l'equivalent de  $VO_2$  corresponent a la contribució anaeròbica làctica.

**Taula 4-22: 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
$VO_2^{ass}$ estimat (L)	191 ± 107 ( 41 - 341 )	125 ± 93 ( 49 - 289 )	161 ± 102 ( 41 - 341 )
$VO_2^{ass}_{net}$ 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

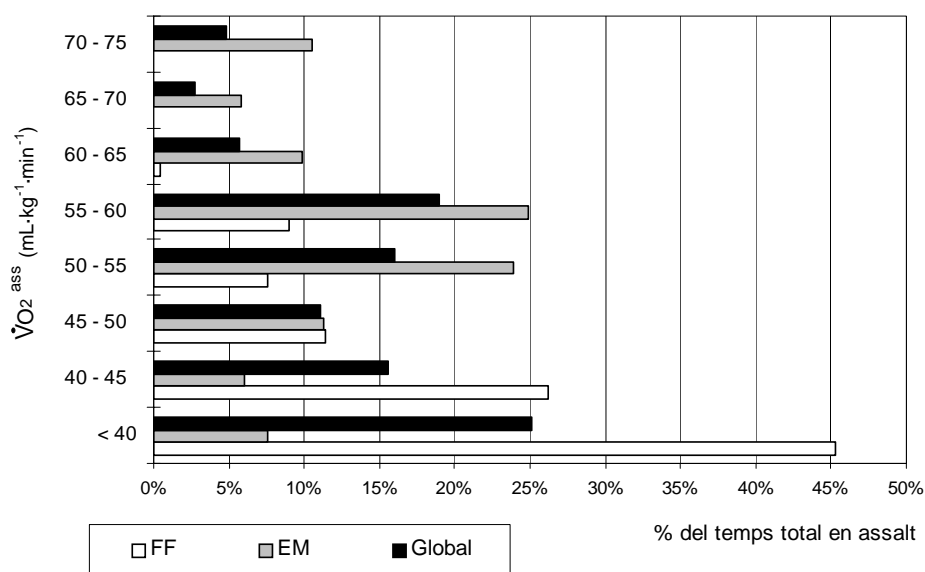
Les dades són:  $\bar{x} \pm de$  (min - max).

Per tal d'establir la intensitat de treball dels esgrimidors durant els assalts vam detectar individualment els valors de FC de cada llindar ventilatori, establint tres intervals definits pels mateixos i distribuint percentualment la totalitat del temps d'assalt en que els esgrimidors treballaven en cadascuna de les tres franges d'intensitat. Els resultats van determinar una gran variabilitat en la intensitat de treball desenvolupada pels subjectes observant-se una rellevant sol·licitació del consum d'oxigen al superar-se el llindar anaeròbic en el 41,1 % (de=33,4) de la durada total (Figura 4-19), mentre que tan sols el 18,4 % (de=14,4) del temps d'assalt era treballat a nivells inferiors al llindar aeròbic, essent els resultats percentuals en homes i dones molt similars en els diferents intervals.



**Figura 4-19:** Distribució percentual de la durada total dels assalts segons els intervals definits pels llindars ventilatoris aeròbic i anaeròbic en el grup de floret femení (FF), espasa masculina (EM) i global.

A continuació es mostra la distribució percentual del total de temps dels assalts en que els subjectes de la mostra realitzaven una determinada despesa de consum d'oxigen a nivell relatiu (Figura 4-20). Es pot apreciar com els espasistes presenten valors superiors als de les fletistes en els diferents intervals de sol·licitació del metabolisme aeròbic en competició real. En la mostra masculina l'interval amb major percentatge de sol·licitació ( $\bar{X}=24,9$  % del temps total;  $de=18$ ) és el de la franja corresponent als 55-60 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> mentre que en la femenina, el major percentatge ( $\bar{X}=45,3$  % del temps total;  $de=30,5$ ) és el de la franja corresponent a valors inferiors a 40 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>.



**Figura 4-20:** Distribució percentual de la durada total del assalts segons els intervals de consum d'oxigen en termes relatius al pes corporal.

## • Valoració indirecta dels Campionats de Catalunya Absoluts

La segona competició que vam estudiar foren els Campionats de Catalunya absoluts d'esgrima del 1993. Per tal de realitzar l'estimació del consum d'oxigen, i tal com es va fer en la prova internacional, fou necessària la realització prèvia d'una prova d'esforç sobre cinta rodant, descrita en el mètode i que presentà una estructura similar a la de la prova internacional, amb l'excepció que en aquesta s'utilitzà un aparell telemètric de mesurament del consum d'oxigen (K2-Cosmed) en lloc de l'ergoespiròmetre "breath by breath" (CPX II). La utilització de l'analitzador telemètric en la prova d'esforç ens permetria, posteriorment, estudiar la validesa de l'estimació al comparar les dades reals a les estimades en condicions de competició.

La mitjana del consum màxim d'oxigen registrat en els 10 subjectes (8 homes i 2 dones) de la mostra 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 una prova internacional ( $\bar{X}=57,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=10,7$ ).

El següent pas fou establir l'equació i la recta de regressió individual de cada subjecte de la relació  $FC-\dot{V}O_2$  (annex 12). En la següent figura (Figura 4-21) s'aprecia la dinàmica seguida en un dels subjectes per establir els càlculs de les esmentades equacions i rectes que ens possibilitarien l'estimació del consum d'oxigen en competició.

**Taula 4-23: Resultats obtinguts per la mostra de 10 esgrimidors en la prova d'esforç sobre cinta rodant amb l'ergoespiròmetre telemètric (K2-Cosmed).**

	FC max (bat·min <sup>-1</sup> )	$\dot{V}O_2$ absolut (mL·min <sup>-1</sup> )	$\dot{V}O_2$ relatiu (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )
Homes (n=8)	185 ± 12 ( 164 - 203 )	3982 ± 462 ( 3333 - 4664 )	55,1 ± 6,8 ( 43,9 - 67,6 )
Dones (n=2)	189 ± 14 ( 186 - 192 )	3024 ± 640 ( 2334 - 3714 )	47,9 ± 12,0 ( 35,9 - 59,9 )
Global (n=10)	186 ± 10 ( 164 - 203 )	3790 ± 677 ( 2334 - 4664 )	53,7 ± 9,0 ( 35,9 - 67,6 )

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

En els 10 subjectes que van realitzar la prova d'esforç se'ls va aplicar el mateix tipus d'anàlisi de les dades de consum d'oxigen i freqüència cardíaca. La graficació de la recta i les equacions resultants s'exposen en l'annex 12 (Figura 4-21). La correlació entre les variables FC i  $\dot{V}O_2$ , dels esmentats tiradors, fou molt significativa ( $p < 0,001$ ) i els coeficients de correlació de Pearson aplicats presentaren uns valors entre  $r=0,887$  i  $r=0,977$ .

$$y = a + b(x)$$

$$VO_2 = a + b(FC)$$

Durada (p. esforç) h:min:s	FC x bat·min <sup>-1</sup>	VO <sub>2</sub> y mL·min <sup>-1</sup>	Recta regressió lineal
0:00:15	108	787	1062
0:00:30	91	717	385
0:00:45	112	518	1221
0:01:00	112	778	1221
0:01:15	112	1405	1221
0:01:30	111	1173	1182
0:01:45	117	1603	1421
0:02:00	117	1846	1421
0:02:15	119	2035	1500
0:02:30	122	1762	1620
0:02:45	121	1983	1580
0:03:00	115	1863	1341
0:03:15	119	1854	1500
0:03:30	117	2152	1421
0:03:45	124	1985	1699
0:04:00	125	2294	1739
0:04:15	130	2259	1938
0:04:30	129	1676	1899
0:04:45	135	1845	2138
0:05:00	138	1738	2257
0:05:15	137	2186	2217
0:05:30	143	2144	2456
0:05:45	151	2688	2775
0:06:00	150	2684	2735
0:06:15	157	3115	3014
0:06:30	158	3256	3054
0:06:45	163	3229	3253
0:07:00	163	3407	3253
0:07:15	164	3335	3293
0:07:30	173	3753	3651
0:07:45	177	3740	3811
0:08:00	180	3677	3930
0:08:15	178	3804	3851
0:08:30	185	4523	4130
0:08:45	186	4070	4169
0:09:00	186	4145	4169
0:09:15	186	4046	4169
0:09:30	190	4425	4329
0:09:45	191	4226	4369
0:10:00	192	4664	4408
0:10:15	193	4494	4448
0:10:30	182	3286	4010
0:10:45	173	3895	3651
0:11:00	165	3600	3333
0:11:15	154	2872	2895
0:11:30	149	2620	2695
0:11:45	141	2528	2377
0:12:00	138	2289	2257
0:12:15	128	1861	1859
0:12:30	124	1582	1699
0:12:45	120	1417	1540
0:13:00	116	1198	1381
0:13:15	117	1177	1421
0:13:30	112	933	1221
0:13:45	112	836	1221
0:14:00	109	785	1102
0:14:15	112	859	1221
0:14:30	115	855	1341
0:14:45			
0:15:00			

## Càlcul de l'equació i recta de regressió lineal

PROVA D'ESFORÇ: CINTA RODANT + K2-COSMED

Subjecte 4

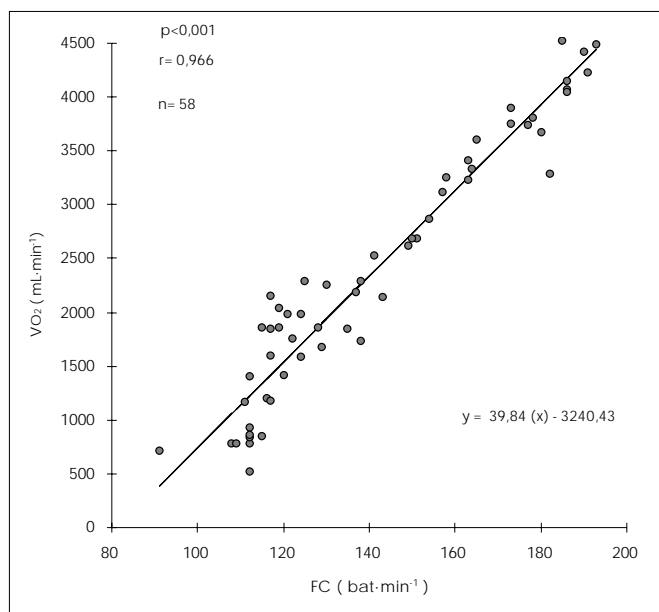
Variable y (quantitativa): VO<sub>2</sub>

Variable x (quantitativa): FC

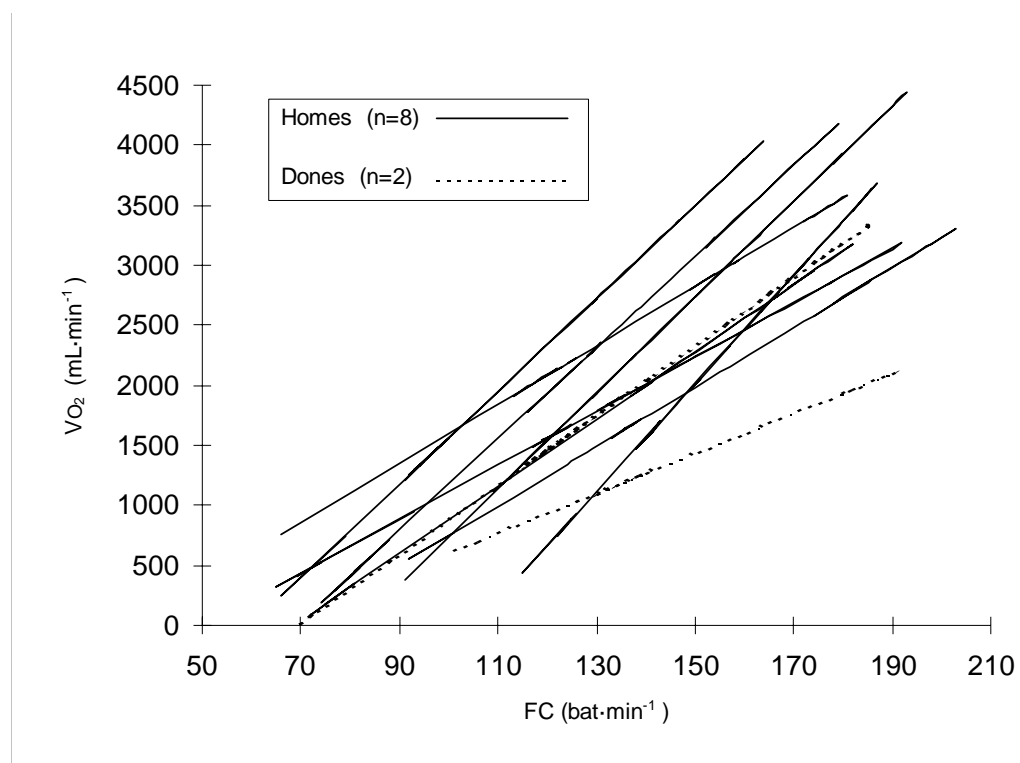
### ESTADÍSTIQUES RESULTANTS:

m =	39,83769	-3240,42999	= b
em =	1,43553	208,13220	= eb
r <sup>2</sup> =	0,93221	312,67100	= Error std.
F =	770,13353	56	= df
S d'ye2 =	75290684,248	5474736,73441	= S(y-ye) <sup>2</sup>
r =	0,96551		n = 58
ax =	142	ay =	2422
sx =	29	sy =	1190
COEFICIENTS		SOLUCIONS	
SUMA(Yi)	140477	a =	-3240,43
n	58	b =	39,84
SUMA(Xi)	8244	Significació	
SUMA(XiYi)	21857046	p < 0,001	r = 0,966
SUMA(Xi <sup>2</sup> )	1219226		

EQUACIÓ DE LA RECTA:  $y = 39,84(x) - 3240,43$



**Figura 4-21:** Càlculs i graficació d'una de les equacions i rectes de regressió de la relació VO<sub>2</sub>-FC obtinguda en una prova d'esforç sobre cinta rodant amb mesurament telemètric del consum d'oxigen (K2-Cosmed).



**Figura 4-22:** Grficació de les rectes de regressió individuals dels deu subjectes de la mostra, corresponents a la relació  $VO_2$ -FC en una prova d'esforç sobre cinta rodant i amb valoració telemètrica del consum d'oxigen.

En l'estimació del consum d'oxigen dels tiradors en els Campionats de Catalunya (1993) presentem una mostra de 12 subjectes. En la programació de l'estudi vam considerar interessant que tres dels tiradors competissin en dues modalitats diferents (annex 13), realitzant-se posteriorment l'anàlisi comparativa dels seus resultats en les diferents fases eliminatòries (Figura 4-23), no detectant-se diferències significatives en l'aparellament de les mitjanes del consum d'oxigen realitzat pels tres tiradors en les diferents fases de les competicions de floret i espasa masculina, detectant-se un alt nivell de correlació entre els valors assolits per cada subjecte en una o altra modalitat ( $r=0,90$ ;  $p<0,05$ ).

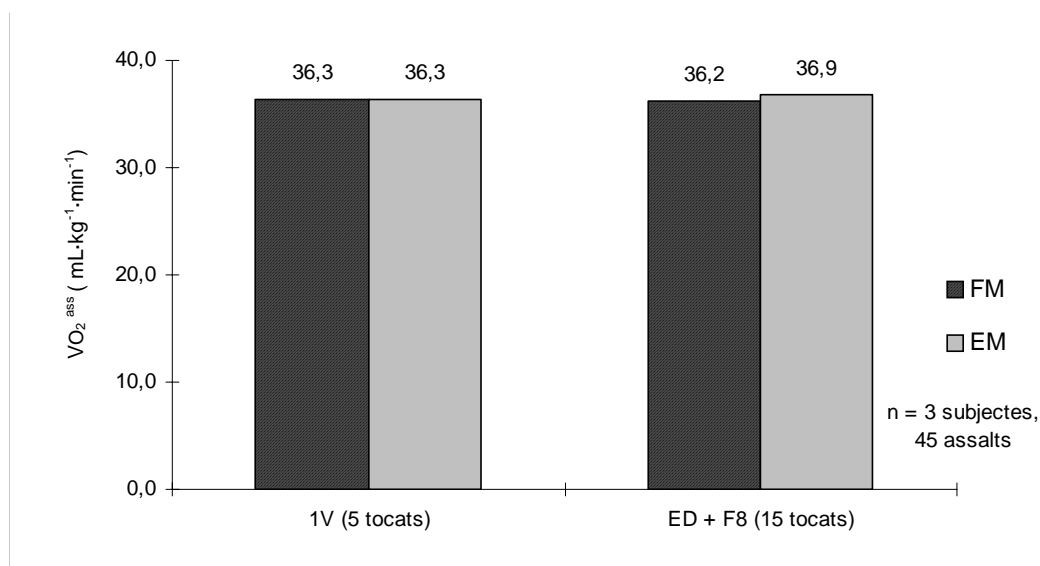
En l'anàlisi dels registres de FC en competició les dades d'un dels deu subjectes estudiats va presentar nombroses desconexions del seu cardiotacòmetre. Vam desestimar la incorporació d'aquest subjecte en l'estimació del consum d'oxigen en competició. En les taules de resultats expressem la valoració d'una mostra de 12 tiradors a l'incloure les nou correctes de cada subjecte, més les tres de la segona modalitat dels 3 esgrimidors que vam proposar per a la participació en dues de les modalitats que es disputaven amb un sol dia de diferència.

**Taula 4-24: Resultats de l'estimació del consum d'oxigen en competició real d'esgrima (Campionats de Catalunya absoluts 1993; n=12)**

	<u>1 volta</u>	<u>Eliminació Directa</u>	<u>Final 8</u>	<u>Global</u>
$\dot{V}O_2^{\text{ass}} \text{ estimat (mL}\cdot\text{min}^{-1})$	2459 ± 422 ( 703 - 3930 )	2440 ± 462 ( 769 - 3759 )	2727 ± 419 ( 852 - 4316 )	2546 ± 420 ( 703 - 4316 )
$\dot{V}O_2^{\text{ass}} \text{ estimat (mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1})$	34,8 ± 6,3 ( 10,6 - 58,1 )	34,4 ± 6,7 ( 11,7 - 55,3 )	38,4 ± 6,1 ( 12,9 - 66,4 )	36,0 ± 6,3 ( 10,6 - 66,4 )
Durada assalts (min)	3,2 ± 0,7	10,0 ± 4,9	13,2 ± 4,8	6,0 ± 1,4
Total d'assalts (n)	59	8	20	87

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





**Figura 4-23:** Graficació de les 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 ( $p < 0,05$ ).

L'estimació del consum d'oxigen en els Campionats de Catalunya absoluts va presentar una mitjana global de  $36,0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=6,3$ ) amb valors molt similars en les diferents fases eliminatòries (Taula 4-24).

Les mitjanes globals resultants de l'estimació dels Campionats de Catalunya resulten força inferiors a les resultants de la valoració de la prova internacional exposada en l'apartat anterior, de la mateixa forma que les mitjanes del consum d'oxigen en competició per als homes ( $\bar{X}=37,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=4,8$ ) i les dones ( $\bar{X}=29,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=10,6$ ) ho són també en relació als respectius valors en la prova internacional. Els resultats diferenciats per arma s'exposen en l'annex 14.

En la valoració individual realitzada subjecte a subjecte vam determinar la intensitat de treball en els assalts en base al  $\dot{V}O_2\text{max}$  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  $\dot{V}O_2\text{max}$ , 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  $\dot{V}O_2\text{max}$  al superior, molt proper al màxim, del 99,6 % del  $\dot{V}O_2\text{max}$ .

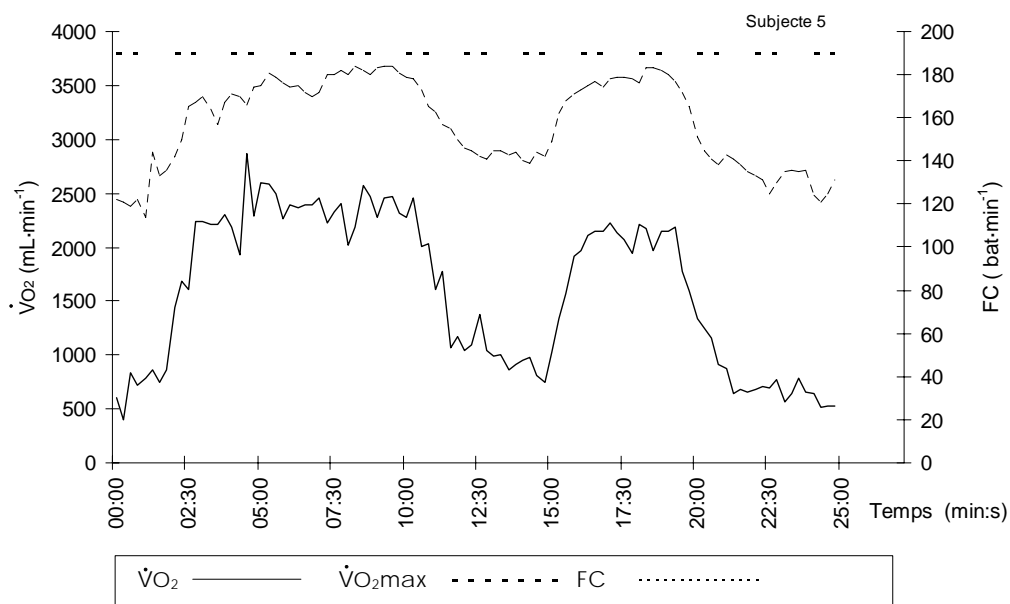
**Taula 4-25: Resultats globals i per sexes de l'estimació del consum d'oxigen en competició real d'esgrima. Dades comparatives amb el consum màxim d'oxigen valorat en laboratori.**

	Homes	Dones	Global
$\dot{V}O_2^{\text{ass}}$ estimat ( $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ )	2655 ± 251 ( 794 - 4316 )	2000 ± 814 ( 703 - 3701 )	2546 ± 420 ( 703 - 4316 )
$\dot{V}O_2^{\text{ass}}$ estimat ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	37,3 ± 4,8 ( 12,2 - 66,4 )	29,7 ± 11,5 ( 10,6 - 54,4 )	36,0 ± 6,3 ( 10,6 - 66,4 )
Valors mitjans (% del $\dot{V}O_2\text{max}$ )	55,6 - 77,4	57,3 - 62,2	55,6 - 77,4
Valors màxims (% del $\dot{V}O_2\text{max}$ )	75,3 - 99,6	81,4 - 86,5	75,3 - 99,6

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

#### 4.6.3.2. El consum d'oxigen per telemetria

La possibilitat de disposar d'un analitzador telemètric del consum d'oxigen ens va oferir l'ocasió de caracteritzar el consum d'oxigen en situacions reals d'entrenament. La complexitat dels implements del K2-Cosmed feien incompatible l'aplicació del mesurament en competició oficial. En els 10 subjectes de la mostra es van enregistrar diferents paràmetres fisiològics durant la realització d'assalts d'entrenament (Figura 4-24; annex 16) en la sala d'esgrima.



**Figura 4-24:** Evolució de la freqüència cardíaca (FC) i el consum d'oxigen ( $\dot{V}O_2$ ), mesurats telemètricament, durant 25 minuts d'una poule d'entrenament de sabre. S'indica el valor de  $\dot{V}O_2$  màxim obtingut a la prova de laboratori ( $\dot{V}O_{2max}$ ).

Del total de registres determinats amb el K2-Cosmed es van recollir els valors mitjans i màxims (Taula 4-26) dels principals paràmetres ventilatoris i cardíacs. També es va procedir a eliminar, del conjunt de registres, les fases de descans i recuperació entre assalts, establint els valors corresponents a les mateixes variables exclusivament en la situació real d'assalt.

**Taula 4-26: Resultats del mesurament ergoespiromètric per telemetria del consum d'oxigen en esgrimidors durant assalts d'entrenament. S'indiquen els valors globals, incloses les fases d'assalt i recuperació entre assalts, així com els valors relatius respecte dels resultats de la prova de laboratori (% FC max i %  $\dot{V}O_2$ max).**

Assalts (incloses les fases de repòs)				
FC (bat·min <sup>-1</sup> )	$\dot{V}O_2$ (mL·min <sup>-1</sup> )	$\dot{V}O_2$ (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	%FC <sub>max</sub> (%)	% $\dot{V}O_2$ max (%)
Valors mitjans				
137 ± 13 (108 - 158)	1518 ± 187 (1059 - 1771)	21,5 ± 2,5 (16,3 - 26,1)	73,8 ± 5,7 (64,1 - 84,3)	40,7 ± 4,8 (29,4 - 46,8)
Valors màxims				
173 ± 13 (141 - 191)	2795 ± 370 (2092 - 3572)	39,5 ± 3,2 (32,2 - 44,1)	92,9 ± 4,8 (85,0 - 99,5)	74,9 ± 9,5 (59,6 - 89,6)

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

Com s'ha citat en la descripció metodològica d'aquest apartat l'anàlisi telemètrica va presentar una curta durada ( $\bar{X}=21,7$  min;  $de=3,1$ ) motivada per la complexitat i incomoditat de l'aplicació del mesurament amb el K2-Cosmed amb la indumentària de l'esgrima. La valoració es realitzà a un nombre determinat d'assalts, el que comportà intervals de durada del mesurament entre els 16,3 min i els 26,3 min.

En el temps d'anàlisi, incloses les fases de repòs, els subjectes van presentar un consum d'oxigen mitjà de  $21,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=2,5$ ), el que representa un treball individual sobre els 40,7 % del  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  ( $de=4,8$ ) al llarg dels assalts d'entrenament (Taula 4-26).

**Taula 4-27: Resultats de la valoració ergoespiromètrica per telemetria del consum d'oxigen en esgrimidors durant assalts d'entrenament. S'indiquen els valors de situació real d'assalt, excloses les fases de recuperació entre assalts, així com els valors relatius respecte dels resultats de la prova de laboratori (% FC max i %  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ ).**

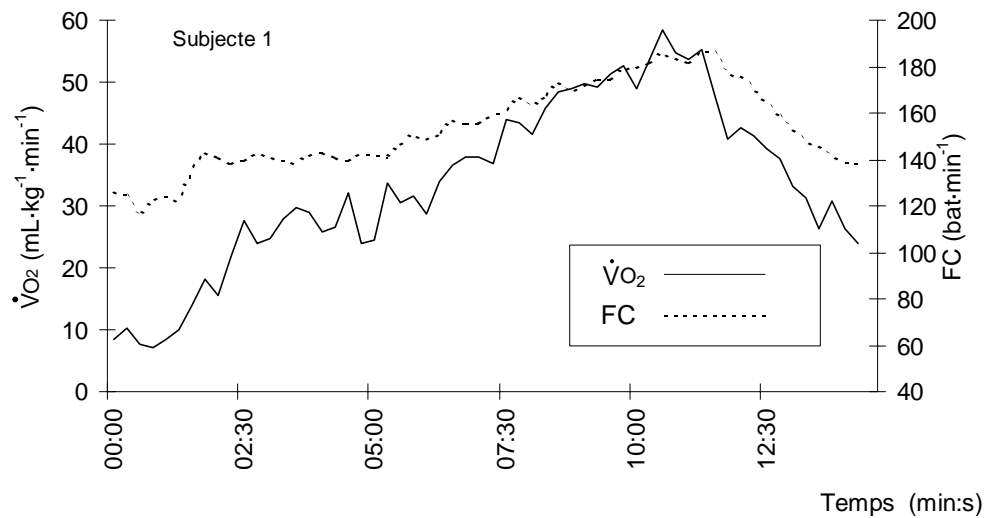
Assalts (no incloses les fases de repòs)				
FC ( $\text{bat}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$\dot{V}O_2$ ( $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$\dot{V}O_2$ ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	%FC <sub>max</sub> (%)	% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ (%)
Valors mitjans				
155 ± 13 (122 - 174)	2053 ± 313 (1477 - 2700)	29,0 ± 3,3 (22,7 - 33,8)	83,5 ± 5,7 (74,5 ± 93,2)	54,8 ± 6,8 (46,0 ± 63,3)
Valors màxims				
173 ± 13 (141 - 191)	2795 ± 370 (2092 - 3572)	39,5 ± 3,2 (32,2 - 44,1)	92,9 ± 4,8 (85,0 - 99,5)	74,9 ± 9,5 (59,6 - 89,6)

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

En la valoració del consum d'oxigen per telemetria, exempta de fases de repòs, la durada real dels assalts avaluats fou de 12,1 min (de=2,6) amb valors extrems de 8,8 i 17,5 min. La mitjana del consum d'oxigen registrat de forma directa en aquests assalts fou de 29 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (de=3,3) amb un mínim i màxim de 22,7 i 33,8 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>. Aquests valors, comparant-los al consum màxim d'oxigen determinat individualment en la prova d'esforç del laboratori utilitzant el mateix analitzador telemètric, corresponien al 54,8 % del  $\dot{V}O_{2max}$  (de=6,8) de mitjana en els assalts, essent el valor mig dels consums màxims en cada tirador al llarg dels assalts d'entrenament del 74,9 % del  $\dot{V}O_{2max}$  (de=9,5).

#### **4.6.3.3. Estudi de validació del mètode d'estimació del consum d'oxigen**

La possibilitat de comparar l'estimació del consum d'oxigen amb els valors reals registrats telemètricament amb el K2-Cosmed ens va permetre estudiar la validesa del mètode de valoració indirecta del consum d'oxigen emprat en l'apartat anterior (4.6.3.2; pàg:181).



**Figura 4-25:** Evolució del consum d'oxigen ( $\dot{V}O_2$ ) i la freqüència cardíaca (FC), mesurats telemètricament, durant una prova d'esforç sobre cinta rodant.

Els 10 subjectes (8 homes i 2 dones) que composaven la mostra d'esgrimidors van realitzar la prova d'esforç sobre cinta rodant amb la utilització de l'analitzador telemètric mitjançant el qual es recollien les diferents variables d'estudi de les que es destacava l'aparellament dels valors de FC i  $\dot{V}O_2$  (Figura 4-25; annex 15). La mitjana del consum màxim d'oxigen dels esgrimidors és un clar indicador del bon nivell aeròbic que aquests esportistes presentaven ( $\bar{X}=53,7$  mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>; de=9).

**Taula 4-28: Valors de freqüència cardíaca (FC) i consum d'oxigen ( $\dot{V}O_2$ ) de la prova d'esforç, del mesurament directe i de l'estimació del consum d'oxigen en assalts d'entrenament d'esgrima (n=10).**

<u>FC</u> (bat·min <sup>-1</sup> )	<u><math>\dot{V}O_2</math></u> (mL·min <sup>-1</sup> )	<u><math>\dot{V}O_2</math></u> (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )
<u>Valors (màxims) reals en prova d'esforç</u>		
186 ± 10 (164 - 203)	3790 ± 677 (2334 - 4664)	53,7 ± 9,0 (35,9 - 67,6)
<u>Valors estimats en entrenament</u>		
-	2029 ± 413 (106 - 3680)	28,8 ± 6,1 (1,5 - 54,6)
<u>Valors reals en entrenament</u>		
137 ± 13 (59 - 191)	1518 ± 197 (191 - 3572)	21,5 ± 2,5 (2,9 - 44,1)

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

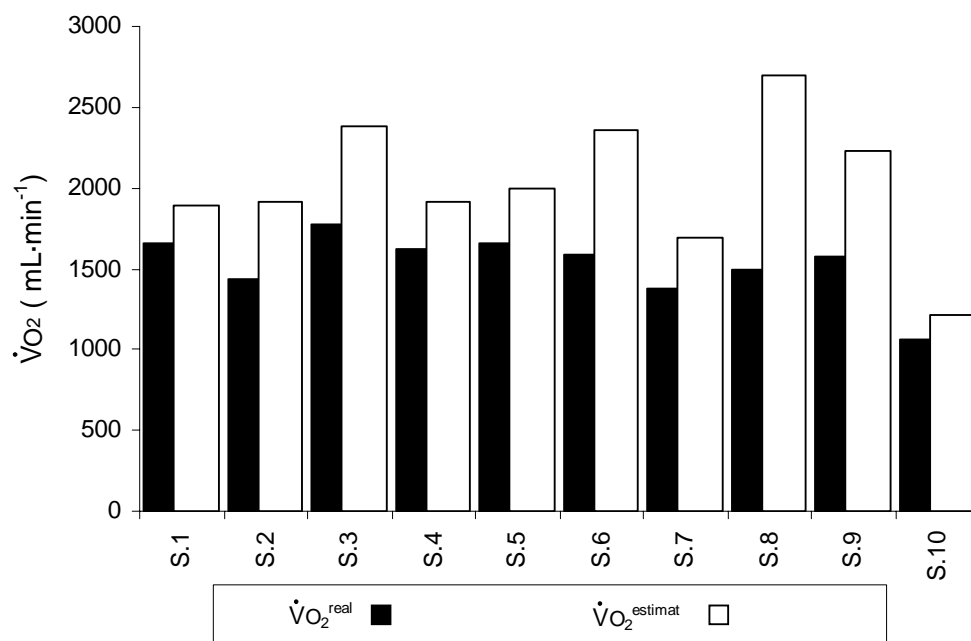
L'anterior taula (Taula 4-28) ens mostra els principals valors de consum d'oxigen registrats en la prova d'esforç i en els assalts d'entrenament amb l'analitzador telemètric, així com l'estimació del  $\dot{V}O_2$  dels mateixos assalts d'entrenament, en base a la relació individual FC- $\dot{V}O_2$ .

Definits els valors individuals de FC i  $\dot{V}O_2$  en la prova d'esforç es va



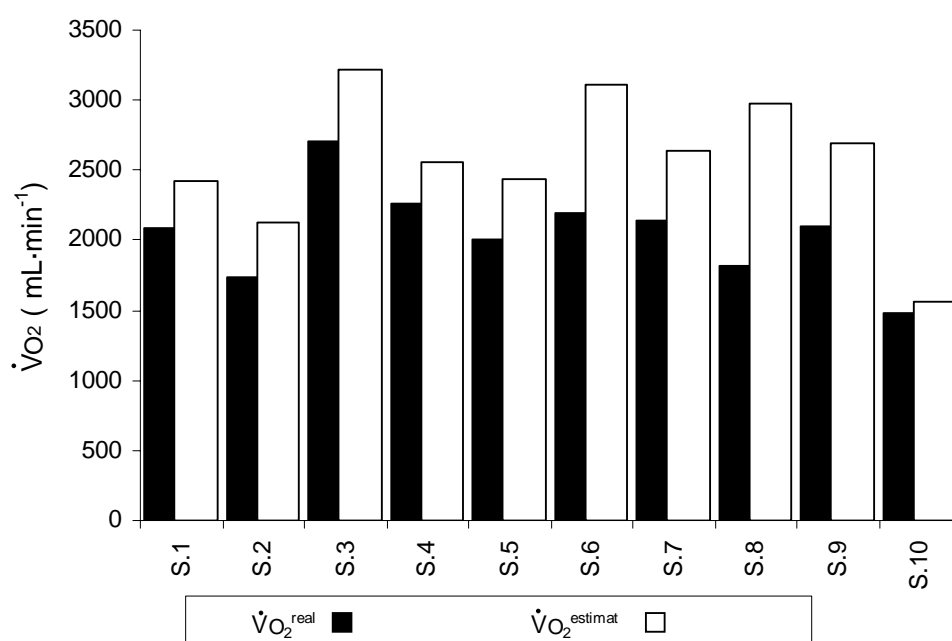
procedir a l'obtenció individual de les equacions de regressió (Figura 4-21) que ens permetessin estimar el consum d'oxigen dels assalts en base a la FC registrada en els assalts d'entrenament. Realitzats els càlculs en tots els subjectes (Figura 4-22) es va procedir a l'estimació del consum d'oxigen en els assalts d'entrenament.

Les mitjanes de consum d'oxigen real i estimat foren comparades subjecte a subjecte en la globalitat de l'entrenament (Figura 4-26), incloent-hi les breus pauses introduïdes entre els diferents assalts avaluats, i durant la disputa dels assalts (Figura 4-27), deixant exclosos els valors de repòs entre els mateixos. La mitjana global del temps d'entrenament estudiat fou de 21,7 min (de=3,1).



**Figura 4-26:** Comparació de les mitjanes del consum d'oxigen real i estimat en assalts d'entrenament d'esgrima, incloses les breus pauses de repòs, en els 10 subjectes de la mostra.

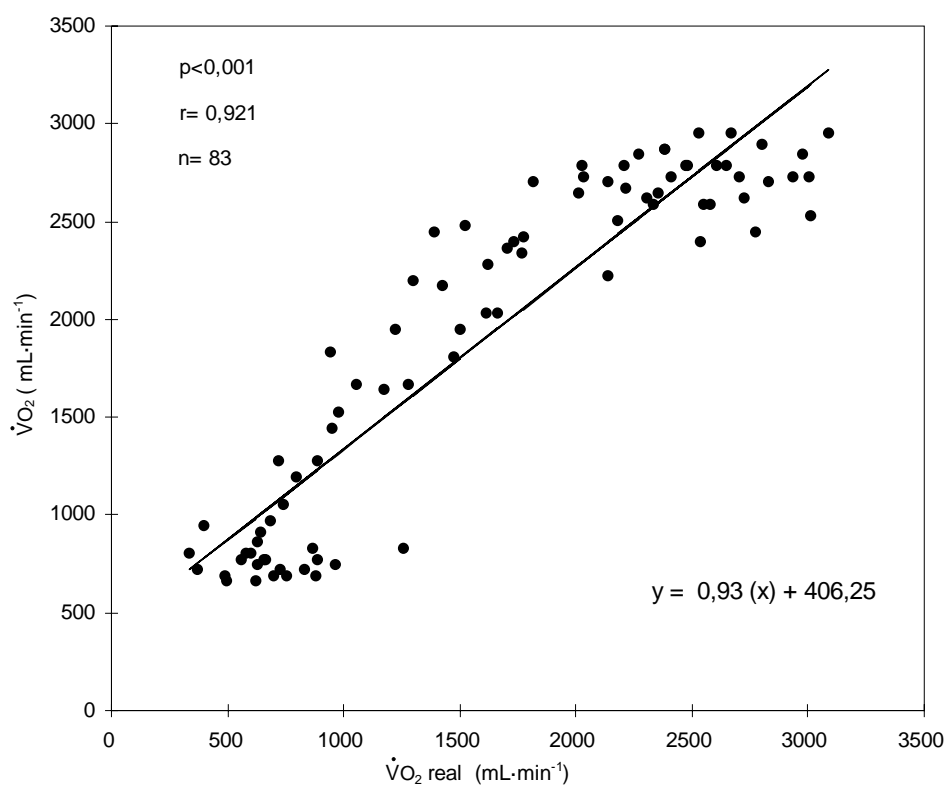
Amb la intenció de precisar la validesa del mètode indirecte vam realitzar tres estratègies per definir la relació existent entre el consum d'oxigen real i l'estimat: en primer lloc es va confirmar la correlació entre les dades reals i les estimades, en segon lloc es va confirmar que els valors estimats no eren iguals als reals i finalment vam quantificar les diferències entre l'estimació i el consum mesurat telemètricament.



**Figura 4-27:** Comparació de les mitjanes del consum d'oxigen real i estimat en assalts d'entrenament d'esgrima, exempts de pauses de repòs, en els 10 subjectes de la mostra.

Així, vam iniciar aquesta anàlisi amb l'estudi de la correlació lineal entre les parelles de valors (reals i estimats) en cadascun dels deu subjectes de la mostra (Figura 4-28; annex 17). En tots ells la significació estadística fou molt elevada ( $p < 0,001$ ) i els coeficients de correlació de Pearson calculats estaven entre els valors de  $r = 0,784$  i  $r = 0,944$ . En la gràfica de les 10 rectes (Figura 4-29) de regressió individuals es pot

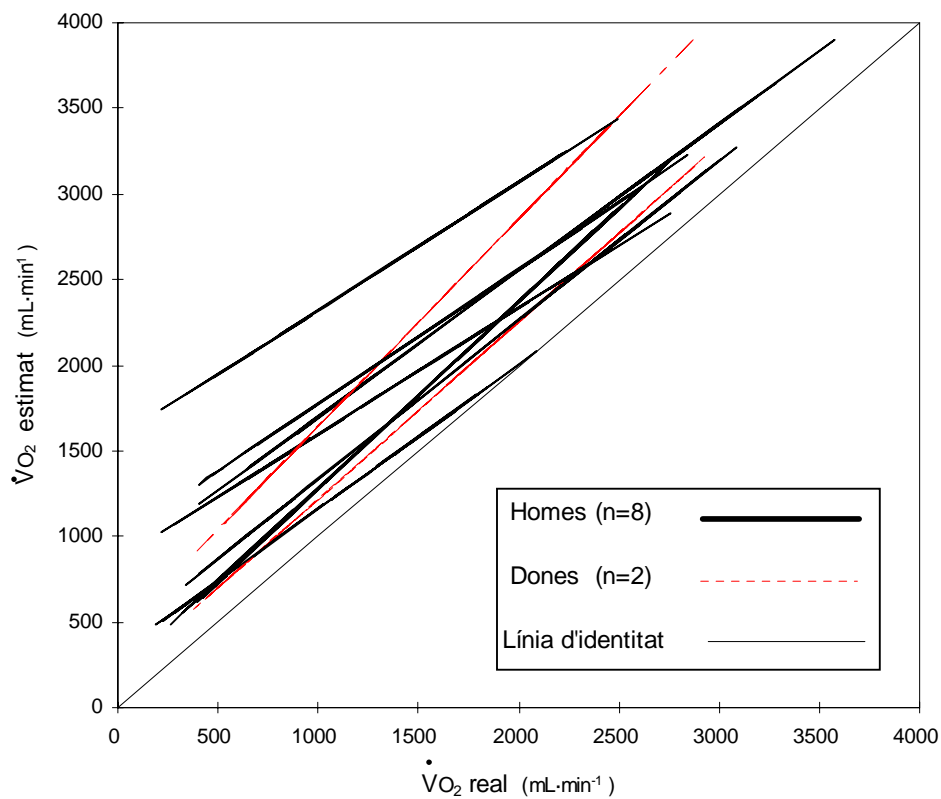
observar, al comparar les rectes que millor s'ajusten a la relació del consum real i estimat en cada tirador amb la línia d'identitat, com existeix globalment una sobreestimació del consum d'oxigen real. Aquesta sobreestimació també l'apreciem en observar les gràfiques comparatives dels valors mitjans i estimats, subjecte a subjecte, on en els valors estimats són superiors als reals en el conjunt de l'entrenament (Figura 4-26) com en l'anàlisi dels assalts (Figura 4-27).



**Figura 4-28:** Grficació de la recta de regressió resultant de l'estudi de la relació existent entre el  $\dot{V}O_2^{\text{real}}$  i el  $\dot{V}O_2^{\text{estimat}}$  en un dels subjectes de la mostra.

Com a estudi complementari es va procedir a correlacionar la

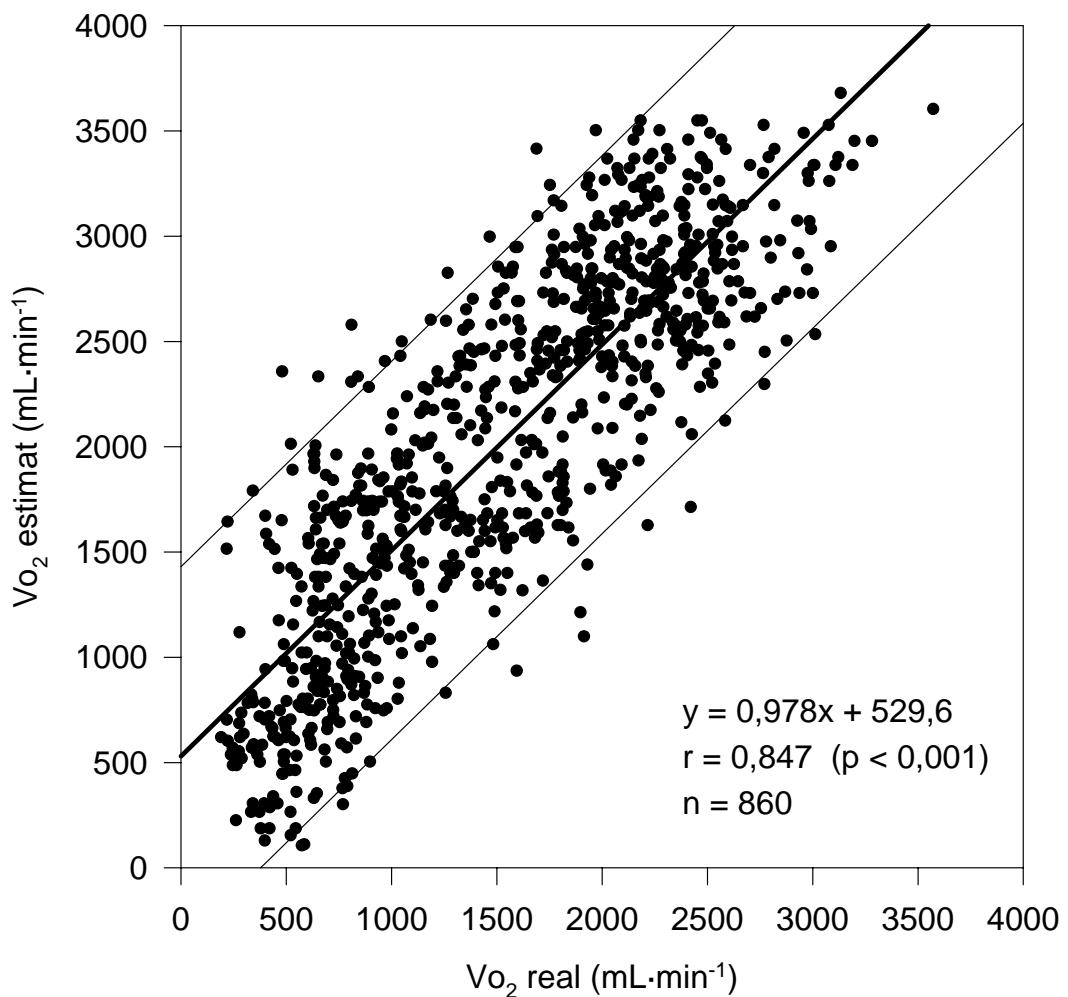
totalitat dels registres reals i estimats de  $\dot{V}O_2$ , obtenint-se uns valors altament significatius ( $p < 0,001$ ) que evidenciaven la relació existent entre els valors estimats i els reals ( $r = 0,847$ ). En la representació gràfica de la recta definida per les 860 parelles de valors es pot observar l'interval definit per l'error estàndard de l'estimació (Figura 4-30).



**Figura 4-29:** Graficació de les 10 rectes de regressió lineal obtingudes en la comparació dels valors de consum d'oxigen real i estimat en entrenaments d'esgrima. S'indica la línia d'identitat.

Per tal de concretar estadísticament l'existència de diferències significatives entre el consum d'oxigen real i l'estimat es va aplicar la prova de la T de Student en l'aparellament de dades dels 10 subjectes,

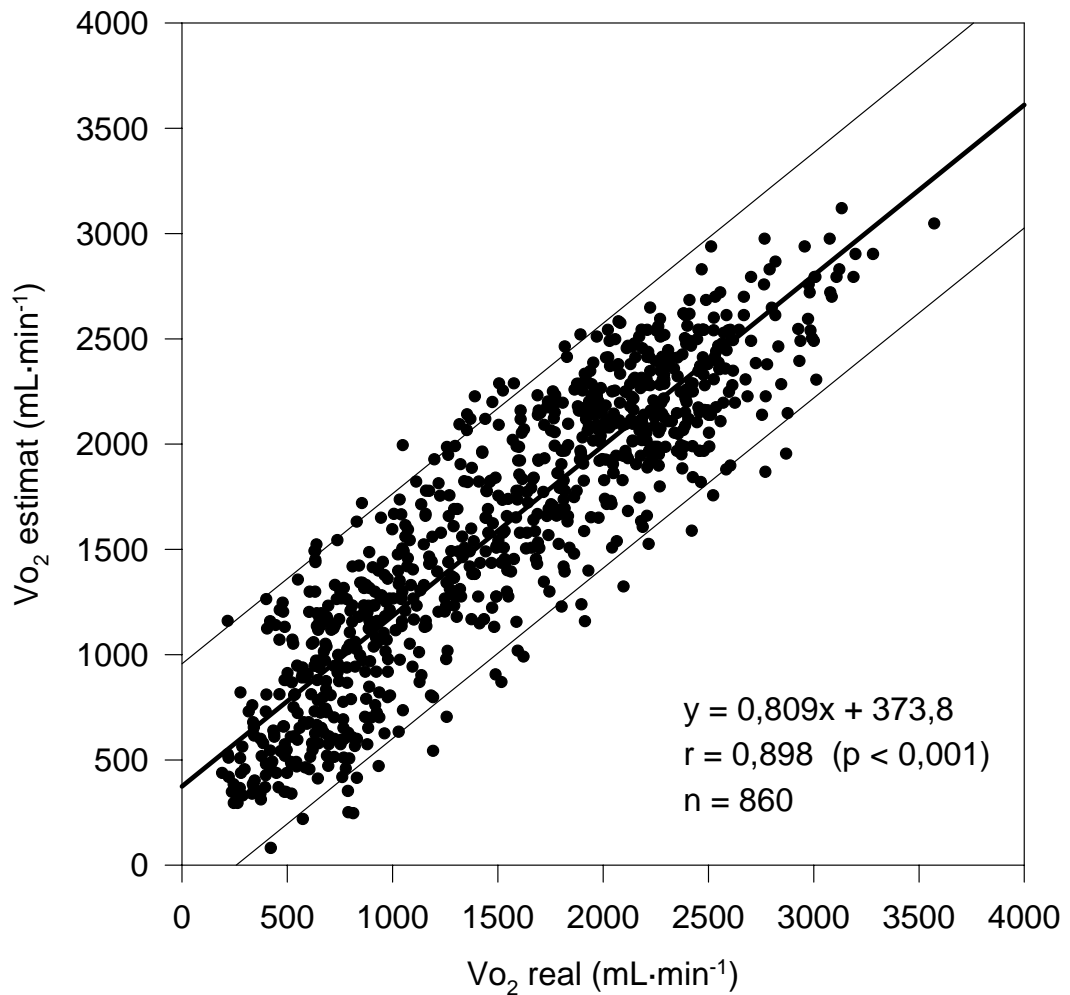
comprovant-se l'existència de diferències molt significatives ( $p < 0,001$ ) entre els valors reals i els estimats. Aquestes diferències també foren significatives ( $p < 0,001$ ) en comparar les mitjanes de tots els valors ( $n=860$ ) aparellats en les relacions individuals de consum d'oxigen estimat i real.



**Figura 4-30:** Graficació de tots els valors de consum d'oxigen, reals i de l'estimació general, dels 10 subjectes de la mostra, aparellats per a l'obtenció de la recta de regressió lineal global. Els valors estimats són extrets de l'aplicació de l'equació de regressió FC- $\dot{V}O_2$  resultant de la prova d'esforç amb el K2-Cosmed i es grafica la recta de regressió amb l'interval definit per l'error estàndard de l'estimació.

Seguidament es va procedir a quantificar la sobreestimació detectada, pel fet que en els resultats mitjans extrets de la valoració indirecta es mostra la tendència, en tots els subjectes, a la sobreestimació del consum d'oxigen (Figura 4-26, pàg:187). La magnitud d'aquesta sobreestimació del  $\dot{V}O_2$  en els entrenaments dels 10 tiradors de la mostra fou de  $505 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=313$ ) de mitjana (un 33 % sobre el  $\dot{V}O_2$  real), essent l'error estàndard de l'estimació ( $458 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ) d'un 30 % sobre el  $\dot{V}O_2$  real. Per determinar la quantificació de la sobreestimació ens podem ajudar de l'interval de confiança de les diferències detectades en l'anàlisi de les 860 relacions individuals de valors estimats i reals de consum d'oxigen. En aquesta anàlisi, amb una confiança del 95%, les diferències ( $p<0,001$ ) entre el consum real i l'estimat es xifren entre l'interval de  $465$  i  $527 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Amb l'objectiu de millorar la precisió del mètode en posteriors recerques es va repetir el procés de validació però específicament. En el segon càlcul de l'estimació del consum d'oxigen, en el que s'empraren els valors de FC registrats amb el K2-Cosmed durant la realització dels assalts d'entrenament (annex 18), es van obtenir uns resultats més ajustats als valors de consum d'oxigen real. Les equacions de regressió, així com la graficació de les rectes, entre el consum real i l'estimat en aquest procés de validació específica poden observar-se en l'annex 19. Aquesta segona estimació —que anomenem específica— va presentar una diferència mitjana amb el  $\dot{V}O_2$  real de  $77 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=41$ ) (un 5 % sobre el  $\dot{V}O_2$  real), essent l'error estàndard de l'estimació ( $296 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ) d'un 19,4 % sobre el  $\dot{V}O_2$  real. L'interval de confiança (95%) de les diferències ( $p<0,001$ ) detectades en l'anàlisi de les 860 relacions individuals de valors estimats específicament i els reals de consum d'oxigen es troba entre els  $59$  i  $103 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  (Figura 4-31).



**Figura 4-31:** Grficació de tots els valors de consum d'oxigen, reals i de l'estimació específica, dels 10 subjectes de la mostra, aparellats per a l'obtenció de la recta de regressió lineal global. Els valors estimats són extrets de l'aplicació de l'equació de regressió FC- $\dot{V}O_2$  en els mateixos assalts amb el K2-Cosmed i es grafica la recta de regressió amb l'interval definit per l'error estàndard de l'estimació.

#### 4.6.4. La despesa energètica en competició

Realitzada la valoració indirecta del consum d'oxigen en una competició internacional vam procedir a estimar la despesa energètica en els 13 subjectes de la mostra en funció de l'equivalent calòric de l'oxigen. Es va analitzar la despesa energètica de tota la competició ( $E^{\text{comp}}$ ) i dels assalts, exempts de fases de repòs i escalfament ( $E^{\text{ass}}$ ).

**Taula 4-29: Valors de la despesa energètica (E, kcal, kJ) estimada bruta ( $E^{\text{ass}}$ ) i neta ( $E^{\text{ass}}_{\text{net}}$ ) en la realització dels diferents assalts d'una competició internacional d'esgrima.**

	$E^{\text{ass}}$		$E^{\text{ass}}_{\text{net}}$	
	(kcal)	(kJ)	(kcal)	(kJ)
Floret femení (n=6)	605 ± 449 ( 239 - 1396 )	2532 ± 1880 ( 1000 - 5842 )	556 ± 417 ( 221 - 1286 )	2328 ± 1743 ( 925 - 5384 )
Espasa masculina (n=7)	924 ± 516 ( 198 - 1647 )	3868 ± 2160 ( 827 - 6895 )	867 ± 483 ( 188 - 1540 )	3631 ± 2023 ( 785 - 6444 )
Global (n=13)	777 ± 495 ( 198 - 1647 )	3252 ± 2070 ( 827 - 6895 )	724 ± 464 ( 188 - 1540 )	3030 ± 1942 ( 785 - 6444 )

(1) Les dades són: mitjana ± desviació estàndard, i valors extrems (min - max).



En la caracterització de la despesa energètica derivada de la realització dels diferents assalts de la competició, els valors mitjans foren de 777 kcal (de=495), de les quals 724 kcal (de=464) corresponien a la despesa neta ( $E_{net}^{ass}$ ), producte de restar a la  $E^{ass}$  la despesa basal dels subjectes corresponent al temps total que els tiradors estaven en situació real d'assalt (Taula 4-29).

La durada mitjana d'una competició és propera a les 5 hores, en les que es succeeixen fases de repòs, escalfament i assalts de forma continua. L'estimació de la despesa energètica global ( $E^{comp}$ ) produïda en el transcurs d'una competició d'esgrima ens va donar uns valors mitjans de 2119 kcal (de=1280), de les que directament provocades per la competició ( $E_{net}^{comp}$ ) s'estima que en són 1790 kcal (de=1175) (Taula 4-30).

**Taula 4-30: Valors de la despesa energètica (E, kcal, kJ) estimada bruta ( $E^{comp}$ ) i neta ( $E_{net}^{comp}$ ) durant el transcurs de la globalitat (assalts més descans) d'una competició internacional d'esgrima.**

	$E^{comp}$		$E_{net}^{comp}$	
	(kcal)	(kJ)	(kcal)	(kJ)
Floret femení (n=6)	1270 ± 509 ( 911 - 2274 )	5317 ± 2132 ( 3815 - 9518 )	996 ± 455 ( 705 - 1887 )	4168 ± 1904 ( 2951 - 7900 )
Espasa masculina (n=7)	2847 ± 1313 ( 1228 - 4601 )	11914 ± 5496 ( 5141 - 19256 )	2470 ± 1192 ( 1098 - 4137 )	10339 ± 4988 ( 4596 - 17314 )
Global (n=13)	2119 ± 1280 ( 911 - 4601 )	8869 ± 5358 ( 3815 - 19256 )	1790 ± 1175 ( 705 - 4137 )	7490 ± 4920 ( 2951 - 17314 )

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

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)—, 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 4-31).

**Taula 4-31: Valors mitjans i extrems de la despesa (E, kcal) i potència energètiques ( $\dot{E}$ , kcal·min<sup>-1</sup>, kJ·min<sup>-1</sup>) estimades. Valors dels assalts ( $\dot{E}^{ass}$ ) i de la globalitat ( $\dot{E}^{comp}$ ) en una competició internacional d'esgrima.**

E per assalt (kcal)	$\dot{E}$ (kcal·min <sup>-1</sup> )	$\dot{E}^{ass}$ (kJ·min <sup>-1</sup> )	$\dot{E}^{comp}$ (kcal·min <sup>-1</sup> )	$\dot{E}^{comp}$ (kJ·min <sup>-1</sup> )
Floret femení (n=6)				
39,6 ± 18,9 ( 17,9 - 73,5 )	10,7 ± 2,6 ( 7,4 - 14,1 )	44,7 ± 11,0 ( 31,1 - 58,9 )	4,3 ± 1,7 ( 3,1 - 7,8 )	18,2 ± 7,3 ( 13,1 - 32,6 )
Espasa masculina (n=7)				
71,2 ± 17,4 ( 49,4 - 93,9 )	19,5 ± 2,0 ( 16,2 - 21,9 )	81,4 ± 8,6 ( 68,0 - 91,7 )	9,7 ± 4,5 ( 4,2 - 15,7 )	40,6 ± 18,7 ( 17,5 - 65,6 )
Global (n=13)				
56,6 ± 23,8 ( 17,9 - 93,9 )	15,4 ± 5,1 ( 7,4 - 21,9 )	64,5 ± 21,2 ( 31,1 - 91,7 )	7,2 ± 4,4 ( 3,1 - 15,7 )	30,3 ± 18,3 ( 13,0 - 65,7 )

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

En l'anàlisi comparativa dels valors mitjans de potència energètica ( $\dot{E}$ ) dels tiradors d'espasa masculina i les noies de floret femení en competició, tal i com succeïa amb els nivells de FC i consum d'oxigen, els homes presentaren valors superiors a les dones amb una alta significació estadística ( $p < 0,001$ ).

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 els assalts d'entrenament amb el K2-Cosmed. Com és comprensible, es va mantenir la mateixa progressió dels resultats presentada amb el  $VO_2$ , en incrementar-se el nivell de dificultat de la valoració (Taula 4-32).

**Taula 4-32: Comparació de la potència energètica ( $\dot{E}$ , 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.**

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

Les dades són:  $\bar{x} \pm de$ .

#### **4.6.5. Dinàmica de la competició d'esgrima**

Es presenten les observacions temporals efectuades en dues competicions de diferent nivell i amb sistemes de competició desiguals per tal d'establir possible diferenciacions en els temps d'actuació dels esgrimadors. La primera correspon al "Torneig Internacional Generalitat de Catalunya", on la prova va disputar-se amb una 1V de poule, a cinc tocats (temps màxim de 5 minuts), i una eliminació directa, amb sistema de repesques, que es disputava al millor de tres assalts a cinc tocats.

La segona prova fou el Campionat de Catalunya on també s'emprà una volta de poules (temps màxim de 4 minuts) i, seguidament, una eliminació directa de 32 o 16 tiradors, sense repesques, i una final de 8. Aquests darrers assalts es disputaven a 15 tocats, amb un temps màxim de 9 minuts, distribuïts en tres intervals de tres minuts.

La següent taula (Taula 4-33) descriu les observacions extretes de la prova internacional. El temps real en els assalts correspon a l'addició de totes les durades dels assalts disputats comptabilitzant les pauses internes, és a dir, des de que l'àrbitre dona l'ordre d'inici de l'assalt fins que l'atura pel darrer tocat o finalització del temps. El temps total en competició corresponia a la durada continua "en competició" de cadascun dels esgrimadors de l'estudi. El cronòmetre es posava en funcionament en el moment de la crida de les poules per megafonia i s'aturava cinc minuts després d'ésser eliminat cada tirador.

**Taula 4-33: Paràmetres temporals durant la competició “Torneig Internacional Generalitat de Catalunya 1991”.**

	<u>Floret femení</u>	<u>Espasa masculina</u>	<u>Global</u>
Anàlisi temporal (min)			
Assalt	3,7 ± 1,2	3,6 ± 0,7	3,8 ± 0,9
Total assalts	53,1 ± 29,8	46,3 ± 25,3	49,7 ± 26,5
Total competició	292,3 ± 69,6	293,7 ± 122,1	293,1 ± 97,3
Total d'assalts analitzats i subjectes (n)			
Subjectes	6	7	13
Assalts	86	96	182
Assalts/subjecte	14,3 ± 4,89	12,71 ± 6,751	13 ± 5,6

Les dades són:  $\bar{x} \pm de$ .

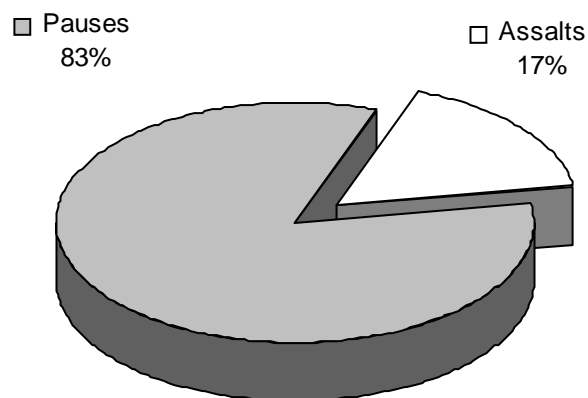
**Taula 4-34: Durada dels assalts dels Campionat de Catalunya absoluts 1993 a les 5 armes (n=30).**

	<u>1V (5 tocats)</u>	<u>ED i F8 (15 tocats)</u>	<u>Global (5 i 15 tocats)</u>
Anàlisi temporal (min)			
Assalt	3,4 ± 1,6	10,9 ± 5,0	5,8 ± 4,8
Total d'assalts analitzats i subjectes (n)			
Assalts	145	64	209
Assalts/subjecte	5 ± 1	3 ± 0,2	8 ± 1

Les dades són:  $\bar{x} \pm de$ .

En la competició internacional vam mesurar una durada mitjana de 3,7 min ( $de=0,9$ ) per cada assalt, mentre que en els assalts a cinc tocats del Campionats de Catalunya absoluts del 1993 la mitjana fou de 3,4 min ( $de=1,6$ ). En aquesta darrera competició també es disputaven assalts a 15 tocats, a diferència que en la prova internacional, i la seva durada mitjana fou de 10,9 min ( $de=5$ ). Al valorar la comparació dels resultats entre les dues competicions cal tenir present aquesta dada ja que també afecta a d'altres paràmetres com el nombre d'assalts disputats pels tiradors. Així, en la prova internacional el total d'assalts pot ser superior ( $\bar{X}=13$  assalts;  $de=6$ ) al descomposar-se cada eliminació directa i assalt de final en dos o tres assalts a cinc tocats, i existir un sistema de repesca per la pèrdua d'un dels assalts d'ed, mentre que en els Campionats de Catalunya ( $\bar{X}=8$  assalts;  $de=1$ ) el nombre d'assalts és inferior a realitzar-se aquestes eliminatòries a un únic assalt d'ED a 15 tocats, sense existir possibilitats de repesca en cas de perdre'n un d'ells.

L'anàlisi de la dinàmica temporal dels Campionats de Catalunya ens va permetre estudiar per primer cop les cinc armes de l'esgrima ja que en els estudis de les referències bibliogràfiques l'espasa femenina encara no era present dins del circuit oficial de la FIE. Com a dades més representatives cal destacar que, confirmant les expectatives que les referències bibliogràfiques ens donaven, el sabre és l'arma que presenta uns temps d'actuació més breus, amb una durada mitjana per assalts de 2,1 min ( $de=0,3$ ) a 5 tocats, i 6,5 min ( $de=1,8$ ) a 15 tocats en ED i de 8,2 min ( $de=2,8$ ) en finals (Taula 4-35; annex 20). Les diferències en la durada dels assalts en les diferents armes van ser estudiades estadísticament trobant-se en els assalts a 5 tocats diferències significatives en els temps en assalt dels sabristes en relació a les altres quatre armes ( $p<0,001$ ). La comparació de la durada dels assalts de poule en floret i espasa, masculins i femenins, no va presentar diferències significatives.

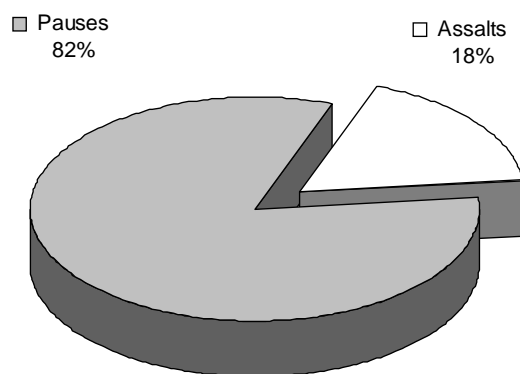


**Figura 4-32:** Distribució percentual del temps en competició en una prova internacional de floret femení i espasa masculina.

En relació als assalts a 15 tocats el sabre també manté les diferències amb gran part de modalitats essent la diferència significativa en comparació els temps d'actuació en l'espasa masculina ( $p < 0,05$ ), en el floret masculí ( $p < 0,05$ ) i en l'espasa femenina ( $p < 0,01$ ), no així amb el floret femení, on les diferències, malgrat existir a nivell descriptiu en les seves mitjanes, no presenten significació estadística.

L'anàlisi estadística de les diferències entre modalitats en funció de la durada dels assalts es va realitzar separant els assalts a 5 dels assalts a 15 tocats per incrementar la precisió de l'estudi, doncs en una primera aproximació, al valorar les mitjanes globals de la durada dels assalts, ja fossin a 5 o 15 tocats, és a dir a 4 o a 9 minuts de temps màxim, les diferències entre el sabre i la resta de modalitats quedava difuminada, existint tan sols diferències significatives, en aquesta anàlisi global, entre el sabre i el floret masculí ( $p < 0,01$ ).

Els resultats de l'anàlisi percentual de temps de treball en assalts i temps de repòs o escalfament, del global de la competició, són molt similars als descrits en la competició internacional, ja que mentre en els Campionats de Catalunya el temps total en assalts fou del 18% (Figura 4-33), en la prova internacional aquest fou el 17 % del total.



**Figura 4-33:** Distribució percentual de la durada dels Campionats de Catalunya d'esgrima 1993.

La durada total dels assalts en les diferents fases de la competició ve determinada pel reglament. Els assalts a 5 tocats de la poule són a un màxim de 4 minuts, mentre que els assalts d'ED i F8 a 15 tocats tenen un temps real màxim de 9 minuts. En l'anàlisi estadística es van confirmar les diferències significatives ( $p < 0,001$ ) entre la durada dels assalts de la poule amb i els de l'ED i la F8, no existint significació entre els valors enregistrats en els assalts de l'ED i la F8.



**Taula 4-35: Durada dels assalts relativa a cadascuna de les 5 armes (Campionats de Catalunya absoluts 1993).**

	<u>1 volta</u> (5 tocats)	<u>ED</u> (15 tocats)	<u>Final 8</u> (15 tocats)	<u>Global</u> (5 i 15 tocats)
<b>Floret femení (n=4)</b>				
Assalts (min)	3,3 ± 0,5	8,4 ± 3,8	12,7 ± 1,9	5,0 ± 0,9
Assalts (n)	24	4	4	32
Total assalts (min)				40,4 ± 10,9
<b>Floret masculí (n=5)</b>				
Assalts (min)	4,0 ± 1,1	5,4 ± 2,2	18,3 ± 5,7	6,7 ± 0,8
Assalts (n)	30	2	8	40
Total assalts (min)				53,9 ± 8,8
<b>Espasa femenina (n=7)</b>				
Assalts (min)	3,4 ± 1,2	12 ± 5,0	11,3 ± 4,1	6,2 ± 1,5
Assalts (n)	28	6	8	42
Total assalts (min)				38,1 ± 17,3
<b>Espasa masculina (n=9)</b>				
Assalts (min)	3,5 ± 0,6	12 ± 5,1	9,93 ± 4,3	5,8 ± 1,2
Assalts (n)	43	9	11	63
Total assalts (min)				40,8 ± 10,1
<b>Sabre (n=5)</b>				
Assalts (min)	2,1 ± 0,3	6,5 ± 1,8	8,24 ± 2,8	4,2 ± 1,0
Assalts (n)	20	2	10	32
Total assalts (min)				27,8 ± 10,4

Les dades són:  $\bar{x} \pm de$ , i nombre (n).

## **4.7. DISCUSSIÓ**

El control i la planificació de les càrregues són elements de gran importància per a l'entrenament esportiu (Matveiev 1982, Verchosanskij 1987, Godik 1989, Platonov 1991). Godik (1989) afirma que la càrrega dels exercicis competitius ha de ser el punt de referència sobre el que es realitza la selecció i distribució dels elements que constitueixen l'entrenament, per això considera d'interès capital el coneixement de l'estructura de la competició, així com els factors que incideixen en el resultat. La càrrega competitiva, com la resta, pot ser avaluada per la seva component externa (càrrega física), com per la interna (càrrega fisiològica). La seva valoració no presenta les mateixes possibilitats en els diferents esports; així, mentre en esports de caràcter cíclic o continu la quantificació de la càrrega externa resulta relativament senzilla, els esports de situació —com l'esgrima o diferents esports d'equip— presenten moltes més dificultats. En conseqüència és necessari aconseguir més indicadors que ajudin a assolir un major coneixement dels requeriments dels esportistes en competició, en els esports de situació.

Com hem exposat en la justificació, el nostre treball s'ha centrat en la valoració funcional de l'esgrima, analitzant diferents indicadors a nivell fisiològic que ens proporcionin coneixements sobre la càrrega interna dels esgrimadors en la pràctica específica. L'anàlisi es complementa amb una valoració de la dinàmica temporal de la competició que ens doni un marc, com a indicador de la càrrega externa, sobre el que englobar la valoració dels principals elements que poden constituir un control de l'entrenament i la competició en l'esgrima.

Coincidint amb les afirmacions de Godik sobre els esports d'equip, determinarem amb la següent discussió, com en l'esgrima, la càrrega competitiva presenta una gran variabilitat, estant en dependència de factors ben diferents com el nivell esportiu del rival, la importància de la competició, la fase eliminatòria o la modalitat analitzada.

La discussió del present capítol s'ha realitzat seguint l'esquema de l'exposició dels resultats, dividint l'anàlisi de la sol·licitació funcional dels esgrimidors en entrenament i competició de forma aïllada seguint els punts descrits a continuació:

- **Freqüència cardíaca**
- **Lactatèmia**
- **Consum d'oxigen**
- **Despesa energètica**
- **Dinàmica temporal**

### 4.7.1. Freqüència cardíaca

Es va valorar la FC en competició en dues proves d'esgrima de diferent qualificació: una de caràcter internacional, amb la participació dels millors esgrimidors espanyols i equips estrangers, i una altra de caràcter autonòmic, on tan sols participaven tiradors catalans. En la competició internacional es van detectar valors de FC superiors als de l'autonòmica. Així, en el Torneig Internacional Generalitat de Catalunya, la mitjana de la FC del conjunt de tots els assalts fou de ( $\bar{X}=170 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=5$ ;  $n=13$ ), mentre que en el Campionat de Catalunya d'esgrima del 1993 la mitjana global fou de ( $\bar{X}=159 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=13$ ;  $n=30$ ). Aquestes mitjanes representen valors de FC elevats en el conjunt dels assalts que confirmen les conclusions d'autors com Montervino (1980) que exposaven l'existència, en les 3 armes, de registres de FC que es corresponien a nivells notables de sol·licitació física en competició.

La major FC en la prova internacional pot ser deguda al major nivell de dificultat que aquesta competició presentava en relació a la segona. Aquesta reflexió pot ser sostinguda per afirmacions com les que De Rose i Teixeira (1975) realitzaven en el seu estudi telemètric de la FC en els Campionats del Món d'esgrima de Grenoble l'any 1974, en que consideraven que la FC mitjana dels assalts estava en relació directa al nivell d'entrenament dels subjectes estudiats, així com a la intensitat dels assalts. Comparar els resultats obtinguts en dues competicions i mostres diferents, amb desiguals nivells de dificultat i índex de participació, representa un cert risc, però els valors obtinguts en les mateixes ens conviden a reflexionar sobre les diferències trobades entre elles, així com en l'evolució interna de les eliminatòries.

Si s'observen les mitjanes existents en les distintes fases dels Campionats de Catalunya i es comparen a les de la prova internacional, es comprova que la tendència a registrar-se valors superiors de FC, en aquesta última, es manté, en la globalitat de la prova, així com en la valoració eliminatòria a eliminatòria. Així, es pot apreciar com existeix un increment dels valors mitjans de FC a mesura que la competició avança. L'anàlisi descriptiva ens mostra l'evolució de les mitjanes de FC en les dues competicions, i s'observa la tendència a l'increment d'aquests valors durant el desenvolupament de la prova, com ja va ser observat en anteriors estudis (Iglesias i Rodríguez 1990,1991).

L'anàlisi estadística va demostrar la tendència observada en l'increment dels valors de FC en el decurs de les competicions, però no amb una gran consistència. Així, es van detectar en la prova internacional diferències significatives entre els valors mitjans de FC de la 1V i els de l'ED ( $p < 0,01$ ) i els de la F8 ( $p < 0,05$ ), mentre que en els Campionats de Catalunya la significació estadística tan sols existia en la comparació dels valors de la 1V amb els de la F8 ( $p < 0,001$ ). En la comparació dels registres de l'ED amb els de la F8, ambdues competicions tampoc coincideixen plenament, doncs mentre en els Campionats de Catalunya els valors de l'ED i la final difereixen significativament ( $p < 0,05$ ) entre 1 i 13  $\text{bat}\cdot\text{min}^{-1}$  (CI:95%), en la prova internacional les diferències no són significatives. La manca de significació en aquest darrer cas pot ser explicada pel reduït nombre de subjectes ( $n=5$ ) que van classificar-se per a la final de la competició, contràriament als Campionats de Catalunya ( $n=19$ ).

L'explicació a l'increment significatiu detectat en els valors mitjans de la FC dels esgrimidors en el transcurs de les successives eliminatòries de les competicions, pot venir de l'augment paral·lel de la dificultat dels rivals a mesura que els tiradors superen les diferents fases. En la poule

(1V) existeix una major heterogeneïtat en el nivell dels esgrimidors que competeixen, fet que pot condicionar l'existència d'assalts relativament senzills quan es presenten dos rivals amb grans diferències en el seu nivell esgrimístic. El fet d'eliminar a prop del 30 % dels tiradors inscrits en la prova en la primera fase determina la supressió de gran part d'esgrimidors de nivell inferior que són, molt probablement, els que possibiliten una menor sol·licitació funcional. Així, la primera volta compleix dues funcions: la primera la de classificar al voltant d'un 70% dels esgrimidors, després d'haver-los fet competir en poules, més o menys homogènies, de 5 a 7 tiradors de diferent qualificació; la segona, aconseguir una repartició equitativa en funció dels resultats dels classificats, que aparella en el quadre d'ED als esgrimidors en ordre invers a la seva categoria. Els esgrimidors que superen els diferents assalts d'ED es classifiquen per a la final, on amb el sistema de quadre d'eliminació fa que, de forma teòrica, la dificultat dels assalts s'incrementi fins a la final, on els dos millors s'hauran d'enfrontar per determinar el campió de la prova. Aquest fet provoca que la competició, normalment, incrementa progressivament el seu nivell de dificultat en relació als rivals teòrics que cada esgrimidor es pot trobar. Aquest augment gradual de la dificultat tecnicotàctica que representa l'enfrontament amb un rival esgrimísticament superior, sembla traduir-se en una resposta funcional que també incrementa els seus valors, essent la FC l'indicador que així ens ho demostra.

La dificultat que té qualsevol esgrimidor per assolir el tocat determina, conjuntament amb la dinàmica competitiva individual –com pot ser la major o menor intervenció de grups musculars segons el tipus d'accions realitzades– la intensitat a la qual cada tirador realitza els assalts. Els esgrimidors intenten assolir la màxima efectivitat en les accions, reduint així el risc de ser tocats. La presència, com a contrincant, d'un esgrimidor de nivell molt inferior pot afavorir la realització d'un assalt a baixa intensitat, i de curta durada, al presentar-se grans facilitats en

l'obtenció del tocat. Si la diferència de nivell és molt gran probablement a cada acció del tirador es produirà un tocat, completant-se l'assalt més ràpidament o amb menor dificultat. A mesura que el contrari presenta un nivell similar, o superior, la combinació d'accions que l'esgrimidor realitza per assolir el tocat s'incrementen, optant el tirador a introduir fases de preparació, accions falses, de segona intenció, etc. A major nivell esgrimístic pot existir una major incertesa en les accions i reaccions del contrari, augmentant-se la dificultat per aconseguir la victòria. Però aquests factors no necessàriament incrementen de forma paral·lela els requeriments físics i/o fisiològics ja que els tiradors poden reaccionar de diverses formes: incrementant la freqüència d'accions, preparacions i enganys; restant gairebé estàtics i cedint la iniciativa al contrari; pressionant contínuament al rival, etc.

La variabilitat és el denominador comú en els registres de FC en competicions d'esgrima, però podem afirmar que existeix la tendència a incrementar-se a mesura que la competició avança. Molts factors incidiran en la magnitud de l'increment de les mitjanes, així com dels valors extrems: importància de la competició, eliminatòria, nivell del rival, dinàmica competitiva, interrupcions o d'altres.

A mesura que avança la competició i els rivals presenten un nivell esgrimístic superior, el tirador veu incrementada la fatiga, doncs l'esforç es va acumulant en l'organisme dels esgrimidors. Un altre factor que s'afegeix a la dificultat en la consecució dels tocats davant de rivals de nivell superior, és el contrast existent entre el major risc en caure eliminat i la proximitat de l'èxit en la competició. Aquests factors son variables que afecten sens dubte a la resposta de la FC al llarg de la competició. Diferents autors, com Hoch i col. (1988) i Markowska i col. (1988) van centrar els seus estudis en l'anàlisi de la influència en la FC de la participació en competicions dels esgrimidors. De les conclusions dels seus treballs es destaca la coincidència en l'afirmació que la competició

d'esgrima provoca una activació del sistema simpaticoadrenèrgic que evidencia un augment de la secreció de catecolamines i molt particularment de l'adrenalina. Hoch i col. van determinar que els nivells d'epinefrina en els assalts d'entrenament incrementaven en un 27% els seus valors basals, mentre que en competició ho feien en un 76%. Fora d'interès en posteriors estudis observar si els increments de catecolamines en competició es modifiquen de forma diferencial en funció de les eliminatòries disputades, tal i com s'ha comprovat en el present estudi, en relació als valors mitjans de la FC en competicions d'esgrima.

En l'anàlisi comparativa de les mitjanes de FC en les diferents eliminatòries vam considerar que un dels factors que podia incidir directament en la diferenciació dels resultats era el fet que els subjectes, a mesura que es succeïen les fases de les competicions eren eliminats, amb la qual cosa la comparació de les mitjanes dels valors en cada fase no es realitzava sobre els mateixos casos, així en la primera volta la mostra fou la totalitat dels subjectes d'estudi ( $n=13$ ;  $n=30$ ), en l'eliminació directa alguns d'ells ja foren eliminats ( $n=11$ ;  $n=23$ ), mentre que en la final el nombre de tiradors tampoc era coincident ( $n=5$ ;  $n=25$ ). Malgrat l'anàlisi estadística de comparació de les mitjanes amb les proves de t de Student i Wilcoxon, si tenen present l'estudi tan sols dels casos coincidents, en l'anàlisi descriptiva de l'evolució de les mitjanes de FC, eliminatòria a eliminatòria, aquest fet introduïa una variable estranya en la comparació realitzada. Per precisar amb major fidelitat la comparació de les mitjanes vam incloure a l'anàlisi de l'evolució de la FC en les diferents eliminatòries un estudi de l'evolució de les mitjanes de FC tan sols en els subjectes presents en totes i cadascuna de les rondes eliminatòries, eliminant aquesta variable estranya. En la prova internacional, dels 13 subjectes de la mostra estudiada tan sols 5 van participar en les tres fases de la competició (1V, ED, F8). Per a aquests tiradors, la FC mitjana en la 1V fou de  $164 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=6$ ), en l'ED  $173 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=11$ ) i en la F8  $173 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=6$ ). En la prova internacional, les mitjanes dels cinc



subjectes, en l'ED i la F8, són coincidents, fet que considerem explicable per la reduïda grandària de la mostra i el coneixement que la dificultat per superar l'ED en determinades competicions és equiparable, en grau de dificultat, a algun dels assalts de final, observant-se la coincidència amb l'anàlisi de comparació de les mitjanes en que tan sols els resultats de la 1V es diferenciaven de l'ED i la F8.

En els Campionats de Catalunya del 1993 els subjectes que van participar en les 3 fases foren 19, i les seves mitjanes en les diferents fases de 154 bat·min<sup>-1</sup> (de=10) a la poule, 157 bat·min<sup>-1</sup> (de=15) en l'ED, i en la F8 166 bat·min<sup>-1</sup> (de=13), coincidint també els valors mitjans amb l'anàlisi comparativa de les mitjanes globals de les fases.

La comparació dels resultats per sexes va corroborar l'existència de diferències en l'anàlisi de la FC en l'esgrima. Així, la prova internacional va comportar valors molt significativament superiors ( $p < 0,001$ ) en la mostra femenina ( $\bar{X} = 174$  bat·min<sup>-1</sup>; de=3) en relació a la masculina ( $\bar{X} = 166$  bat·min<sup>-1</sup>; de=3), mentre que en el Campionat de Catalunya les diferències entre homes ( $\bar{X} = 159$  bat·min<sup>-1</sup>; de=9) i dones ( $\bar{X} = 158$  bat·min<sup>-1</sup>; de=10) foren pràcticament inexistentes (n.s.). La similitud entre les mostres, masculina i femenina, en les dues competicions coincideixen amb les anteriors observacions, apreciand-se un increment dels valors mitjans de FC a mesura que es superen les fases eliminatòries.

Rittel i Waterloh (1975) en un estudi telemètric en entrenaments d'esgrima van observar la tendència de la mostra femenina a presentar valors superiors de FC en relació als esgrimidors, fet en el que tan sols hem coincidit en la valoració de la prova internacional, determinant-se en la competició autonòmica, com ja hem esmentat, valors més similars en tots els subjectes. Montervino (1980) també va destacar que els valors de FC en els homes presentaven una tendència a ser inferiors als presentats en la mostra femenina.

L'elecció dels Campionats de Catalunya del 1993 com a prova d'estudi de la FC en competició ens va permetre realitzar per primer cop – doncs no hem trobat cap referència que ho contempli– l'anàlisi de la FC de les 5 armes oficials de l'esgrima. En termes generals les dades no presenten grans diferències trobant com a mitjana inferior la del sabre masculí (n=5) amb  $154 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  (de=12) i com a extrem superior el floret masculí (n=5) amb una mitjana de  $167 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  (de=9). En el seu conjunt el floret masculí és l'arma on les diferències entre les mitjanes amb la resta de modalitats són superiors significativament, observant-se com, mentre la resta de valors mitjans semblen agrupats (Figura 4-9, p.146), el floret masculí destaca pels valors de FC superiors, tant en la seva globalitat, com eliminatòria a eliminatòria.

En l'exposició dels resultats estem centrant l'anàlisi dels valors registrats exclusivament en la disputa dels assalts, és a dir en el 17 a 18% del temps total que l'esgrimidor estava en competició. La resta de la durada de les proves corresponia a fases d'escalfament, descans entre assalts i períodes de recuperació a la fi de la prova. Com era d'esperar els valors mitjans de FC de la globalitat de la competició foren molt inferiors als corresponents als assalts. En la competició internacional els registres de FC en tota la prova foren de  $127 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  (de=13) mentre que en les fases d'assalt els valors s'incrementaven fins als  $170 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  (de=5) .

Els valors extrems registrats en els subjectes en el transcurs de les competicions són força allunyats ( $90\text{-}204 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Aquesta amplitud determina una gran variabilitat de la FC en l'esgrima que resta patent en el nostre treball i el seu contrast amb estudis anteriors.

El comportament de la FC pot ser utilitzat com a indicador de la

intensitat individual d'entrenament, analitzant subjecte a subjecte els diferents paràmetres sobre els que basar el seguiment individual FC<sub>max</sub>, FC<sup>basal</sup>, FC en llindars ventilatoris, FC en competició i FC en diferents situacions d'entrenament. La generalització dels valors de FC no ens dona una informació que pugui ser aplicada de forma fiable doncs, com s'ha vist, són moltes les variables que influeixen subjecte a subjecte en cada cas: major o menor bradicardia del tirador, nivell del rival i dificultat que oposa, eliminatòria en que ens trobem, necessitat o no d'un determinat resultat, acumulació de fatiga, factors externs com influència de l'àrbitre, lesions i d'altres. Aquesta dificultat en la generalització de les dades ens va dur a analitzar individualment la intensitat de treball desenvolupada en una de les competicions utilitzant la FC com a indicador d'intensitat. Es van determinar en la prova d'esforç els valors individuals de FC en els llindars aeròbic i anaeròbic i un cop obtinguts es va procedir a definir tres intervals d'intensitat de treball: FC superior al llindar anaeròbic, FC inferior al llindar aeròbic i FC entre els dos llindars ventilatoris. Amb aquesta estratificació de la intensitat aconseguíem que la valoració de la sol·licitació dels subjectes fora individual, donant major sentit a la globalitat de les dades. Els valors analitzats corresponen als assalts tirats, és a dir un 17% del temps total en competició, o el que és el mateix, la totalitat del temps real en assalts. La durada global de la disputa dels assalts fou compartimentada en tres intervals, definint el percentatge de temps que cada subjecte treballava en un o altre nivell d'intensitat. En els tretze esgrimidors de l'estudi es va determinar una elevada intensitat de treball en els assalts doncs en l'anàlisi global el 40,7 % (de=33,5) del temps total es va treballar a una intensitat en la que la FC era superior a la FC en el llindar anaeròbic; el 39,2 % (de=26,4) la intensitat es situà entre els dos llindars, mentre que el 20,1 % (de=17,6) fou inferior a la FC registrada individualment en el llindar aeròbic. A l'estudiar aquestes dades coincidim en l'afirmació que l'anàlisi de la FC, com a indicador de la intensitat de treball, sempre s'ha de fer de forma individual doncs, per exemple, en el llindar anaeròbic dels espasistes, la mitjana de FC fou de

175 bat·min<sup>-1</sup> (de=13) amb extrems de 165 bat·min<sup>-1</sup> i 200 bat·min<sup>-1</sup> el que corrobora la gran variabilitat en la resposta cardíaca dels subjectes davant diferents situacions.

Mathews i Fox (1976), en la línia desenvolupada en l'anterior paràgraf, van determinar diferents intervals de treball en l'esgrima, en base a valors absoluts de FC, és a dir bat·min<sup>-1</sup>, fet que com hem discutit extensament presenta dades d'interès, però d'una aplicació individual i descripció general poc consistent per a l'anàlisi de la intensitat de treball. La caracterització dels nivells d'intensitat relatius, subjecte a subjecte, segons els diferents paràmetres de FC intraindividuals determinats en una prova d'esforç proporcionen un interessant element d'estudi, si més no generalitzable, sobre el que valorar la sol·licitació funcional dels esgrimadors en competició.

En línies generals podríem dir que existeix una doble variabilitat: una d'intersubjectes i l'altra intrasubjectes. En la primera contrastem diferents valors de FC per a un esforç similar en diferents tiradors en funció de la seva preparació funcional envers l'esforç i que ve condicionada per factors com els seus nivells de FC basal i FC màxima, l'estat d'entrenament, l'adaptació a l'esforç específic que es mesura, la producció de catecolamines en entrenaments i competició i d'altres variables que afecten a obtenir una major o menor resposta cardíaca davant d'una determinada activitat. La variabilitat intraindividual afectaria a la resposta d'un mateix individu davant situacions diverses d'entrenament i competició, o fins i tot en una mateixa activitat, amb factors condicionants, com en el cas de l'anàlisi dels assalts, en que hem deduït un increment de la FC en funció de l'eliminària i que pot venir provocada pels diferents factors ja esmentats.

Un dels dubtes que ens vam plantejar en el disseny de l'estudi fou l'anàlisi de la possible diferenciació entre les mitjanes de FC dels assalts

guanyats en relació als perduts. Contràriament a les conclusions plantejades per Sardella i De Ambroggi (1987), en que registraren valors de FC superiors en les victòries, els resultats del nostre estudi no van demostrar l'existència de diferències significatives. Aquest fet confirmaria la hipòtesi que els esgrimidors s'esforcen, dins la variabilitat inter i intraindividual exposada, intentant guanyar els assalts, no sent el resultat final una variable que modifiqui la FC. Sens dubte les alternances del marcador i la situació de més o menys perillositat davant d'una eliminació o la proximitat davant d'un èxit, provoquen una resposta neurohormonal que es tradueix amb l'increment de les catecolamines circulants però l'anàlisi d'aquestes situacions, molt més complex en la seva execució s'escapa, de l'objecte d'aquest estudi.

Per a la valoració dels entrenaments d'esgrima es van escollir dos dels principals elements del treball setmanal dels tiradors: la poule i la classe individual. En la poule es van registrar uns valors mitjans, per als 26 subjectes estudiats, de  $140 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=18$ ), resultats similars als presentats per Velázquez i col. (1978, 1979) en esgrimidors cubans en assalts d'entrenament ( $\bar{X}=142 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=2$ ). Aquests mateixos autors, en el seu anàlisi descriptiu dels valors de FC per a les classes individuals, recullen uns valors mitjans de  $159 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=7$ ;  $n=29$ ), diferenciant les mateixes en tres tipus: classes de control ( $\bar{X}=154 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=9$ ), classes d'estudi ( $\bar{X}=159 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=5$ ) i classes d'entrenament ( $\bar{X}=163 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Els resultats de la FC registrats per Velázquez i col. són superiors als del present estudi que foren de  $137 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=15$ ;  $n=17$ ). Les diferències existents entre aquests valors mitjans possiblement obeeixen a diferències en el tipus d'entrenament i en la pròpia variabilitat de la FC en els subjectes. La classe individual, com hem esmentat, és un dels principals mitjans d'entrenament, però existeixen diferents tipus de classes individuals que determinen sol·licitacions funcionals segons la intensitat demanada per l'entrenador a l'alumne. En les classes individuals que vam registrar amb la voluntat de no alterar el més mínim la

programació dels diferents esgrimidors i mestres que es van prestar a col·laborar, vam detectar classes individuals molt diverses en quant a la seva durada, l'objectiu de l'entrenament i la intensitat de treball. Així per exemple, entre les 17 sessions estudiades hi havia classes individuals del període preparatori (novembre) dels tiradors absoluts, en que el mestre realitzava una sessió de llarga durada ( $\cong 73$  min), on existien moltes explicacions de tipus tecnicotàctic i per tant poca intensitat de treball, amb constants pauses i on el treball es centrava en la comprensió de les accions; també vam observar sessions més curtes ( $\cong 30$  min) on el mestre realitzava una tasca de tecnificació en la que l'automatització del gest amb accions repetitives, amb o sense variants, era el principal objectiu, i on la intensitat ja era superior, a l'haver-hi menys aturades explicatives; finalment es va analitzar alguna classe individual prèvia a una competició on les correccions eren mínimes, les explicacions gairebé inexistentes i, malgrat la durada era inferior ( $\cong 20$  min), la intensitat de treball era més elevada. Aquesta variabilitat en les classes individuals també ens apropa a la necessitat de valorar individualment als subjectes i a determinar el nivell d'intensitat de les sessions en funció del mitjà d'entrenament i l'objectiu pretès.

Així doncs, és el tècnic qui, amb el coneixement de la resposta individual que cada esportista presenta davant les situacions d'entrenament, ha d'administrar el grau d'intensitat en funció dels objectius en cada moment de la temporada. La necessitat que el mestre reconegui la incidència dels diferents entrenaments en els alumnes ens obliga a buscar indicadors pel control de la càrrega. Variables com la FC, de control relativament senzill, poden ajudar a l'entrenador a valorar la sol·licitació dels esgrimidors en competició i durant els entrenaments.

En la valoració de les classes individuals vam considerar d'interès

introduir una sessió realitzada per una tiradora discapacitada física en cadira de rodes. La mostra no va ser més gran donada la reduïda població practicant de l'esgrima en cadira. De fet es tracta d'una modalitat esportiva molt nova a Catalunya, que va ser iniciada gràcies a l'organització dels Jocs Paralímpics del 1992, i que a hores d'ara es troba en una fase inicial d'expansió.

En els registres de la classe individual en cadira de rodes la mitjana fou força inferior ( $\bar{X}=113 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=7$ ) a la de la resta de subjectes, fet explicat per la inexistència de desplaçaments de la tiradora i per tant per l'important disminució de musculatura implicada en l'esforç. Si bé és cert que en les classes individuals d'esgrima en cadira els subjectes discapacitats realitzen una implicació del tronc i braç no armat molt superior als tiradors dempeus, el treball que es realitza amb els desplaçaments constants de tot el cos condiciona valors molt superiors en els registres de FC en l'esgrima convencional.

Finalment es va considerar d'interès l'observació de la FC del mestre en les classes individuals. En l'anàlisi de les 8 classes individuals, en dos mestres, podríem assumir una part de la discussió feta sobre les classes individuals als alumnes, és a dir, que el mateix tècnic regula la major o menor intensitat de treball (més o menys pauses, dinamisme, explicacions, etc.) segons l'orientació que desitgi donar a la sessió de treball, reflectint en els propis valors de FC els increments d'intensitat en les sessions. Els valors mitjans assolits pels mestres ( $\bar{X}=103 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=11$ ) mostren un nivell d'intensitat de treball baix, doncs és evident que el mestre realitza determinades accions per tal que qui s'exerciti sigui l'alumne, però també és cert que en l'observació de les classes individuals dels mestres d'esgrima es comprova que el tècnic participa molt activament de la sessió, havent, en ocasions, d'imitar accions o reaccions que un hipotètic rival realitzaria davant de l'alumne. Aquest fet determina l'existència de punts elevats en les classes d'esgrima on hi ha intensitat

de treball per l'alumne i on s'han trobat valors màxims de FC pel mestre de fins a  $185 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$  .

En la pàgina 156 (Figura 4-15) es mostra l'evolució de la FC d'una classe individual de mestre i alumna on s'observa un cert paral·lelisme en els increments d'intensitat de l'alumna coincidents amb increments, a menor escala, del mestre.

Per finalitzar la discussió sobre la caracterització de la FC en entrenaments i competició, reiterem l'interès que la valoració de la FC pot presentar com a indicador del control de l'entrenament. Els components de la càrrega, volum i intensitat, en esports com l'atletisme, natació o l'halterofília, són fàcilment observables amb paràmetres físics com les unitats de temps, pes o distància, essent el seu control quantificable en unitats de mesura corresponents als paràmetres físics utilitzats. En esports de combat o de situació, com l'esgrima, amb caràcter intermitent i on les distàncies i el temps són del tot variables, i on el rival condiciona la pràctica a una determinada intensitat, la utilització de paràmetres fisiològics en el control de l'entrenament, com ho és la FC pot ser d'un gran ajut als entrenadors a l'hora de quantificar la magnitud de la càrrega de l'entrenament o competició a nivell funcional.

En la programació dels continguts de la preparació física dels esgrimidors, dins de la planificació general dels diferents cicles o períodes d'entrenament, seria aconsellable que el mestre o el tècnic responsable, pogués determinar els nivells d'intensitat en que l'esgrimidor es mou en la realització d'un o altre tipus d'entrenament, a l'igual que la sol·licitació que presenta davant de la competició. Amb aquestes dades l'entrenador podria determinar el tipus de treball a realitzar, programar els treballs generals de resistència en base a la resposta específica mitjançant un control individual amb l'ajut de la FC com a indicador funcional, i també es podria quantificar la intensitat de treball del gran volum d'entrenament (60



al 85 %) que representa el treball específic d'esgrima (classes, assalts, treballs en parelles, plastró, desplaçaments, etc.) on generalment es realitza la programació en base a factors tecnicotàctics, de gran importància, però on el control de la intensitat funcional desapareix, o si més no, es veu relegat a apreciacions subjectives de fatiga.

Velázquez (1978, 1979) va realitzar un primer intent de sistematització de diferents elements de l'entrenament dels equips nacionals d'esgrima de Cuba determinant valors, com els expressats anteriorment, i d'altres com els derivats de la realització d'escalfament ( $\bar{X}=125 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=17$ ), exercicis al plastró ( $\bar{X}=122 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=6$ ), desplaçaments específics d'esgrima ( $\bar{X}=159 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=10$ ) i treball en parelles de perfeccionament d'accions tècniques més o menys complexes ( $\bar{X}=148 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=12$ ). En les conclusions del seu estudi l'Autor argumentava l'existència de desviacions típiques força elevades, el que confirmava la gran variabilitat existent en les demandes cardiocirculatories de l'esport de l'esgrima.

L'existència d'estudis que es centren en l'anàlisi de la càrrega gràcies a les modificacions de la FC en els entrenaments i la competició (Velázquez 1978, 1979) està contribuint a la millora del control de l'entrenament i és en aquesta línia en la que considerem els entrenadors han de procurar obtenir més informació sobre la incidència que els diferents treballs específics tenen en l'organisme dels seus esgrimadors. La confrontació dels valors de FC en diferents esportistes no pot resultar correcta doncs és conegut que els valors de repòs de la seva FC no són coincidents (Hopkins 1991). Per minvar aquest error i amb la intenció d'utilitzar els valors de FC com a instrument de treball en l'entrenament s'han dissenyat diferents mètodes d'avaluació. Una de les propostes per a la millora de la valoració de la FC intersubjectes és la basada en el càlcul de percentatges de la freqüència cardíaca de reserva (FCR), equivalent a la diferència entre els valors individuals de FC màxima i la FC de repòs

( $FCR=FC_{max} - FC_{repòs}$ ) (Karvonen i Vuorimaa 1988). La individualització dels controls, de la interpretació i anàlisi de les dades, així com de l'aplicació de les diferents càrregues d'entrenament pot ser una eina de gran utilitat que el mestre pot fer servir per aconseguir un millor afinament de la selecció i programació dels elements a introduir en la construcció de l'entrenament dels esgrimidors.

#### **4.7.2. Lactatèmia**

La intervenció del mecanisme anaeròbic lactàcid en la sol·licitació funcional dels esgrimidors en competició era un dels aspectes en els quals la literatura consultada presentava un menor aprofundiment. En diferents articles s'hipotetitza sobre la feble intervenció del lactat en l'esgrima i en poques referències vam trobar treballs de camp que facilitessin una descripció objectivable del comportament de la lactatèmia en l'esgrimidor. Sardella i De Ambroggi (1987) destaquen la poca influència del metabolisme lactàcid en l'execució del gest esgrimístic. Lavoie i col. (1988) van simular condicions similars a les de competició, però tan sols en l'estudi de Hoch i col. (1988) l'anàlisi de la producció de lactat sanguini es realitza en una prova oficial, encara que en una única determinació a la fi de la mateixa. En l'estudi que presentem sobre lactatèmia s'ha realitzat un exhaustiu seguiment en els diferents subjectes (n=13) al llarg d'una competició de caràcter internacional. La mesura de la concentració sanguínia de lactat no es va limitar a una mostra per subjecte, sinó que en cadascuna de les 9 eliminatòries existents, es va analitzar als tiradors que seguien en competició.

En el disseny de l'estudi vam decidir incorporar, en cada fase, dues determinacions del lactat hemàtic, als minuts 1 i 3 de la fi de l'assalt, amb

l'objectiu d'aconseguir els registres més propers a la lactatèmia màxima en cada subjecte. Els resultats no ens van permetre generalitzar en un sol criteri la selecció de la mostra del minut o la dels tres minuts, al ser en 48 casos major la primera, i en 21 la segona. L'anàlisi estadística va demostrar que les concentracions de lactat sanguini en el primer minut presentaven diferències altament significatives en relació a les del tercer minut ( $p < 0,001$ ), encara que a nivells gairebé insignificants d'entre 0,16 i 0,57  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  (CI: 95%).

Recollint els valors màxims en cada fase, ja fossin en el primer o tercer minut, es va procedir a l'estudi de les 69 lactatèmies practicades durant el transcurs de les proves d'espasa masculina i floret femení. En una primera valoració global vam comprovar com els valors mitjans assolits pel esgrimidor ( $\bar{X}=3,7 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ;  $de=1,1$ ) no eren gaire elevats i es movien dins les referències de la literatura específica. Els valors extrems de 1,8 i 6,4  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , emmarquen el rang mitjà de desenvolupament dels nivells de lactat sanguini de 4,7  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , el que confirma la feble activació de la glicolisi en l'esgrima, o si més no, la reduïda massa muscular activa en situació d'anaerobiosi làctica.

Tal i com hem exposat, els valors registrats de lactatèmia coincideixen amb els obtinguts per altres autors. Així, Lavoie i col. (1988) i Hoch i col. (1988) van concloure que la concentració de lactat sanguini en competicions d'esgrima, reals o simulades, era inferior a 4  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Concretament Lavoie i col. en un estudi amb 8 espasistes canadencs en una competició simulada va obtenir uns valors mitjans de lactat hemàtic de 2,1  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $de=0,9$ ), sense trobar cap lactatèmia que superés els 4  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Per la seva part Hoch i col. van estudiar 10 tiradors d'alt rendiment, durant l'entrenament i en els campionats nacionals, arribant a la conclusió que els nivells de lactat no superaven els del llindar aeròbic-anaeròbic, essent en competició inferiors a 4  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  i en entrenament als 2  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ , confirmant, però, els nivells superiors de lactat sanguini en

competició en relació a l'entrenament. Kindermann i Keul (1977) i posteriorment Hoch i col. (1988) exposen, com a factor en l'increment de la producció de lactat en els assalts de competició, l'existència d'una estimulació addicional de la glucogenolisi muscular i hepàtica, lligades a l'increment de la secreció d'epinefrina per l'estímul emocional.

L'evolució de la lactatèmia durant la prova internacional en les tres grans fases de la competició (1V, ED, F8) no va presentar l'increment ascendent que mostraven els registres de FC. La lactatèmia dels tiradors en la primera volta (n=13) fou de 4,0 mmol·L<sup>-1</sup>, (de=1,1) en l'ED (n=13 subjectes i 48 lactatèmies) fou de 3,7 mmol·L<sup>-1</sup> (de=1,1), mentre que en la final 8 (n=5 subjectes i 8 lactatèmies) els nivells mitjans van tornar a apropar-se als de la primera fase amb els 3,7 mmol·L<sup>-1</sup> (de=1,1). Es va precisar més l'estudi al considerar els resultats de tots els encontres de l'ED i la F8, dividint els del quadre de 32 en 5 eliminatòries (ED32a, ED32b, ED16a, ED16b, ED16c), tantes com encontres a disputar eren possibles abans d'accedir a la final de 8 tiradors, i els de la final en quarts de final i semifinal. Cap esgrimidor de la mostra es va classificar entre els dos primers de la competició, i per tant, la final de dos no fou estudiada.

Tal com es va realitzar en la discussió de la FC, es procedí a comparar els valors, eliminatòria a eliminatòria, dels únics 5 subjectes presents en algun dels assalts de les tres fases. Els resultats tampoc van presentar un increment diferencial en l'evolució de les eliminatòries a mesura que es desenvolupava la competició, ni modalitat a modalitat.

També es realitzà la comparació dels resultats per sexes, observant-se que la mostra femenina presentava valors mitjans significativament superiors ( $\bar{X}=4,2$  mmol·L<sup>-1</sup>; de=1) als homes ( $\bar{X}=3,4$  mmol·L<sup>-1</sup>; de=1; p<0,05). Els valors màxims assolits durant la prova coincidien, essent superiors en les floretistes (6,4 mmol·L<sup>-1</sup>) en relació als

espasistes ( $5,8 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

Com s'ha exposat en la metodologia de l'estudi es va realitzar una anàlisi prèvia de la lactatèmia en els assalts ( $n=7$ ) d'una competició simulada on van participar 20 espasistes d'alt nivell. Els resultats presentats ( $\bar{X}=3,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ;  $de=1,7$ ) no s'allunyen gaire dels assolits en la competició real, com tampoc de les referències citades en la literatura específica.

Coincidint amb les conclusions de diferents autors (Lavoie 1988; Velázquez 1979; Hoch 1988), confirmem la feble intervenció del metabolisme anaeròbic lactàcid en l'esgrima, que obeeix possiblement a la utilització de les reserves energètiques alàctiques per als esforços de gran intensitat i curta durada, que es repeteixen en els assalts i que, amb les constants pauses interassalts i intraassalts, faciliten la recuperació contínua de les mateixes, disminuint l'activació de la glucolisi làctica. L'esgrima es caracteritza pels desplaçaments específics —marxa, fons, fletxa— que els tiradors empren, coordinant-los amb les tècniques amb l'arma, per tal de concretar accions, que aconseguixin tocar l'adversari. El factor velocitat és cabdal en l'èxit final de cada acció i per tant, l'explosivitat de les accions dels membres inferiors i la velocitat gestual del braç armat. Durant els assalts, com hem vist anteriorment, la variabilitat en la intensitat és la característica principal, les pauses entre assalts fan que tan sols un 18% del temps total sigui real en competició, i dins d'aquest, com s'ha vist en la revisió bibliogràfica, segons la modalitat, les fases efectives d'assalt poden ser entre el 25 i el 75% del total. Tot això, condiona la facilitat que els esgrimadors presenten a l'hora de recuperar l'esforç entre assalts o accions, en termes generals, podent prescindir de sol·licitar el mecanisme lactàcid abastament.

Per tal de comparar els nivells de lactatèmia assolits en l'esgrima en relació a d'altres esports, hem comprovat com moltes de les

referències existents sobre esports d'equip coincideixen amb els paràmetres descrits per a l'esgrima. Així, en bàsquet s'observen valors en la literatura que assignen a aquest esport uns nivells mitjans de lactat sanguini en competició entre els 3,3 i els 4,5 mmol·L<sup>-1</sup> (Zaragoza 1996). Com a valors màxims d'altres estudis xifren el bàsquet amb un interval entre els 6 i 7 mmol·L<sup>-1</sup>, el futbol entre els 8 i 10 mmol·L<sup>-1</sup> i el voleibol en els 4 mmol·L<sup>-1</sup> (Tranquili i col. 1992).

En la valoració del consum d'oxigen s'ha introduït l'anàlisi del consum d'oxigen net en els assalts ( $VO_2^{\text{ass}}_{\text{net}}$ ) en el que s'avaluà el comportament anaeròbic lactàcid de la despesa i, com es determina en la metodologia, fou afegida en el càlcul del consum d'oxigen total. Saltin (1987) considera important valorar la despesa lactàcida per evitar errors en el càlcul de la despesa energètica. La recerca dels valors nets de  $VO_2$  en els assalts es va realitzar tan sols en l'estudi de la prova internacional, ja que en els Campionats de Catalunya no fou possible aconseguir l'anàlisi de la lactatèmia en competició. Malgrat tot, els reduïts valors d'àcid làctic trobats en la sang capilar dels esgrimidors no representava un increment substancial dels valors estimats del consum d'oxigen, i per tant de la despesa energètica total.

### **4.7.3. Consum d'oxigen**

En el disseny inicial del treball vam plantejar-nos la inclusió d'un estudi indirecte en el que es pogués determinar la sol·licitació d'oxigen dels esgrimidors en la competició, considerant les dificultats que la valoració en situació real presenten els esports intermitents. Com s'exposa en la metodologia, la FC fou utilitzada com a instrument per a l'estimació del consum d'oxigen gràcies a l'obtenció d'equacions

individuals en les que es relacionava de forma directa la resposta cardíaca dels esgrimidors amb les seves demandes aeròbiques. La FC, a més a més, s'ha emprat per a l'estimació de les demandes energia dels tiradors al transformar el  $\dot{V}O_2$  estimat en paràmetres de despesa i potència energètiques.

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<sup>(\*)</sup>; Ekblom 1986; Washburn i Montoye 1986<sup>(\*)</sup>; Kalkwarf i col. 1989<sup>(\*)</sup>; Cucullo i col. 1987; Yzaguirre i col. 1989; Pinnington 1988, 1990; Livingston i col. 1990<sup>(\*)</sup>; Bangsbo 1994; Rodríguez, Iglesias i Tapiolas 1995; Rodríguez i Iglesias, 1995; Rodríguez, Iglesias i Artero, 1995; Rodríguez, Iglesias, Marina i Fadó, 1995; 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  $FC_{max}$  individual com a principals variables. Els resultats van demostrar una bona significació ( $p < 0,05$ ) en l'estimació però amb diferents nivells de correlació que milloraven en la utilització de valors reals de  $FC_{max}$ , sobre valors teòrics (per exemple,  $FC_{max} = 220 - \text{edat}$ ). L'estimació del consum màxim d'oxigen va donar valors propers però subestimats en comparació als valors reals utilitzats en la prova de control. Pinnington i col. (1988, 1990) van aplicar un model d'estimació del consum d'oxigen en waterpolo en base als registres de FC que els jugadors presentaven durant els partits. Aquest sistema d'estimació es

---

(\*) Dins Montoye i col. 1986.

basava en l'aplicació d'una relació lineal entre el  $\dot{V}O_2$  i la FC en una prova d'esforç prèvia en medi aquàtic, que possibilitava la determinació de diferents nivells d'intensitat en competició, especificant els valors de FC que corresponien als diferents percentatges del  $\dot{V}O_{2max}$ , vinculant-los als registres de competició, i establint la quantitat de temps que els jugadors de waterpolo treballaven, durant els partits, a una o altra intensitat.

Ja en la valoració dels esgrimidors, Lavoie, Léger i Marini (1988) van estimar el consum d'oxigen durant els assalts gràcies a un mètode de retroextrapolació que es basava en els gasos expirats a la fi dels assalts per determinar el  $\dot{V}O_2$  que els esgrimidors consumien en la competició simulada. Els valors de  $44 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=10$ ) observats corresponien aproximadament al 70 % del  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  dels espasistes de la mostra, doncs en la prova d'esforç van presentar uns valors de  $62,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=5$ ).

La possibilitat de mesurar de forma directa el consum d'oxigen amb un analitzador telemètric de gasos expirats ens va fer replantejar el disseny de l'estudi i vam decidir, malgrat l'esforç i el temps addicional, la incorporació d'aquesta anàlisi al conjunt de la recerca. La valoració directa és, avui en dia, inviable en l'esgrima durant la competició real. Per això, amb la intenció d'aconseguir major informació sobre les necessitats funcionals d'aquest esport, es va dur a terme un estudi de la validesa d'un mètode d'estimació del consum d'oxigen 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, 1996, 1997).

Centrant-nos ja en la interpretació del conjunt de dades, cal esmentar que el consum màxim d'oxigen presentat pels tiradors en les



proves d'esforç sobre cinta rodant coincideix amb els valors descrits en la literatura en diferents poblacions d'esgrimidors, observant-se un consum màxim superior en la mostra masculina ( $\bar{X}=55,5-70,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) en relació a la femenina ( $\bar{X}=6,3-49,2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Les característiques diferencials, determinades per la desigualtat en la composició corporal i les capacitats funcionals dels dos sexes, condiciona una menor utilització del  $\dot{V}O_2$  en les dones en relació als homes, i l'assoliment d'un  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  menor (Faina 1990; Platonov 1991). La següent taula (Taula 4-36) exposa les principals valoracions del consum d'oxigen realitzades en aquest treball i recollides en la literatura. Dels registres de la mostra masculina es destaquen els elevats valors de la mostra d'espasa (Taula 4-36), principalment dels pentatletes, que amb una mitjana de consum màxim d'oxigen de  $70,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , confirmen uns grans nivells de condició aeròbica. El constant treball de potència aeròbica màxima que requereixen les especialitats de cursa i natació en el pentatló modern expliquen aquests resultats que, sens dubte, incrementen relativament la mitjana de la mostra masculina si és valorada conjuntament.

Comparativament a d'altres activitats, el consum màxim d'oxigen registrat en els esgrimidors és similar als d'esports com el futbol ( $\bar{X}=53-70 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , Vogelaere i col. 1985;  $\bar{X}=54-70 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , Rodríguez, Iglesias i Tapiolas 1994), el bàsquet ( $\bar{X}=50-60 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ : Zaragoza 1996), el squash ( $\bar{X}=57,8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , Gillam i col. 1990), el rugbi ( $\bar{X}=62 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , Menchinelli i col. 1989) i l'hoquei sobre patins ( $\bar{X}=50-62 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , Rodríguez 1991).

**Taula 4-36: Recull de diferents mesuraments del consum màxim d'oxigen en laboratori i durant la pràctica de l'esgrima en assalts en competició real i simulada.**

Població	Nivell	Arma	Sexe	Subjectes (n)	$\dot{V}O_2$ (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	Autors	
<b>Consum màxim d'oxigen 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	Diaz 1984	
Itàlia	Heterogeni	E	M	33	47,1	Roi i Mogroni 1987	
Canadà	Equip nacional	E	M	8	62,7	Lavoie i col. 1988	
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	Dades 1991-1992	(1)
Espanya	Equip nacional	F	F	4	46,3	Dades 1991-1992	(1)
Espanya	Heterogeni	E	M	4	60,2	Dades 1991-1992	(1)
Espanya	Eq.olímpic pentatló	E	M	3	70,9	Dades 1991-1992	(1)
Espanya	Heterogeni	F	F	6	49,2	Dades 1991-1992	(1)
Catalunya	Heterogeni	E,F,S	M	8	55,5	Dades 1994-1995	(1)
Catalunya	Heterogeni	E	F	2	47,9	Dades 1994-1995	(1)
<b>Consum màxim d'oxigen estimat en assalts de competició (<math>\dot{V}O_{2max}</math>)</b>							
Espanya	Heterogeni	E	M	4	60,9	Dades 1991-1992	(1) (2)
Espanya	Eq.olímpic pentatló	E	M	3	75,0	Dades 1991-1992	(1) (2)
Espanya	Espasistes i pentatletes	E	M	7	67,0	Dades 1991-1992	(1) (2)
Espanya	Heterogeni	F	F	6	51,6	Dades 1991-1992	(1) (2)
Catalunya	Heterogeni	E,F,S	M	10	50,6	Dades 1994-1995	(1) (3)
Catalunya	Heterogeni	E	F	2	42,9	Dades 1994-1995	(1) (3)
<b>Mitjana del consum d'oxigen estimat en assalts 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	Dades 1991-1992	(1) (2)
Espanya	Eq.olímpic pentatló	E	M	3	59,2	Dades 1991-1992	(1) (2)
Espanya	Espasistes i pentatletes	E	M	7	53,9	Dades 1991-1992	(1) (2)
Espanya	Heterogeni	F	F	6	39,6	Dades 1991-1992	(1) (2)
Catalunya	Heterogeni	E,F,S	M	10	37,3	Dades 1994-1995	(1) (3)
Catalunya	Heterogeni	E	F	2	29,7	Dades 1994-1995	(1) (3)
<b>Mitjana del <math>\dot{V}O_2</math> 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 en assalts d'entrenament (<math>\dot{V}O_{2max}</math>)</b>							
Catalunya	Heterogeni	E,F,S	M	8	40,2	Dades 1994-1995	(1) (4)
Catalunya	Heterogeni	E,F	F	2	36,5	Dades 1994-1995	(1) (4)
<b>Mitjana del consum d'oxigen en assalts d'entrenament (<math>\dot{V}O_2</math>)</b>							
Catalunya	Heterogeni	E,F,S	M	8	29,4	Dades 1994-1995	(1) (4)
Catalunya	Heterogeni	E,F	F	2	27,6	Dades 1994-1995	(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 assalts d'entrenament a les 5 armes.

Descrits els nivells de consum màxim d'oxigen en laboratori vam centrar l'interès de la recerca en la valoració del  $\dot{V}O_2$  en l'entrenament i la competició. El primer objectiu fou l'aconseguir la relació individual dels valors de FC i  $\dot{V}O_2$  per tal d'aparellar-los i calcular l'equació de regressió lineal per a l'aplicació del mètode de valoració indirecta. En els 13 subjectes en que es va realitzar la primera prova d'esforç es van assolir elevats nivells de correlació entre les variables FC i  $\dot{V}O_2$  que anaven d'un màxim de  $r=0,998$  a un mínim de  $r=0,964$ , amb nivells de significació estadística de  $p<0,05$  a  $p<0,001$ . En el conjunt de les rectes de regressió es pot comprovar com tots els valors masculins ( $n=7$ ) estan per sobre dels femenins ( $n=6$ ), significat que a similars registres de FC els espasistes presentaran valors superiors de consum d'oxigen que les floretistes (Figura 4-18). En la segona prova d'esforç, on el consum d'oxigen es mesurava telemètricament, no s'observa el mateix fenomen en la graficació de les 10 rectes de regressió (Figura 4-22), probablement per la reduïda mostra femenina ( $n=2$ ) i la heterogeneïtat del conjunt dels subjectes estudiats.

La significació estadística definida en totes les equacions individuals de relació FC- $\dot{V}O_2$  coincidia amb la d'experiències anteriors (Cucullo i col. 1987; Yzaguirre i col. 1989; Pinnington 1988, 1990; Bangsbo 1994; Rodríguez, Iglesias i Tapiolas 1994). Malgrat les limitacions del mètode, descrites anteriorment, vam realitzar l'estimació del consum d'oxigen en una competició internacional. En primer lloc es va diferenciar el  $\dot{V}O_2^{ass}$  del  $\dot{V}O_2^{comp}$ , doncs considerant que tant sols el 17% del temps total en competició corresponia a l'assalt real, era del tot necessari definir una anàlisi diferencial de la prova, amb el consum realitzat durant els assalts. Com era d'esperar l'anàlisi estadística va confirmar les diferències existents entre el  $\dot{V}O_2^{ass}$  i el  $\dot{V}O_2^{comp}$  ( $p<0,001$ ), definint l'interval en que el consum d'oxigen és superior en els assalts

(1202 - 1960 mL·min<sup>-1</sup>; CI: 95%). La intensitat en que es desenvolupen els assalts condiona que el consum d'oxigen per unitat de temps analitzat aïlladament en aquests ( $\bar{X}=47,3$  mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) dobli al consum en la globalitat de la prova ( $\bar{X}=23,8$  mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>).

En la prova internacional es van detectar uns valors mitjans de 47,3 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (de=9,3), que en termes absoluts representarien un consum de 3.185 mL·min<sup>-1</sup> (de=1.047). Aquests valors mitjans són propers als descrits per Lavoie i col. (1988) però si fem atenció a la diferenciació de resultats segons el sexe, observem com, mentre la mitjana de les fletistes és de 39,6 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (de=7,2) ( $\bar{X}=2.210$  mL·min<sup>-1</sup>; de=545), els espasistes presenten registres superiors (p<0,001) de consum d'oxigen en els assalts, essent la mitjana de 53,9 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> ( $\bar{X}=4.021$  mL·min<sup>-1</sup>; de=423), valors més elevats als descrits pels esmentats autors en els espasistes canadencs ( $\bar{X}=3.168$  mL·min<sup>-1</sup>; de=720).

La sobreestimació detectada en l'aplicació del mètode, 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).

En la valoració indirecta realitzada en els Campionats de Catalunya d'esgrima, els resultats mitjans foren inferiors als de la prova internacional, essent de 36 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (de=6,3) ( $\bar{X}=2.546$  mL·min<sup>-1</sup>; de=420) en el conjunt de la mostra (n=10). La diferenciació entre el  $\dot{V}O_2^{ass}$  i el  $\dot{V}O_2^{comp}$  és evident al comparar els seus valors, essent de 47,3 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (de=9,3) el consum en els assalts, reduint-se a gairebé la meitat en la

globalitat de la prova ( $\bar{X}=23,8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=7,4$ ).

El càlcul del consum d'oxigen en competició és la principal variable sobre la que es basa l'estimació de la despesa energètica dels esgrimidors. En la prova internacional vam calcular el volum total d'oxigen consumit pels esgrimidors durant la prova. En la descripció dels resultats es pot apreciar la diferència existent al comparar el volum total d'oxigen consumit pels tiradors durant la competició ( $\bar{X}=438$ ;  $de=265$ ) i el corresponent exclusivament a la disputa dels assalts ( $\bar{X}=161 \text{ L}$ ;  $de=102$ ). D'aquests resultats vam calcular els valors nets que corresponien a la despesa produïda per la pròpia competició, eliminant la part basal del consum d'oxigen. El  $\text{VO}_2^{\text{comp}}_{\text{net}}$  fou de 370 L ( $de=243$ ), és a dir, un 84% del  $\text{VO}_2^{\text{comp}}$ , mentre que el  $\text{VO}_2^{\text{ass}}_{\text{net}}$  representava el 92% ( $\bar{X}=149 \text{ L}$ ;  $de=96$ ) del  $\text{VO}_2^{\text{ass}}$ . En l'anàlisi del  $\text{VO}_2^{\text{comp}}$  s'ha inclòs el consum d'oxigen total de la competició, mentre que en el  $\text{VO}_2^{\text{ass}}$  es reflecteix el corresponent als assalts. 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: la alàctica i la 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 els pics d'elevada intensitat (activitat intermitent).

L'estimació del consum d'oxigen en els entrenaments fou un dels elements utilitzats per Díaz (1981) per avaluar la sol·licitació dels esgrimidors cubans. En els seus resultats es destaca la determinació dels valors de deute d'oxigen assolits pels esgrimidors en entrenaments, xifrant-los entre els 9 i els 12 L en termes absoluts sobre la globalitat de

l'entrenament. Si fem referència al volum relatiu d'aquest deute es comprovarà com en exercicis específics d'entrenament la importància d'aquest deute és variable, òbviament segons el tipus d'activitat i la intensitat en que es realitza. Així en els assalts fou tan sols de 0,272 L (de=0,81) superiors als valors de repòs i de 0,639 L (de=1,13) en les classes d'entrenament, modificant-se els nivells del deute d'O<sub>2</sub> amb l'adaptació a l'entrenament. Aquestes dades serveixen a Díaz (1981) per corroborar la importància del mecanisme anaeròbic alàctic, doncs als resultats exposats s'acompanyen —com en el nostre treball— valors molt discrets de lactatèmia.

Tal i com s'ha discutit en l'anàlisi dels registres de FC, la informació que podem extreure de les dades al presentar-se en relació als nivells màxims individuals resulta més significativa. Per això, es van determinar tres intervals d'intensitat, definits pels llindars ventilatoris, sobre els que valorar els nivells de sol·licitació funcional dels esgrimidors en competició. La distribució percentual del temps total de treball va determinar que el 41% (de=33) de la durada dels assalts es treballava en un consum d'oxigen superior al  $\dot{V}O_2$  del llindar anaeròbic, un 40% (de=24) en valors situats entre els dos llindars i un 18% (de=14) per sota del  $\dot{V}O_2$  corresponent al llindar aeròbic. En l'estudi per sexes s'observen resultats molt similars en la mostra masculina i femenina a l'analitzar els valors en funció dels nivells individuals de consum d'oxigen en la prova d'esforç i en la competició, però si l'anàlisi es realitza observant tan sols els valors de  $\dot{V}O_2$  obtinguts en la competició les diferències són molt grans, ja que els espasistes més d'un 60% del temps total de treball es situen per sobre dels 55 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, i les floretistes, en el mateix percentatge de temps, ho fan per sota dels 45 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, incrementant-se també la dispersió de valors. La relació resulta lògica atès que les dones presenten un consum màxim d'oxigen inferior als homes.

Els elevats nivells de consum d'oxigen en competició foren analitzats registrant el  $\dot{V}O_{2max}$  estimat en els assalts dels diferents campionats inclosos en el treball. Així, els valors màxims de consum d'oxigen estimat en els assalts pels homes foren d'entre 50,6 i 75,0 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, i de 42,9 a 51,6 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> per les dones (Taula 4-36). També es va establir la intensitat de treball dels esgrimidors en competició en relació al  $\dot{V}O_{2max}$  individual trobat en 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, el que confirma el grau força elevat de sol·licitació aeròbica en l'esgrima de competició.

La proximitat dels valors de consum màxim d'oxigen en els assalts als registrats en el laboratori, coincideix amb el treball d'Ekblom (1986) realitzat amb jugadors de futbol on, mitjançant la FC, estimava valors mitjans de consum d'oxigen propers al màxim. 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. L'exemple del futbol, definit com activitat física de caràcter discontinu i intermitent amb alternança de períodes de treball i repòs (Ekblom 1986), pot comparar-se al de l'esgrima ja que coincideixen, si més no, en la intermitència i variabilitat de les demandes metabòliques durant la competició. 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.

Amb l'oportunitat de valorar els Campionats de Catalunya vam incloure l'estudi de la resposta de tres subjectes davant diferents

especialitats. Concretament es van comparar els resultats de 3 esgrimidors que competien en espasa i floret, no apreciand-se diferències significatives en els valors obtinguts en les dues armes, i presentant unes mitjanes gairebé idèntiques ( $\bar{X}=36 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) en les diferents fases de la competició.

La valoració directa del consum d'oxigen mitjançant un analitzador telemètric ens va possibilitar dos interessants vies d'estudi: d'una banda vam determinar directament, i sense cap altre antecedent en la literatura sobre valoració dels esgrimidors, el consum d'oxigen durant els assalts; d'altra banda se'ns obria la possibilitat d'apropar-nos a una validació del mètode indirecte emprat en d'altres investigacions.

Els registres reals de consum d'oxigen en els assalts d'entrenament en homes ( $\bar{X}=29 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=3,3$ ) van resultar netament inferiors als estimats en la competició, així com als exposats per Lavoie i col. (1988) en el seu treball en competició simulada. La intensitat mitjana de treball fou del 55 % del  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ .

En relació als nivells màxims de consum d'oxigen assolits en els assalts pels tiradors de la mostra ( $n=10$ ) sí que es van detectar elevats valors, essent la mitjana dels màxims en tots els subjectes el 75% del  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  valors similars als descrits en la literatura per a diferents esports d'equip com el futbol (80% del  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ , Tranquili i col. 1992; 69-102 del  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ , Rodríguez, Iglesias i Artero 1995), el bàsquet (70% del  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ : Tranquili i col. 1992), el voleibol (50 al 60 % del  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ , Tranquili i col. 1992), l'hoquei herba (90,6% del  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ , Silla i Rodríguez 1995) o l'hoquei patins (83% del  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ , Rodríguez i Iglesias 1995).



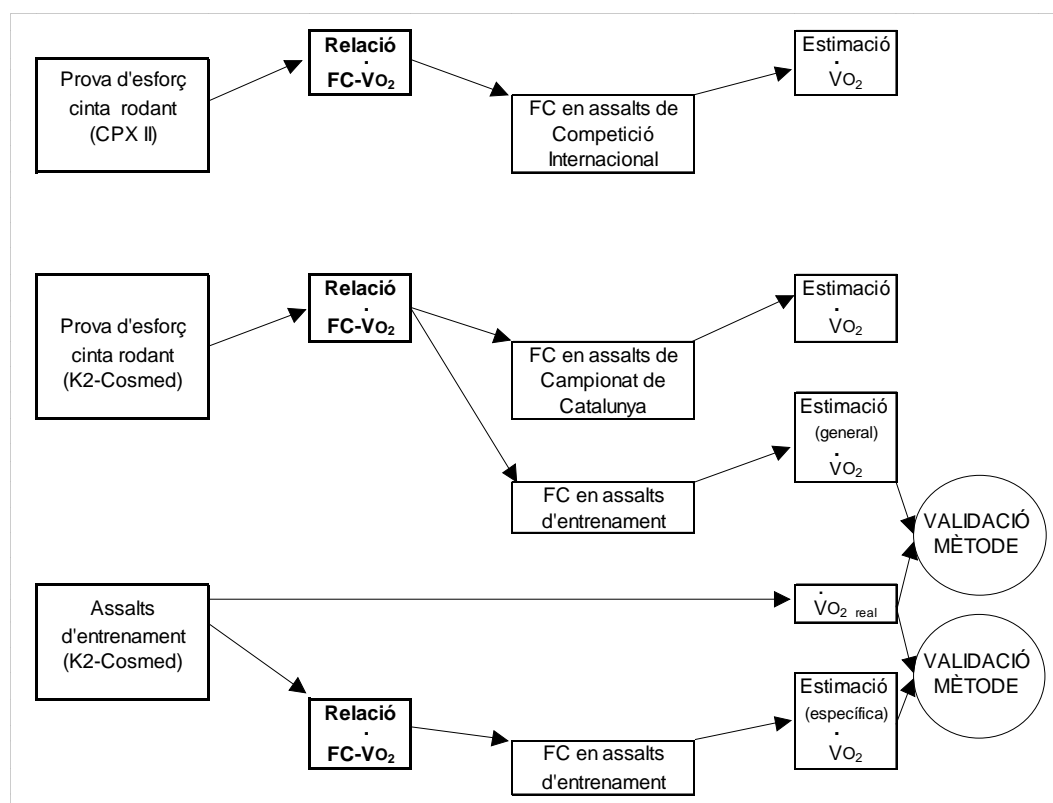
L'estreta relació existent entre el  $\dot{V}O_2$  i la FC és ben palesa en els diferents gràfics d'evolució d'aquests paràmetres en els assalts d'entrenament (annex 16). També s'aprecia en observar la mitjana de FC en els registres telemètrics dels assalts ( $\bar{X}=155 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=13$ ), perquè els valors, a l'igual que passava en el consum d'oxigen, són força inferiors als descrits en la competició ( $\bar{X}=170 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=5$ ).

La coincidència en la disminució dels valors mitjans i extrems de la valoració directa, en relació a l'estimació, poden obeir a diferents factors, un dels quals podria ser les difícils condicions en que els subjectes havien de realitzar els assalts amb l'analitzador telemètric. La gran incomoditat que presentava la implementació de l'estudi amb la disposició de l'analitzador dins la careta, i la protecció addicional per a la unitat emissora, sens dubte va incidir en la dinàmica de treball en els esgrimidors, alhora que no existien les condicions emocionals, com l'estrès i la motivació, que acompanyen a la competició.

Comparant els diferents valors de consum d'oxigen obtinguts mitjançant diferents mètodes en aquest treball podem observar una tendència a l'increment dels seus registres en funció de la dificultat de l'activitat mesurada. Així, els registres més baixos els trobaríem en l'entrenament, amb valors mitjans de  $29 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , seguits dels d'una competició de caràcter autonòmic, amb una mitjana de  $36 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , fins arribar als valors més elevats d'una competició internacional, amb una mitjana de  $47,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , essent aquest darrer valor, d'una mostra diferent a la dels dos primers, i per tant, no comparable en la mesura que ho són aquests.

La valoració indirecta del consum d'oxigen presentada forma part d'un estudi de major abast, que comprèn l'anàlisi de diferents activitats físiques de caràcter intermitent. Conseqüentment, l'estudi de validació del

mètode indirecte no té com a propòsit ésser la ratificació d'un nou mètode de valoració del consum d'oxigen per l'esgrima, sinó que l'objectiu cercat fou l'establir el nivell de validesa i especificitat de l'estimació en aquesta disciplina. En línies generals l'estudi s'ha centrat en tres punts: en primer lloc s'ha quantificat la diferència entre els resultats reals i els estimats en els assalts d'entrenament, seguidament s'ha analitzat la significació estadística d'aquestes diferències entre els valors reals i estimats, i finalment s'ha establert l'anàlisi correlacional entre ambdues variables, definint el grau de sobreestimació de les estimacions individuals.



**Figura 4-34:** Esquematització dels diferents estudis d'estimació del consum d'oxigen i validació del mètode relacionats en el present treball.

Diferents autors han realitzat estudis, principalment en activitats quotidianes, sobre l'estimació del consum d'oxigen i la despesa energètica

en base a la utilització de mètodes de valoració indirecta amb la FC com a variable principal. Els resultats presentaven en alguns casos subestimacions (Washburn i Montoye 1986, dins Montoye i col. 1996) i en la major part d'estudis resultats sobreestimats de la despesa energètica (Livingston i col. 1990; Acheson i col. 1980; Kalkwarf i col. 1989; Washburn i Montoye 1986, dins Montoye i col. 1996). Ja en la dinàmica de l'activitat física, en una prova d'esforç amb cicloergòmetre, Cucullo i col. (1987) van estimar el consum d'oxigen en base a diferents mètodes de càlcul basat en la FC, obtenint en els seus resultats una subestimació del  $\dot{V}O_2$ . Per contra, en el nostre treball els resultats obtinguts demostren una evident sobreestimació del consum d'oxigen en l'aplicació del mètode de valoració indirecta.

Com es pot apreciar en la figura anterior (Figura 4-34) es van aplicar, finalment, dos proves de validació:

1) En primer lloc vam realitzar el procés d'estimació del consum d'oxigen en els assalts d'entrenament utilitzant l'equació de regressió FC- $\dot{V}O_2$  resultant de la prova d'esforç, i aplicant-la als registres de FC registrats amb el K-2 durant els assalts (estimació general). Tots els subjectes de la mostra van presentar nivells inferiors de  $\dot{V}O_2$  en els registres directes —reals— en relació als estimats. L'error estàndard de l'estimació corresponia al 30% ( $457,6 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ) dels valors reals. La quantificació de les diferències existents entre el consum d'oxigen real i l'estimat en els assalts d'entrenament dels esgrimidors presenta una mitjana de  $505 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=313$ ), és a dir una sobreestimació mitjana del 33% sobre els valors reals, el que limita les conclusions sobre les que es pot arribar en l'anàlisi de les dades recollides en l'estimació. En valors relatius la diferència entre el consum real i l'estimat fou de  $7,2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de=4,4$ ). L'esmentada sobreestimació s'emmarca dins l'interval de confiança (95%) definit en l'anàlisi de la diferència entre les

mitjanes de la totalitat dels 860 valors aparellats de  $\dot{V}O_2^{\text{real}} - \dot{V}O_2^{\text{est}}$ , on la sobreestimació es xifra entre els 465 i els 526 mL·min<sup>-1</sup> (p<0,001). Aquest fou el mètode dissenyat inicialment i, per tant, l'emprat en les estimacions del consum d'oxigen d'aquest treball.

2) En segon lloc, i un cop analitzades les dades de la primera estimació, vam decidir aplicar el mateix mètode utilitzant la relació FC- $\dot{V}O_2$  registrada en els mateixos assalts d'entrenament, per tal de calcular la seva equació i aplicar-la en els registres de FC (estimació específica). L'error estàndard de l'estimació específica fou del 19,4% (296,2 mL·min<sup>-1</sup>) en relació al consum d'oxigen mesurat directament. Seguint el mateix procés que en l'estimació general, vam quantificar les diferències existents entre el consum real i l'estimat en els assalts, obtenint-se una sobreestimació mitjana d'un 5,1% (77 mL·min<sup>-1</sup>). La sobreestimació s'inclou dins l'interval de confiança (95%), definit en l'anàlisi de la diferència entre les mitjanes de la totalitat dels 860 valors aparellats de  $\dot{V}O_2^{\text{real}} - \dot{V}O_2^{\text{est}}$ , entre els 59 i els 102 mL·min<sup>-1</sup> (p<0,001). Aquest segon mètode de valoració millora substancialment l'estimació del consum d'oxigen i, per tant, podrà ser objecte d'una anàlisi més acurada en futures investigacions. Així, podria dissenyar-se un protocol de treball específic que substituís, o si més no, perfeccionés, la prova d'esforç, més concretament, la relació FC- $\dot{V}O_2$  que d'ella es deriva.

Malgrat la validació de qualsevol mètode requereix d'una generalització de les dades que permeti la repetitivitat en diferents poblacions, considerem que la importància de la valoració indirecta es troba en la individualització de la seva aplicació. Molt probablement els diferents factors que alteren la relació FC- $\dot{V}O_2$  a nivell intrasubjecte dificulten, a hores d'ara, una generalització en l'establiment d'un model d'estimació. Els valors extrems establerts en la sobreestimació del

consum d'oxigen ( $152$  i  $1196 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ) confirmen que les diferències són massa grans per a validar el mètode però, si més no, la quantificació individual de l'error, i l'afinament de l'equació amb estudis en els que el subjecte realitzi un esforç més específic que no una prova ergomètrica en cinta, possibilitarien l'ús del mètode en la millora del coneixement de la sol·licitació funcional, subjecte a subjecte, dels esgrimidors.

L'anàlisi estadística va presentar diferències molt significatives ( $p < 0,001$ ) en la comparació de la totalitat dels registres estimats i reals ( $r = 0,847$ ), i significatives ( $p < 0,05$ ) prenent tant sols les mitjanes de cadascun dels 10 subjectes de la mostra ( $r = 0,684$ ). La comprovació estadística de les diferències, així com la quantificació de la sobreestimació ens va obligar a analitzar cas per cas la relació existent entre els valors reals i estimats, trobant uns nivells de significació de  $p < 0,001$  on la correlació existent entre els valors reals i els estimats de consum d'oxigen anaven de  $r = 0,784$  a  $r = 0,944$ .

Coincidint en algunes de les conclusions generals a les que s'està arribant en l'anàlisi de la validació del mètode (Rodríguez i col. 1994) i aprofundint en la discussió dels resultats observats en aquest treball, la sobreestimació del consum d'oxigen que es produeix en l'aplicació de la valoració indirecta podria obeir, entre d'altres, a les diferències en la relació  $FC - \dot{V}O_2$  motivades pels següents factors:

- La càrrega emocional. Autors com Hoch i col. (1988) i Markowska i col. (1988) han demostrat un significatiu increment en la secreció de catecolamines degut a l'increment del component emocional que produeix la competició d'esgrima. Aquesta activació del sistema adrenèrgic pot motivar valors relativament superiors de FC (Åstrand i Rodahl 1992) en proporció a les demandes cardiocirculatòries i, per tant, un desajust en la

relació individual FC- $\dot{V}O_2$  trobada en situacions no competitives.

- L'activitat mental. Hitchen i col. (1980) (dins Åstrand i Rodahl 1992, p.384) van demostrar que la FC mitjana s'incrementa durant la demanda d'una càrrega mental. L'esgrimidor, en situació d'assalt, presenta una activitat cerebral intensa doncs la constant interacció existent entre ambdós competidors requereix d'una anàlisi continua de la situació. Visciola i Bagnara (1986) conclouen que l'esgrimidor presenta una elevada capacitat per analitzar la informació, seleccionant els índexs rellevants i fent-los ressaltar d'entre la totalitat d'informació disponible que es produeix en un assalt. Bard i col. (1980) comproven com l'esgrimidor, mitjançant l'anàlisi de l'exploració visual, discrimina la informació més essencial del conjunt d'estímuls visuals existents en relació a l'adversari.

- L'estrès tèrmic. L'augment de la temperatura ambiental i la humitat modifiquen la FC incidint en la despesa energètica (Montoye i col. 1996). L'esgrima és un esport en el que, per mesures de seguretat, la indumentària és molt completa, amb protecció de tot el cos i, inclòs el cap. Waterloh i col. (1975) van determinar un increment del consum d'oxigen que obeeïa a l'increment de la termoregulació provocada pel vestit d'esgrima en els tiradors. Caldria valorar la incidència del mateix, així com les diferències existents en floretistes i sabristes al dur una jaqueta de teixit conductor suplementària al vestit dels espasistes.

- Diferències intraindividuals existents en la relació FC- $\dot{V}O_2$  en la realització de diferents activitats físiques. L'equació en la que es relaciona la FC i el consum d'oxigen és trobada gràcies a l'aparellament dels seus valors en una prova d'esforç de caràcter continu, mentre que la competició d'esgrima és una activitat física de caràcter intermitent i d'intensitat variable. En l'estimació realitzada amb els mateixos registres

de FC dels assalts veiem com la sobreestimació disminueix, apropant-se els valors estimats als reals. Dins de les activitats que pot realitzar un mateix individu cal diferenciar la incidència que, sobre la FC, tenen unes i altres en funció de diferents factors. Montoye i col. (1996) determinen diferents relacions individuals de FC- $\dot{V}O_2$  per als exercicis on s'impliquen els braços o bé en aquells en els que la intervenció muscular és superior (braços i cames), establint que la relació entre la FC i el consum d'oxigen en cada subjecte presenta diferents relacions en funció del tipus d'activitat muscular implicada.

- Diferències de la relació FC- $\dot{V}O_2$  en esforços breus d'alta intensitat. La FC és més sensible a registrar ràpids increments davant d'esforços breus, essent el sistema respiratori més lent en reaccionar. El fet que l'esgrima es centri en un conjunt d'accions breus i explosives, realitzades en el conjunt de l'assalt, amb fases de preparació més o menys llargues d'acord amb múltiples variants (nivell del rival, eliminatòria, resultat, etc.), fa que constantment apareguin accions breus, d'alta intensitat, acompanyades de situacions de risc (tocar o ser tocat, guanyar o perdre) que provoquen sobtats increments dels valors de FC, no sempre relacionats proporcionalment als canvis en el consum d'oxigen.

- Treball isomètric. El treball isomètric provoca increment de la FC i la tensió arterial. Montoye i col. (1996) afirmen que l'exercici estàtic pot incrementar la FC per sobre dels nivells esperats en base als requisits de consum d'oxigen. Durant els assalts poden produir-se accions en les que els tiradors mantenen posicions estàtiques de diferents grups musculars de forma repetida, produint-se l'esmentat increment de la FC que en la situació de laboratori no s'ha presentat, al realitzar-se una prova de cursa continua i progressiva.

- La fatiga i l'estat d'hidratació afecten la relació FC- $\dot{V}O_2$  (Montoye i

col. 1996). Aquests factors són presents amb gran incidència en la competició d'esgrima: el primer per la durada de les proves —entre 5 i 8 hores de mitjana— i el segon com a conseqüència de la suor ocasionada per l'esforç i l'equipament d'esgrima.

#### **4.7.4. Despesa energètica en competició**

La musculatura humana transforma, mitjançant processos bioquímics i fisiològics abastament coneguts (Hill i col. 1924; Di Prampero 1981; Lehninger 1984; Guyton 1985; Åstrand i Rodahl 1992), l'energia química en mecànica. L'ATP es converteix en el fosfat d'alta energia que exerceix de moneda de canvi per a la transferència d'energia a nivell cel·lular (Åstrand i Rodahl 1992). Sense entrar en detall, recordarem que existeixen tres grans vies de producció energètica la cèl·lula muscular:

a) les fonts alàctiques anaeròbies, que utilitzen principalment l'ATP emmagatzemat en el múscul i la refosforilització de l'ADP amb la intervenció de la fosfocreatina i sense presència d'oxigen

b) les fonts làctiques anaeròbiques, on sense intervenció de l'oxigen es s'aconsegueix l'energia gràcies a la glucogenolisi o glucolisi amb producció d'àcid làctic

c) les aeròbiques on l'oxigen actúa directament en la producció d'energia, i en la que s'utilitzen com a substrats la glucosa i els àcids grassos principalment, podent les proteïnes participar d'aquest mecanisme en situacions molt limitades (Åstrand i Rodahl 1992).



L'esgrima és definida per Dal Monte i Faina (1980) com un esport de destresa amb important requeriment muscular. Com s'ha pogut observar tots els mecanismes de producció d'energia es veuen sol·licitats en diferent mesura. Per a Lavoie i col. (1985) existeix una forta utilització dels recursos d'energia anaeròbica alàctica i una molt feble intervenció de les fonts lactàcides. Marini (1984) destaca la permanent producció energètica per via aeròbica en el transcurs de les proves d'esgrima. Altres autors com Mathews i Fox (1976) quantifiquen els processos energètics en l'esgrima en un 90% per al treball anaeròbic alàctic i un 10% per la via aeròbica i làctica, però com s'està comprovant en l'anàlisi dels resultats del present treball, la variabilitat existent en aquest esport limita la generalització d'afirmacions sobre la sol·licitació en competició dels esgrimadors. En aquest apartat s'ha realitzat una anàlisi global de la despesa energètica en l'esgrima, amb la finalitat d'estimar una quantificació del nivell de sol·licitació a que l'esgrimador és sotmès en condicions reals de competició, possibilitant també la seva comparació amb d'altres activitats esportives.

En activitats de caràcter continu la despesa energètica podria ser estimada basant-se en paràmetres com ara la velocitat de cursa (Costill i Fox 1969), però amb un esport com l'esgrima, de caràcter intermitent, i amb les condicions d'implementació competitiva, vam considerar com a única opció el càlcul de la despesa energètica en base a la valoració del consum d'oxigen, realitzat indirectament, gràcies a la relació existent entre aquest i la FC, com s'ha discutit en anteriors apartats.

Descrits els nivells diferencials de consum d'oxigen existents en les situacions competitives i d'entrenament vam centrar l'estimació de la despesa i potència energètiques en la competició internacional, com a exponent de la màxima sol·licitació observada en la valoració de l'esgrima.

Com s'ha esmentat 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 de l'esgrima en els valors de consum d'oxigen estimats en competició real i multiplicant-los per l'equivalent calòric de l'oxigen xifrat en 4,838 kcal per litre d'O<sub>2</sub> (assumint un R=0,83; Fox i col. 1989; Zuntz 1901).

La despesa energètica total<sup>(\*)</sup> de la competició d'esgrima es va calcular en una mitjana de 2119 kcal (de=1280), essent la despesa energètica total (E<sup>comp</sup>) en els homes ( $\bar{X}$ =2847 kcal; de=1313) gairebé el doble que en les dones ( $\bar{X}$ =1270 kcal; de=509). Dels valors globals de la prova en vam destacar els corresponents a la despesa neta produïda per l'esforç en competició (E<sup>comp<sub>net</sub></sup>), essent les 1790 kcal (de=1175) del conjunt de la mostra el corresponent al 84,5 % de la despesa total realitzada en competició.

De la despesa energètica en la totalitat de la competició es destaca la fracció produïda en el transcurs dels assalts que és de 777 kcal (de=495), i que també presenta uns valors superiors en la mostra d'espasistes ( $\bar{X}$ =924 kcal; de=516) en relació a les floretistes ( $\bar{X}$ =605 kcal; de=449). Així, com era d'esperar, la part corresponent als assalts, malgrat representa tan sols un 17 % del temps total dels esgrimidors en competició, és la que produeix una major sol·licitació energètica, representant el 37 % de la despesa d'energia total produïda en competició. La major sol·licitació energètica de la mostra masculina es confirma en observar que als majors valors d'E<sup>ass</sup> assolits en el còmput global dels assalts, se'ls afegeix un temps d'intervenció global ( $\bar{X}$ =53 min; de=30) inferior al de les dones ( $\bar{X}$ =46 min; de=25).

---

<sup>(\*)</sup> S'expressa en kcal per facilitar la comprensió amb altres estudis, tot i que la unitat del sistema internacional és el kJ.

L'anàlisi de la potència energètica ( $\dot{E}$ ) també 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 ( $\bar{X} = 10,7 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de = 2,6$ ). Si contrastem la mitjana global de la mostra d'esgrimidors ( $\bar{X} = 15,4 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de = 5,1$ ) observem com els resultats són gairebé coincidents amb els descrits per Lavoie i col. (1988) que foren de  $15,5 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de = 3,6$ ), però aquests darrers autors van centrar l'estudi tan sols en una mostra masculina d'espasistes. Quan la comparació és realitzada en la mostra masculina observem que els valors de  $19,5 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  estimats en el nostre treball són superiors als de Lavoie i col., però molt més propers als descrits per Seyfried (1989) en una mostra d'espasistes, tots ells pentatletes, que van presentar una potència energètica en una simulació de l'esforç en competició de  $17,8 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de = 2,9$ ).

De la mateixa forma que en l'anàlisi del consum d'oxigen hem realitzat una descripció comparativa dels valors reals i estimats, obtinguts en les diferents valoracions, la potència energètica derivada ha estat calculada en cadascuna d'elles observant, com en el consum d'oxigen, una progressió en la despesa a mesura que la dificultat de l'activitat s'incrementa. En la prova internacional els valors foren els més elevats estimant-se una potència energètica de  $15,4 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de = 5,1$ ) en el conjunt de la mostra ( $n = 13$ ), i de  $19,5 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de = 2$ ) en el conjunt d'espasistes masculins ( $n = 7$ ).

En els Campionats de Catalunya els resultats foren inferiors, essent la mitjana de  $12,3 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de = 2$ ) i en els assalts d'entrenament de  $9,8 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $de = 2$ ). En el paràgraf anterior s'han comparat els valors de la competició real del nostre estudi en condicions simulades dissenyades per diferents autors (Lavoie i Seyfried) coincidint, en conjunt, en l'existència de valors elevats de potència energètica entre les 15 i les 19  $\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ . Però

en analitzar els assalts d'entrenament s'han detectat valors força inferiors —9,8 kcal·min<sup>-1</sup> (de=2) segons els valors estimats i 7,4 kcal·min<sup>-1</sup> (de =1) segons els registres telemètrics— que coincideixen amb els presentats per Díaz (1981)<sup>(\*)</sup> en diferents fases de l'entrenament, on durant els assalts s'assolien valors de 6,9 kcal·min<sup>-1</sup> (Taula 2.5).

L'anàlisi comparativa de les dades experimentals amb les existents en la literatura específica ens 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 i entrenaments

- Dels 7 espadistes de la mostra, 3 eren pentatletes d'alt nivell internacional. La dinàmica competitiva dels pentatletes, que es basa generalment en una excel·lent condició aeròbica, i el fet que els pentatletes en qüestió fossin dels millors del circuit internacional en proves físiques podria condicionar majors valors de potència energètica. Si comparem els valors presentats per Seyfried en espadistes pentatletes ( $\bar{X}=17,8$  kcal·min<sup>-1</sup>) i per Lavoie i col. en esgrimidors d'espasa masculina ( $\bar{X}=15,5$  kcal·min<sup>-1</sup>) podríem confirmar la major sol·licitació energètica dels primers, en relació als segons, malgrat els protocols de les proves no

---

<sup>(\*)</sup> Les dades fan referència a un estudi longitudinal realitzat, per J.A. Díaz (1981), en una població d'esgrimidors cubans (no s'especifica el sexe ni l'arma, tan sols que 7 dels 12 tiradors eren espadistes masculins). L'Autor utilitza com a equivalent energètic la xifra de 1 L d'O<sub>2</sub>=2,9 kcal, considerant que és la xifra mitjana entre els equivalents làctic i alàctic.

foren coincidents.

- L'estimació del consum d'oxigen, amb la sobreestimació exposada i justificada anteriorment, és la base sobre la que s'ha calculat la despesa energètica, amb la qual cosa, a tota sobreestimació del  $\dot{V}O_2$  li correspondrà una sobreestimació de la despesa i potència energètiques estimades.

- El factor de conversió de l'equivalent del cost energètic de l'oxigen utilitzat per Lavoie i col. (1 L d'O<sub>2</sub>=4,825 kcal) és lleugerament inferior a l'utilitzat per nosaltres (4,838 kcal), fet que provoca l'obtenció de valors inferiors de despesa energètica a igual consum d'oxigen, en la utilització del primer equivalent.

- 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.

Com a marc de referència citarem diferents estudis sobre activitats esportives diverses, així Yzaguirre i col. (1989)<sup>(\*)</sup> estimen per a

---

<sup>(\*)</sup> Yzaguirre i col. (1989) utilitzaren un mètode de calorimetria indirecta, basat en l'anàlisi

l'espeleologia una potència energètica de 4 a 9 kcal·min<sup>-1</sup>; Guthrie (1986) descriu per a una cursa a ritme de 14,5 km·h<sup>-1</sup> una potència de 16,5 kcal·min<sup>-1</sup> i per al futbol valors de tan sols 7,5 kcal·min<sup>-1</sup>, molt inferiors als descrits per Seliger (1968), en aquest mateix esport, que foren de 13,1 kcal·min<sup>-1</sup>. Aquest darrer autor afirma que la despesa energètica màxima es produeix en esports de tipus cíclic.

Brooks i col. (1985) exposen diferents nivells de potència energètica en funció del pes corporal dels subjectes; així, en bàsquet per a un pes de 50 kg, cita una potència energètica de 6,9 kcal·min<sup>-1</sup>, mentre que per a un pes de 80 kg la despesa exposada és de 11 kcal·min<sup>-1</sup>. Els mateixos autors, i amb la mateixa diferenciació segons els pesos corporals descrits, assignen pel tennis de 5,5 a 8,7 kcal·min<sup>-1</sup>, pel voleibol de 2,5 a 4 kcal·min<sup>-1</sup>, pel judo de 9,8 a 15,6 kcal·min<sup>-1</sup> i pel futbol de 6,6 a 10,6 kcal·min<sup>-1</sup>.

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

---

de la FC, orina, lactatèmia i tensió arterial. L'equivalent energètic de l'oxigen que van emprar no fou únic, sinó que per als registres de FC superiors al llindar anaeròbic van aplicar l'equivalència de 1 L d'O<sub>2</sub>=5,05 kcal, mentre que pels registres de FC inferiors al llindar anaeròbic l'equivalència fou: 1 Ld'O<sub>2</sub>=4,74 kcal.

diferències en la potència energètica d'homes i dones, essent en els primers de  $1,2 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  (85 W) i en les dones de  $1,1 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$  (76 W)<sup>(\*)</sup>.

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 els comportaments de caràcter nutricional 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.

#### **4.7.5. Dinàmica temporal de la competició**

Fent atenció als resultats descrits sobre valoració funcional dels esgrimidors es pot considerar que l'esgrima presenta requeriments fisiològics de rellevància que condicionen la necessitat d'un entrenament físic específic. Un dels principals paràmetres dels que s'han d'utilitzar per avaluar la sol·licitació dels esgrimidors és la dinàmica temporal, és a dir, la distribució de la càrrega competitiva que l'esgrima presenta en les seves diferents modalitats.

La mesura de la durada dels assalts, de les pauses i de la globalitat de les competicions proporcionen dades de gran interès per, conjuntament amb l'aportació de les anàlisis realitzades de FC,  $\text{VO}_2$ , lactatèmia, despesa i potència energètiques reconèixer la distribució del

---

<sup>(\*)</sup> L'Autor presenta els resultats en Watts i proposa per a les transformacions les següents equivalències:  $0,28 \text{ W} \cong 0,239 \text{ kcal}\cdot\text{h}^{-1}$  (Ulmer 1993).

treball en la competició aconseguint una informació valuosa que els mestres d'armes o bé preparadors físics hauran de fer servir en la programació dels entrenaments.

Factors com el nombre de pistes disponibles, participants, simultaneïtat de més d'una arma en la competició, protocols de lliurament de guardons, programa horari de l'organització i molts d'altres, afecten a la durada total d'una prova, reduint-se o allargant-se, per tant, els temps de repòs entre assalt i assalt, i paral·lelament, els temps de recuperació fisiològica pels tiradors.

La modificació constant que els sistemes de competició oficial d'esgrima han sofert en el darrer període de quinze anys<sup>(\*)</sup> també ha influenciat en una modificació dels volums de despesa competitiva, essent inferiors en la actualitat al reduir-se el nombre de poules classificatòries a una i eliminat els sistemes de repesques. Sens dubte els tècnics responsables de la preparació dels esgrimidors han d'incloure en les seves programacions aquests canvis que la dinàmica competitiva està veient.

---

(\*) La Fédération Internationale d'Esgrime (FIE) amb l'objectiu d'aconseguir una competició més atractiva pel públic i mitjans de comunicació ha anat modificant el sistema d'eliminatòries i la durada dels assalts de forma sistemàtica en els darrers 10 anys. L'any 1986 es tiraven 2, 3 o 4 voltes de poules, que classificaven cadascuna a un nombre determinat de tiradors i posteriorment s'entrava en un sistema d'eliminació directa, amb repesques pels perdedors, que feien les competicions interminables. D'aquí es va passar a disputar-se les proves amb una o dues poules i classificació general, mantenint les repesques. Després es van eliminar les repesques, i van modificar les durades dels assalts i el nombre de tocats: primer els assalts de poule eren a 5 tocats amb un màxim de 6 minuts i els d'eliminació directa a 10 tocats amb un màxim de 10 minuts (anteriorment 8 tocats i minuts per les dones). Al 1990 es van introduir les directes a dos o tres assalts a cinc tocats, per passar al sistema actual d'assalts a 15 tocats en tres intervals de tres minuts amb un de descans entre ells. Les proves d'equips també s'han anat modificant passant dels equips de quatre als de tres, disputant assalts tradicionals, i actualment, realitzant-se la competició en un sistema de relleus a 45 tocats.



La realització d'un estudi que quantifiqués la influència d'aquests factors seria objecte d'una anàlisi dilatada, per això hem decidit incloure en aquest estudi tan sols la temporalització de les proves en que vam estudiar els indicadors funcionals expressats anteriorment, així com les principals referències existents en la literatura sobre l'anàlisi temporal dels assalts d'esgrima (Waterloh i col. 1975; Marini 1984; Lavoie i col. 1984, 1985).

En l'exposició dels resultats hem apreciat com els temps d'actuació són un altre element fàcilment quantificable en l'esgrima i que també pot ser considerat en la determinació de mitjans de control de l'entrenament. Com a principal observació cal destacar que 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. En l'anàlisi temporal d'altres autors (Waterloh i col. 1975; Marini i col. 1984; Lavoie i col. 1985) van afinar més l'observació dels temps de treball i temps de pausa, diferenciant dins de cada assalt, les fraccions de temps en que els esgrimadors competien, vinculades a l'interval existent entre les veus d'*endavant* i *alto* del president de jurat, i les fraccions de transició, corresponents al transcurs entre les veus d'*alto* i *endavant*. En aquesta anàlisi el temps efectiu en assalt oscil·lava entre el 46 i el 70 % del total del combat en funció de la modalitat observada.

**Taula 4-37: Comparació dels principals paràmetres temporals en les 5 armes de l'esgrima en competició oficial.**

		<u>Floret masculí</u>	<u>Floret femení</u>	<u>Espasa masculina</u>	<u>Espasa femenina</u>	<u>Sabre</u>
Temps efectiu en assalt (*) (%)	(1)	54	63	70	-	46
Durada mitjana d'accions (*) (s)	(2)	8,6	8,7	18,5	-	5,2
Durada assalts 5 tocats (min)	(3)	4,0 (de = 1,1)	3,3 (de = 0,5)	3,5 (de = 0,6)	3,4 (de = 1,2)	2,1 (de = 0,3)
Durada assalts 15 tocats (min)	(3)	11,8 (de = 3,9)	10,5 (de = 2,8)	10,7 (de = 4,7)	11,6 (de = 4,5)	7,3 (de = 2,2)
Temps d'assalt - competició > 70 tiradors (h:min)	(2)	2:15	2:00	2:30	-	1:50
Temps d'assalt - competició < 25 tiradors (h:min)	(3)	0:54	0:40	0:41	0:38	0:28
Temps d'assalt total en competició (%)	(3)	23	18	17	22,5	12,8

(\*) Temps comprés entre les ordres del President de Jurat: Endavant ! i Alto !

(1) Anàlisi temporal dels JJOO de Mèxic'68 i dels Campionats d'Alemanya 1969. Waterloo, Rittel, Neisel, Leide (1975)

(2) Anàlisi temporal dels Campionats del Món de Clermont-Ferrand (FRA) 1981. En aquests campionats encara existien 3 voltes de poules i repesques en l'eliminació directa de 32 tiradors. Marini (1984)

(3) Anàlisi temporal dels Campionats de Catalunya Absoluts 1993. Amb una única poule i sense repesques. Iglesias (1997, present estudi)

L'anterior taula (Taula 4-37) mostra la comparació dels resultats del nostre estudi amb els registres més representatius extrets de la literatura. L'observació de les dades permet confirmar l'existència de grans diferències en la dinàmica temporal del sabre en relació a la resta de modalitats. En aquesta arma el temps total utilitzat en la globalitat dels assalts de la competició dels Campionats de Catalunya absoluts del 1993 fou inferior a qualsevol de les altres modalitats, ja que mentre en sabre la durada mitjana fou de 28 min, la resta d'armes anaven dels 38 als 53 min. La inferior durada dels assalts de sabre coincideix amb el treball de Marini i col. (1984) que en els Campionats del món del 1981 van observar com el sabre era la única arma que no arribava en la durada global dels assalts a les 2 hores, mentre la resta les sobrepassaven.

Comparant els nostres valors temporals amb els descrits en el treball de Marini i col. (1984) observem grans diferències, que en l'estudi d'aquests Autors sobrepassen els temps d'actuació en competició als nostres en aproximadament 90 minuts. Els motius obeeixen als canvis en els sistemes de competició dels darrers anys. L'any 1981 encara es realitzaven tres rondes amb sistema de poule, el que ocasionava un major nombre d'assalts en els tiradors, competint gairebé el doble que en l'actualitat. La modificació de la dinàmica competitiva ha afavorit als tiradors amb menor condició física al disminuir-se el volum de la càrrega competitiva i per tant, la facilitat per arribar a situacions de fatiga. Malgrat els canvis, l'explosivitat de les accions i la intensitat en els assalts segueix sent la mateixa, amb la qual cosa les modificacions tan sols afecten a la reducció d'un volum de treball general que condicionava més necessitats de recuperació funcional per suportar la càrrega de la competició.

Els assalts en sabre, un a un, són també de durada molt inferior als de la resta de modalitats tant en les poules com en els assalts d'eliminació directa i final. Com hem pogut observar en l'apartat de resultats en els assalts a 5 tocats el sabre presenta una durada mitjana propera als 2 minuts ( $\bar{X}=2,1$  min;  $de=0,3$ ), mentre que en la resta d'armes els valors oscil·len dels 3,3 ( $de=0,5$ ) min del floret femení, fins els 4 ( $de=1,1$ ) min del floret masculí, essent molt significatives ( $p<0,001$ ) les diferències entre l'arma de tall i la resta. En el cas dels assalts a 15 tocats de l'eliminació directa i les finals, mentre en sabre la mitjana és de 7,3 ( $de=2,2$ ) min, la resta de modalitats sobrepassen els 10 minuts de durada total. L'execució tècnica diferencial del sabre, en que es permet el tocat de tall i contratall contràriament al que succeeix en espasa i floret, així com la necessitat de realitzar accions ofensives molt explosives que atorguin l'avantatge o prioritat del tocat en la convenció, són els factors que condicionen amb tota seguretat els resultats diferencials en la valoració temporal. aquest argument es corrobora amb l'anàlisi realitzat per Marini i col. (1984) en que observen la durada efectiva de les diferents accions en l'esgrima, és a dir, des de la veu d'*endavant* fins a la d'*alto*. Els autors troben en les accions de sabre valors molt inferiors a la resta d'armes, així, mentre els sabristes realitzen accions d'una durada de 5 segons, els floretistes n'utilitzen 9 i els espasistes 18.

En la resta de modalitats, encara que no tant evidents com en el sabre, detectem certes diferenciacions que cal analitzar amb el coneixement dels processos tàctics i les dades experimentals. L'espasa presenta uns temps d'acció molt elevats, 18 s per acció, en relació als de floret (9 s) i sabre (5 s). Aquesta arma és una en les que les fases d'estudi de l'adversari s'allarguen més. El principal factor que motiva aquesta conducta és la inexistència de convenció que obligui als tiradors a precipitar una acció ofensiva inicial que els atorgui la prioritat en la acció, que a la fi, els concediria el tocat en cas d'existir una acció simultània. Per la seva banda el floret, al ser una arma de convenció, podria presentar,

com hem exposat en sabre, uns temps d'actuació més breus, però en el nostre treball el floret masculí és l'arma que presenta una major durada mitjana dels assalts, tant en les poules ( $\bar{X}=4$  min;  $de=1,1$ ) com en els assalts a 15 tocats ( $\bar{X}=11,8$  min;  $de=3,9$ ), coincidint totalment amb el treball de Marini i col. (1984) que també atorgaven a aquesta arma les majors durades dels combats. El motiu, al nostre parer, és la dificultat existent en assolir els tocats guanyadors en aquesta modalitat, doncs a banda de ser la de menor superfície vàlida al limitar-se exclusivament al tronc, és l'única que a hores d'ara presenta l'existència del "blanc no vàlid", és a dir, que en moltes accions els floretistes veuen com una tècnica correcta es veu anul·lada per haver tocat en un blanc no vàlid abans d'arribar al vàlid. Aquest factor multiplica notablement l'esforç que l'esgrimidor ha de realitzar per assolir el tocat definitiu, allargant l'assalt i afegint-se a la durada del mateix, el temps que els àrbitres utilitzen després de cada acció per jutjar la validesa i correspondència dels tocats.

En la bibliografia referenciada no apareixen estudis sobre l'espasa femenina, doncs com hem comentat, aquesta modalitat s'ha inclòs en el circuit internacional de la FIE l'any 1989. Els valors temporals registrats en els Campionats de Catalunya no difereixen de forma excessiva als de l'espasa masculina, presentant ambdues armes valors temporals que en els assalts a cinc tocats s'apropen als 3,5 min i en els combats a 15 tocats als 11 min de mitjana.

Finalment és d'interès contrastar els nostres resultats amb l'anàlisi de Waterloh i col. (1975) que en l'estudi del temps efectiu en l'assalt ens oferien dades de gran importància. Així, aquests Autors evidencien les diferències amb el sabre, ja repetides, al ser aquesta la única arma que presenta uns temps efectius en els assalts inferiors als de les pauses (46%). El judici de les accions, una a una, definint tota la frase d'armes, juntament amb la velocitat en que es produeixen les accions ofensives i la facilitat d'aconseguir el tocat, al ser possible contactar la superfície vàlida

del rival amb la totalitat de la fulla, condicionen execucions breus i pauses més grans que defineixen aquest percentatge de treball en els assalts. Sens dubte els tècnics podran valorar aquestes pauses, que faciliten la recuperació constant de les vies energètiques ràpides, si més no, l'afavoreixen en relació a d'altres armes, com l'espasa, on els temps de pausa es redueixen a tan sols el 30% de la totalitat de l'assalt, existint fases d'assalt efectiu molt més llargues (70%) on la intensitat variable dels combats no permet una recuperació en les condicions que els sabristes disposen.

L'anàlisi dels temps de treball i temps de pausa pot proporcionar a l'entrenador informació per a la determinació dels continguts de l'entrenament i la seva seqüenciació. Gorostiaga (1988) va realitzar una aproximació de la despesa energètica en el judo segons la distribució dels temps d'acció i repòs en combat, aconseguint un control més acurat del treball dels esportistes. La individualització de les valoracions podria permetre a l'entrenador realitzar una programació més personal, amb un control de la despesa en entrenaments i competició que millorés l'efectivitat dels mètodes d'entrenament en l'assoliment de la forma esportiva i possibilités una major recuperació de les càrregues físiques.

## 4.8. CONCLUSIONS

### Freqüència cardíaca

- El comportament de la freqüència cardíaca en competicions d'esgrima depèn, entre d'altres factors, del nivell esgrimístic dels participants. En el present estudi es van registrar valors mitjans superiors en una competició d'àmbit internacional ( $\bar{X}=170 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=5$ ;  $n=13$ ) en relació als d'una d'àmbit autonòmic ( $\bar{X}=159 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=13$ ;  $n=30$ ).

- Dels resultats de les proves d'esforç i dels diferents mesuraments en entrenament i competició d'esgrima, contrastats amb la literatura específica, es dedueix que la freqüència cardíaca en competició està en relació directa al nivell d'entrenament dels tiradors, així com a la intensitat dels assalts.

- La freqüència cardíaca en competicions d'esgrima presenta la tendència a incrementar els seus valors mitjans a mesura que es superen les eliminatòries, com a conseqüència de la major intensitat i dificultat tecnicotàctica per l'augment del nivell dels rivals, i per l'evolució de la fatiga en la durada de la competició.

- 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-circulatòria dels esgrimidors avaluats, importància de la competició pels tiradors, eliminatòria registrada, nivell del rival, dinàmica competitiva, arma i quantitat d'interrupcions en els assalts.

- Coincidint amb la literatura específica, confirmem que els valors de freqüència cardíaca de les esgrimidores femenines en competicions i proves d'esforç presenten la tendència a ser superiors als dels tiradors masculins.

- El floret masculí és la modalitat que presenta valors de freqüència cardíaca significativament més elevats en els Campionats de Catalunya absoluts ( $\bar{X}=167 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=9$ ;  $n=5$ ), mentre que el sabre té tendència a presentar les mitjanes més baixes ( $\bar{X}=154 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ;  $de=12$ ;  $n=5$ ).

- El temps real de participació en assalts dels tiradors en una competició d'esgrima és entre el 17% i el 18% del temps total. A més a més, cal considerar que en cada assalt existeixen pauses internes després de cada tocat o per aturades parcials ordenades per l'àrbitre, que disminueixen, encara més, els intervals temporals en que es competeix realment.

- Els valors mitjans de freqüència cardíaca de la globalitat de la competició ( $127 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ) són molt inferiors als corresponents als assalts ( $170 \text{ bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ), excloses les fases d'escalfament, descans entre assalts i períodes de recuperació a la fi de la prova.



- 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 %) els registres són inferiors als del llindar aeròbic.

- 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 d'un mateix esforç per a diferents esportistes, i —intrasubjectes— en la resposta de cada individu davant diferents situacions.

- No existeixen diferències significatives en els registres de freqüència cardíaca dels assalts guanyats o perduts pels tiradors.

- Els valors mitjans de freqüència cardíaca registrats durant la "poule" d'entrenament d'un grup heterogeni d'esgrimadors catalans (n=26) fou de 140 bat·min<sup>-1</sup> (de=18).

- La gran variabilitat detectada en el registre de la freqüència cardíaca en les classes individuals ( $\bar{X}$ =137 bat·min<sup>-1</sup>; de=15) confirma la necessitat de valorar individualment als subjectes i a determinar el nivell d'intensitat de les sessions en funció del mitjà d'entrenament i l'objectiu pretès.

- Malgrat existeixen punts d'elevada intensitat de treball (185 bat·min<sup>-1</sup>), els valors mitjans assolits pels mestres ( $\bar{X}=103$  bat·min<sup>-1</sup>;  $de=11$ ) en les classes individuals mostren un nivell d'intensitat de treball baix.

- En esports de combat o situació, com l'esgrima, amb caràcter intermitent i 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 ho és la freqüència cardíaca, és fonamental pels mestres a l'hora de quantificar la magnitud de la càrrega d'entrenament o competició.

### **Lactatèmia**

- Els valors mitjans de lactatèmia assolits pels esgrimidors en competició oficial ( $\bar{X}=3,7$  mmol·L<sup>-1</sup>;  $de=1,1$ ) no són gaire elevats i coincideixen amb els de la literatura.

- Els valors extrems de 1,8 i 6,4 mmol·L<sup>-1</sup>, emmarquen el rang mitjà de lactat sanguini en competicions d'esgrima sobre els 4,7 mmol·L<sup>-1</sup>, el que confirma la feble activació de la glicolisi en l'esgrima o, si més no, la reduïda massa muscular activa en situació d'anaerobiosi làctica.

- L'evolució de la lactatèmia durant una competició internacional no fou paral·lela a l'increment ascendent que les mitjanes de freqüència cardíaca presentaven en les tres fases eliminatòries (1V, ED, F8) .

- Les tiradores de floret femení van presentar valors mitjans significativament superiors ( $\bar{X}=4,2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ;  $de=1$ ) als espasistes ( $\bar{X}=3,4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ;  $de=1$ ;  $p<0,05$ ). Els valors màxims assolits en la competició també foren superiors en les floretistes ( $6,4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) en relació als espasistes ( $5,8 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

- Coincidint amb les conclusions de diferents autors (Lavoie 1988; Velázquez 1979; Hoch 1988), confirmem la feble intervenció del metabolisme lactàcid en l'esgrima, que obeeix a la utilització de les reserves energètiques alàctiques per als esforços de gran intensitat i curta durada, que es repeteixen en els assalts i que, amb les constants pauses interassalts i intraassalts, faciliten la recuperació contínua, disminuint l'activació de la glucolisi làctica.

- El fet que els assalts impliquin tan sols un 18 % del temps total en competició, i que d'aquest percentatge, les fases actives siguin d'entre el 25% i el 75% (Waterloh i col. 1975; Marini 1982; Lavoie i col. 1985), facilita la recuperació de l'esforç entre assalts i accions, i s'endarrereix la sol·licitació del mecanisme lactàcid.

### **Consum d'oxigen**

- El consum màxim d'oxigen dels tiradors en les proves d'esforç sobre cinta rodant és superior en la mostra masculina ( $\bar{X}=55,5-70,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) en relació a la femenina ( $\bar{X}=46,3-49,2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Les dades són consistents amb els valors descrits en la literatura.

- El treball de potència aeròbica màxima en les especialitats de cursa i natació del pentatló modern expliquen els elevats nivells de consum màxim d'oxigen ( $\bar{X}=71 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) registrats en els espasistes pertinents a aquest esport. Comparativament a d'altres activitats, el consum màxim d'oxigen registrat en els esgrimidors en la prova d'esforç és similar al d'esports d'equip com el futbol, el bàsquet, el rugbi i l'hoquei sobre patins.

- Existeix una gran correlació entre els valors de freqüència cardíaca i els de consum d'oxigen, tant en la realització de proves d'esforç ( $r=0,964-0,998$ ) com en la sol·licitació dels assalts d'entrenament ( $r=0,800-0,948$ ).

- El consum d'oxigen estimat en els assalts d'esgrima ( $\dot{V}O_2^{\text{ass}}$ ) en espasistes masculins i floretistes femenines ( $\bar{X}=47,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) és significativament ( $p<0,001$ ) superior al consum registrat en la globalitat de la competició ( $\dot{V}O_2^{\text{comp}}$ ) ( $\bar{X}=23,8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ).

- Els valors mitjans del consum d'oxigen en els assalts de les floretistes ( $\bar{X}=39,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) 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).

- Els nivells de consum d'oxigen en els assalts en una prova autonòmica —Campionats de Catalunya absoluts— foren inferiors als valors mitjans estimats en una competició internacional.

- Considerant els baixos nivells de lactatèmia de les competicions i entrenaments d'esgrima, deduïm que la major part del deute d'oxigen produït per l'activitat esgrimística es correspon a la fracció alàctica del mateix.

- El 41% (de=33) del temps total d'assalt, en una competició internacional, els esgrimidors treballaven a una intensitat estimada superior al  $\dot{V}O_2$  del llindar anaeròbic, un 40% (de=24) en valors situats entre els dos llindars i un 18% (de=14) per sota del  $\dot{V}O_2$  del llindar aeròbic.

- Els valors màxims de consum d'oxigen estimat en els assalts de competició pels homes foren d'entre 50,6 i 75,0 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, mentre que en les dones els màxims s'emmarcaren entre els 42,9 i els 51,6 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>. En relació al  $\dot{V}O_{2max}$  individual trobat en la prova d'esforç, els valors individuals de treball en els assalts es desenvoluparen 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.

- La comparació dels valors mitjans de l'estimació del consum d'oxigen en una competició autonòmica d'espasa i floret, ambdues tirades pels mateixos subjectes (n=3), va presentar valors similars sense apreciar-se diferències significatives.

- Els registres reals de consum d'oxigen en els assalts d'entrenament ( $\bar{X}$ =29 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>; 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 ( $\bar{X}=155$  bat·min<sup>-1</sup>; de=13) i els de competició ( $\bar{X}=170$  bat·min<sup>-1</sup>; 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 disminució dels valors, mitjans i extrems, de consum d'oxigen en els assalts d'entrenament en relació als de competició, obeeix —a banda dels factors emocionals presents en competició i a la possible sobreestimació de les dades— a les difícils condicions en que s'havien de realitzar els assalts amb l'analitzador telemètric per la implementació de l'analitzador (turbina i màscara) dins la careta, i la protecció addicional per a la unitat emissora.

- El consum d'oxigen presenta una tendència a l'increment dels seus valors en funció de la dificultat (entrenament - competició) i nivell d'importància (autonòmic - internacional) de l'activitat mesurada.

- L'estimació del consum d'oxigen en els assalts, mitjançant l'ús de l'equació resultant de la relació entre freqüència cardíaca i consum

d'oxigen en la prova d'esforç (general) presenta una sobreestimació més elevada que en l'ús de la relació amb els registres de la pròpia activitat (específica).

- Tots els subjectes de la mostra van presentar nivells inferiors de  $\dot{V}O_2$  en els registres directes —reals— en relació als de l'estimació general amb un error estàndard de l'estimació del 30 % ( $458 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ) dels valors reals. La sobreestimació mitjana, en els assalts d'entrenament, fou del 33 % sobre els valors reals, el que limita les conclusions de l'anàlisi de les dades.

- L'error estàndard de l'estimació específica fou del 19% ( $0,296 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ) en relació al consum d'oxigen mesurat directament. La quantificació de les diferències entre el consum real i l'estimat en els assalts va presentar una sobreestimació mitjana d'un 5 % ( $0,077 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ).

- El mètode d'estimació emprant la relació FC- $\dot{V}O_2$  de l'activitat específica millora substancialment l'estimació del consum d'oxigen i, per tant, podrà ser objecte d'una anàlisi més acurada en futures investigacions.

- 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, principalment com a control dels processos d'entrenament dels tiradors.

- La sobreestimació del consum d'oxigen obeeix 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-VO<sub>2</sub> 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.

### **Despesa energètica en competició**

- De la despesa energètica estimada ( $E^{\text{comp}}$ ) en la globalitat d'una competició internacional d'esgrima ( $\bar{X}=2119$  kcal ;  $de=1280$ ) es destaca la fracció produïda en el transcurs dels assalts que és de 777 kcal ( $de=495$ ). Els espasistes presentaren uns valors superiors a les floretistes en el global de la competició ( $\bar{X}$  EM=2847 kcal;  $\bar{X}$  FF=1270 kcal), així com en els assalts ( $\bar{X}$  EM= 924 kcal;  $\bar{X}$  FF=605 kcal).

- La potència energètica ( $\dot{E}$ ) també va presentar valors superiors ( $p<0,001$ ) en la mostra d'espasistes ( $\bar{X}=19,5$  kcal·min<sup>-1</sup>;  $de=2$ ) en comparació a les noies de floret ( $\bar{X}=10,7$  kcal·min<sup>-1</sup>;  $de=2,6$ ). Els resultats de la mostra masculina són superiors als descrits per Lavoie i col. (1988) en espasistes canadencs (15,5 kcal·min<sup>-1</sup>), i als descrits per Seyfried (1989) en una mostra de pentatletes (17,8 kcal·min<sup>-1</sup>).

- En el conjunt d'esgrimadors, homes i dones, la potència energètica presenta valors superiors en una competició internacional (15,4 kcal·min<sup>-1</sup>) en relació a una autonòmica (12,3 kcal·min<sup>-1</sup>), així com superioritat en els registres de competició respecte als d'entrenament (9,8 kcal·min<sup>-1</sup>).



- Els valors de potència energètica calculats en assalts d'entrenament mitjançant el registre telemètric del consum d'oxigen ( $7,4 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ) són consistents amb els dels esgrimidors cubans en situacions similars d'entrenament ( $6,9 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ; Díaz 1981).

- La competició provoca uns nivells d'exigència física on s'incrementen els nivells dels diferents indicadors funcionals com a conseqüència de la càrrega emocional. Aquest increment té menor incidència en proves simulades i entrenaments.

- A tota sobreestimació del  $\dot{V}O_2$  li correspon una sobreestimació de la despesa i potència energètiques, valorades indirectament, que hem de considerar en les limitacions de l'estudi.

- 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.

- Els resultats exposats en el treball són consistents amb la literatura, definint per a l'esgrima demandes energètiques mitjanament elevades del sistema anaeròbic alàctic i del sistema aeròbic, amb considerables exigències del sistema energètic en entrenaments i competició.

## Dinàmica temporal de la competició

- L'esgrima presenta requeriments fisiològics de rellevància que condicionen la necessitat d'un entrenament físic específic on s'ha de considerar la distribució de la càrrega competitiva en les diferents modalitats.

- 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.

- L'anàlisi de la dinàmica temporal del sabre, en el conjunt de la competició, en relació a la resta de modalitats presenta durades inferiors que són consistents amb d'altres estudis (Marini i col. 1984 ; Waterloh 1975). Els assalts en sabre, un a un, són també de durada molt inferior als de la resta de modalitats tant en les poules com en els assalts d'eliminació directa i final.

- 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.