

Variacions individuals dels diferents paràmetres biològics quantificats amb una prova d'esforç esglaonat

Feliu i Portusach, Josep; Ventura i Farré, Josep Lluís; Riera i Riera, Jordi

Introducció

En la realització d'un esforç és molt important l'aportació d'energia la qual pot provenir de dues vies metabòliques: l'anaeròbica i l'aeròbica.

Per això, quan valorem les capacitats energètiques d'un esportista intentarem quantificar aquestes dues vies. Per tal d'aconseguir-ho utilitzarem un sèrie de mitjans tecnològics (cinta contínua, cicloergòmetre, ergoanalitzador de gasos, etc.) al nostre abast als laboratoris de fisiologia de l'esforç.^{1, 7, 10}

Tothom coneix les variacions existents en la "performance" de l'atleta al llarg d'una setmana o fins i tot durant el dia. Encara que aquestes variacions solen ser incompletament conegudes.¹¹ Els factors que intervenen poden ser múltiples, tals com: meteorològics (temperatura, ionització, vent, humitat, etc.); ritmes circadians que poden incidir sobre els nuclis supraquiasmàtics de l'hipotàlam i que produeixen canvis en les funcions biològiques;^{13, 14} factors de tipus psicològic, etc.

La gran majoria de treballs científics sobre el tema arriben a la conclusió de remarcar la dificultat d'interpretació i quantificació d'aquests mecanismes fisiològics.^{11, 4, 9}

Aquestes variacions en el rendiment de l'atleta poden també quedar reflectides en els resultats dels tests de laboratori. Així, Coggan⁴ demostra que la variabilitat als tests de la "performance" pot tenir bàsicament, dos orígens: biològic i tecnològic.

La variabilitat tecnològica agrupa aquelles modificacions produïdes al laboratori per defectes instrumentals, diferències en la calibració, errors humans, etc. Tots aquests factors poden repercutir en els resultats d'unes proves d'esforç, especialment quan es realitzen en un mateix individu i en moments diferents.

D'altra banda, la variabilitat biològica reuneix totes aquelles altres modificacions d'origen multifactorial que poden influir en el rendiment esportiu.

Quan valorem a un mateix individu en moments diferents al laboratori, podem observar variacions en els resultats. Aquestes variacions poden ser degudes a l'entrenament o bé a aquells altres factors que hem descrit abans (ambientals, circadians, psicològics, etc.) que influeixen més o menys en els resultats. A causa d'això, resulta de gran interès intentar quantificar les variacions biològiques i tecnològiques mitjançant un paràmetre estadístic tal com el "coeficient de variació" ($C. de V = SD/X \times 100$). Quan realitzem controls cíclics en els esportistes, el coeficient de variació obtingut ens ajuda a discernir si els canvis produïts durant la temporada (millorament o empitjorament) són atribuïbles a l'entrenament o bé entren en el camp de la variabilitat biològica o tecnològica.

Diversos treballs estableixen un coeficient de variació tecnològica al voltant de l'1,6%.⁴ Henry diu que l'error tecnològic és molt petit, sobretot quan es compara amb la variació biològica. En altres treballs realitzats sobre diferents tipus de tests anaeròbics, Coggan arriba⁴ a la conclusió que la variabilitat es primàriament biològica, independentment del tipus de test utilitzat.

A la bibliografia trobem molts treballs sobre el coeficient de variació de diversos paràmetres fisiològics:

- Consum d'oxigen (VO_2 máx.). El C. de V. és de: 5,6% per Katch;⁹ 7,89% per H. Kuipers;¹¹ 6,8% per Wright;¹⁹ 9% per Graham.⁸
- Càrrega màxima assolida en cicloergòmetre. El C. de V. és de: 4,99% segons Kuipers.¹¹
- La variabilitat biològica entre diversos tests anaeròbics presenta un coeficient de variació del 5,4% (A.R. Coggan).⁴

– “Deuta d’oxigen” C. de V. de 21,3% (T.E. Graham).⁹

La majoria d’aquests treballs han estat realitzats amb mostres àmplies de subjectes, nombroses repeticions dels tests, i en períodes de temps que van de quatre mesos a un any. Cal considerar que en períodes tan llargs (un any) poden entrar en joc altres factors exògens (canvis d’entrenament, lesions, èpoques de menor activitat, etc.) que poden alterar la variabilitat “per se”.

Per tot el que hem dit fins ara, s’ha de considerar interessant de quantificar el coeficient de variació de tots aquests paràmetres i altres de nous (eficiència energètica, llindars anaeròbics ventilatoris).

El C. de V. té gran importància en la prevenció d’errors diagnòstics i de valoració dels esportistes en els controls cíclics. A més a més, és un dels millors tests per a avaluar el rigor metodològic de treball, en qualsevol centre de fisiologia de l’exercici.

Material i mètode

Subjectes

Cinc esportistes, homes, sans. Han participat en aquesta investigació, després de ser informats i donar el seu consentiment.

Tots ells coneixien el protocol utilitzat i estaven familiaritzats amb la prova. Tots els subjectes eren corredors de llarga distància. Habitualment entrenen cinc dies a la setmana, una mitjana d’hora i mitja per dia, treballant principalment la potència aeròbica (carrera continua). Les característiques físiques poden veure’s a la Taula I.

Per a realitzar la prova d’esforç els subjectes havien de complir les següents condicions:

- No ingerir aliments almenys tres hores abans de la prova.
- No realitzar cap esforç important el mateix dia.
- No fumar, ni ingerir alcohol almenys una hora abans de la prova.
- Utilitzar roba esportiva.

Taula I. Característiques físiques dels subjectes

	n.h.	Edat	Talla	Pes
(J.C.)	-141-	25	1.68	66.200
(A.L.)	-142-	29	1.75,5	74.300
(J.M.O.)	-163-	38	1.72,5	61.500
(J.P.)	-350-	45	1.71,50	54.800
(R.P.)	-351-	28	1.74,5	70.800
\bar{x}		33	1.72,40	65,52

Material

- Cinta ergomètrica (Rummer-1, Ergometrix, S.A., Barcelona, Spain) amb un microprocessador programable per a incrementar la velocitat respecte al temps i al pendent. A més, porta incorporat un regulador de la relació pes corporal / velocitat de la cinta, de cara a mantenir la velocitat programada, independentment del pes del subjecte.
- Ergoanalitzador (Oxycom 4, Myjnhardt, Brummick, Holanda), amb analitzador paramagnètic d’O₂ (Servomex); analitzador de captació de raigs infrarrojos (Myjnhardt) per al CO₂; ambdós tenen un temps de resposta de 10 segons; gasòmetre sec de 3,51; microprocessador.
- Ordinador IBM-PC (Mod. nº 5150, Scotland, United Kingdom). S’ha utilitzat per a processar les dades donades per l’ergoanalitzador i per a realitzar les gràfiques evolutives dels paràmetres d’interès.

Protocol de treball

Abans de cada prova vam calibrar l’ergoanalitzador amb un barreja de gasos coneguda i dades del medi ambient (pressió baromètrica, temperatura, humitat) per tal d’evitar al màxim els possibles errors tecnològics.

Es va realitzar una comprovació de la velocitat de la cinta amb cronòmetre durant un període de 30 segons, amb el subjecte corrent.

Es van descartar totes aquelles proves que no reunien les suficients condicions (mascarilla desconnectada en finalitzar la prova, errades de la monotonització de la freqüència cardíaca, etc.). El total de proves va ser de 31 (set en dos esportistes, sis en altres dos i cinc en un), considerant-ne com a vàlides 25. El protocol de la prova en cinta ha estat el següent:

- Quatre minuts de calentament amb una velocitat de 8 km/h amb pendent del 0%.
- Intervals d’un minut, incrementant 2 km/h la velocitat i amb pendent constant del 6%, fins arribar a l’esgotament.
- Període de 10 minuts de recuperació.

Els atletes van ser monitoritzats mitjançant tres electrodes que recollien la freqüència cardíaca, la qual era visualitzada amb un oscil·loscopi; mascarilla Rudolph (7900 – Medium Hans Rudolph, Inc., Kansas City, USA) per recollir gasos espirats, els quals eren analitzats per l’Oxycom-4 i arxivats a l’Ordinador IBM-PC.

Variables

- Els paràmetres recollits per l’ergoanalitzador han estat:

Temps de la prova (T); volum ventilatori (VE) freqüència respiratòria (FR); volum corrent (VC); consum d’O₂ absolut (VO₂); % d’oxigen i % d’anhidrid

Taula VII. Volum espiratori màxim

Vc màx	J.C.	JM C	R.P.	J.P.	A.L.	
\bar{X}	122,86	111,44	97,9	106,1	153,34	
S.D.	±3,94	3,49	10,5	4,09	5,52	
Coef.V.	3,20	3,13	10,7	3,85	3,59	
\bar{X} Coef.V						4,89

carbònic espirat VCO₂ màx.; cocient respiratori (R); freqüència cardíaca (FC); pols d'oxigen (Pols O₂); equivalent ventilatori per l'O₂ VE_q) i l'unitat metabòlica (Mets).

A part dels paràmetres directes, es van calcular uns altres: decreixença de la freqüència cardíaca en els tres primers minuts de recuperació; càlcul dels llindars aeròbic i anaeròbic, seguint el mètode proposat per Skinner-Mc. Lellam.^{15, 16} Els resultats s'expressen en % de la VO₂ màx./kg d'eficiència energètica, s'ha valorat mitjançant la relació entre el VO₂ màx./kg en el llindar anaeròbic i la velocitat en aquest punt; el "deute d'O₂" (consum d'oxigen en excés durant la recuperació) als 10 minuts post-esforç. Sumàrem les diferències del consum d'oxigen cada 30 segons de la recuperació i la mitjana del consum d'oxigen durant els dos minuts previs a l'inici de la prova, i el sumatori va ser dividit pel pes corporal (kg).

Anàlisi estadística

S'han obtingut els següents càlculs estadístics: La mitjana (X); desviació estàndar (SD) i coefi-

Taula VIII. Consum d'oxigen màxim per fer corporal

VO ₂ màx Kg	J.C.	JM C	R.P.	J.P.	A.L.	
\bar{X}	69,12	65,38	56,72	64,4	59	
S.D.	1,69	2,13	2,47	3,07	0,49	
Coef.V.	2,44	3,25	4,35	4,76	0,83	
\bar{X} Coef.V						3,12

Taula IX. Quocient respiratori

R	J.C.	JM C	R.P.	J.P.	A.L.	
\bar{X}	1,15	1,06	1,06	1,006	1,09	
S.D.	0,05	0,06	0,04	0,02	0,05	
Coef.V.	4,34	5,66	3,77	1,98	4,58	
\bar{X} Coef.V						4,06

cient de variació (CV = SD/X x 100) de 10 paràmetres citats amb anterioritat. Això s'ha fet per cada subjecte en el total de les proves. També s'ha calculat la mitjana dels coeficients de variació de cada paràmetre per separat.

Resultats

- La velocitat suportada en el màxim esforç ha estat de 18 km/h en la major part dels casos (4 subjectes), excepte un que ha arribat als 20 km/h. Dels que han arribat a una velocitat de 18 km/h, uns ho van fer durant 1 minut i altres només durant 30 segons. Per això, hem donat la durada de la prova en temps total.
- Dintre dels resultats globals dels diferents paràmetres biològics ventilatoris, cal destacar les variacions entre els subjectes per a un mateix paràmetre. Així, per la VE, el coeficient de variació ha estat entre el 3% i l'11% amb una mitjana del 5% (Taula VII). Ens agradaria destacar els coeficients de varia-

Taula X. Freqüència cardíaca màxima

Fc màx	J.C.	JM C	R.P.	J.P.	A.L.	
\bar{X}	190,4	182,4	186,6	183,8	196,6	
S.D.	7,12	2,30	8,47	4,14	6,22	
Coef.V	3,73	1,26	4,55	2,25	3,16	
\bar{X} Coef.V						2,99

Taula XI. Decrement de la freqüència cardíaca en tres minuts

F _C (3')	J.C	JM C	R.P.	J.P.	A.L.	
\bar{x}	89,4	79,2	61,4	88,6	88,2	
S.D	12,5	5,01	3,57	4,21	8,49	
Coef.v.	13,9	6,32	5,81	4,75	9,62	
\bar{x} Coef.v						8,08

ció d'alguns paràmetres en concret per la significació que representen.

- El VO₂ máx. presenta variacions interindividuales del coeficient de variació que van del 0.83% al 4,76% (mitjana del 3,12%). (Taula VIII).
- El C. de V. de la freqüència cardíaca màxima (FC max.) interindividual oscil·la entre l'1.26% i el 4.55% (mitjana del 2.99%). (Taula X).
- EL quocient respiratori (R), presentava un C. de V. del 4.06% amb unes variacions interindividuales molt petites, entre l'1,98% i el 5.66%. (Taula IX).
- El C. de V. de la decreixença cardíaca en els tres primers minuts post-esforç oscil·la entre el 13.9% (mitjana del 8.08%). (Taula XI).
- El C. de V. de l'economia de carrera individual va de l'1.66% al 7.83% (mitjana del 5.59%). (Taula XII).
- Són de gran interès, de cara a la posterior aplicació en l'entrenament, els C. de V. dels llinars ventilatoris. El C. de V. del llinar anaeròbic (LLA 2) és del 6.39%, mentre el de la FC en aquest llinar és del 2,88%. (Taula XV).

Taula XII. Eficiència energètica de carrera

Ef. Energy	J.C.	JM C	R.P.	J.P.	A.L.	
\bar{x}	3,83	3,97	3,59	3,96	3,83	
S.D	0,18	0,46	0,16	0,30	0,30	
Coef.v.	4,69	3,41	4,45	7,57	7,83	
\bar{x} Coef.v						5,59

Taula XIII. Consum d'oxigen en excés durant la recuperació

Deute O ₂	J.C.	JM.C	R.P.	J.P.	A.L.	
\bar{x}	98,21	74,71	81,5	56,96	62,42	
S.D.	22,51	7,86	7,30	13,6	9,76	
Coef.v.	22,9	10,52	8,95	23,8	15,63	
\bar{x} Coef.v						16,36

D'altra banda on s'han presentat més variacions ha estat en el llinar aeròbic (LLA 1) que oscil·la entre el 6% i el 17% (mitjana del 12%). Taula XIV.

- També s'han trobat grans variacions en el C. de V. del "deute d'O₂" (excés d'oxigen gastat o consumit durant la recuperació que va del 9% al 24%, amb una mitjana del 16%). (Taula XIII).

Per descartar l'existència d'un factor d'aprenentatge en la variabilitat dels paràmetres biològics, es va calcular la mitjana (X), desviació estàndard (SD) i coeficient de variació de l'economia de carrera, realitzada per tots els atletes en cada prova per ordre correlatiu. (Taula VI).

Destaquem que la mitjana (X) de l'economia de carrera en cada prova sofreix un descens progressiu, per a estabilitzar-se en la 3^a i 4^a prova (histograma de barres).

Discussió

- En el present estudi, el C. de V. del VO₂ máx. ha estat del 3.12% que és comparable a la variabi-

Taula XIV. Llinar aeròbic / freqüència cardíaca en el llinar

UA ₁ F _C	J.C.	JM C	R.P.	J.P.	A.L.	
\bar{x}	75% 158,3	67% 146,2	54% 130,8	67% 150,8	62% 154	
S.D.	8,98 7,63	11,39 9,49	3,13 15,5	6,44 6,57	10,40 17,34	
Coef.v.	11,9 4,81	17 6,49	5,75 11,8	9,61 4,35	16,7 11,2	
\bar{x} Coef.v						12,19 7,73

Taula XV. Llindar anaeròbic / freqüència cardíaca en el llindar

UA ₂ Fc	J.C.	JM C	R.P.	J.P	A.L.	
\bar{X}	93% 175,3	88% 168,8	86% 168,8	90% 175,4	88% 184	
S.D.	2,82 1,15	7,53 8,07	5,21 3,34	4,38 4,56	8,40 8,12	
Coef.V.	3,03 0,65	8,51 4,78	6,05 1,97	4,86 2,59	9,5 4,41	
\bar{X} Coef.V						6,39 2,88

Taula XVI. Temps total de la prova d'esforç

Temps Prova	J.C	JM C	R.P.	J.P	A.L.	
\bar{X}	648sg	570sg	582sg	582sg	558sg	
S.D.	16,4		16,4	40,2	26,8	
Coef.V.	2,53		2,81	6,90	4,80	
\bar{X} Coef.V						3,40

litat aportada per altres investigadors.^{11,9,19} Aquest valor se situa per sota de l'interval dels C. de V. per ells trobat que van del 3.7% al 7.3%.

– Cal destacar el baix C. de V. del llindar anaeròbic (LLA 2) respecte del llindar aeròbic (LLA 1).

Això podria interpretar-se com que amb el LLA 1 coincideixen una sèrie de fenòmens ventilatoris en resposta a la hiperventilació exagerada de l'inici de l'esforç. Aquest conjunt de fenòmens poden incidir o alterar la tendència fisiològica dels paràmetres utilitzats en la determinació del llindar aeròbic.

Aquests no estan bàsicament implicats en el llindar anaeròbic (LLA 2). Això és degut al fet que es

troba bastant allunyat de la fase inicial. Al existir menys variacions, els punts d'inflexió de les corbes de CO₂ VE i equivalent ventilatori per l'O₂, seran més específics i exactes quan els determinem.

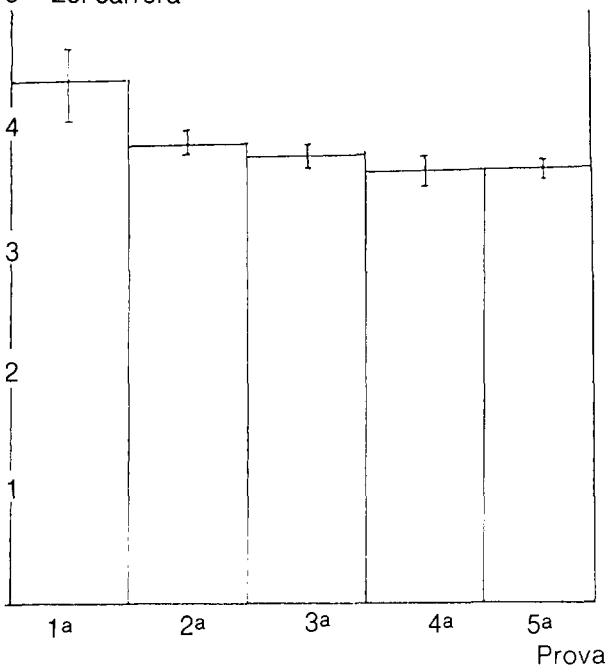
– De la mateixa manera, la freqüència cardíaca en el LLA 2 presenta un C. de V. baix, de l'ordre del 2,99%. Això és de gran interès de cara a l'aplicació pràctica per tal d'especificar les intensitats de l'entrenament.

– El paràmetre amb un C. de V. més gran és el "deute d'O₂" amb un valor del 16.36%. Per Graham és del 21,3%. Aquesta gran variabilitat pot ser explicada com que dintre del "deute d'O₂" intervenen molts factors (consum d'O₂ per elevació de la temperatura, treball respiratori, treball miocàrdic augmentat, etc.) de difícil control i àmplia oscil·lació.

– El C. de Variació de "l'economia de carrera" és del 5.59% bastant semblant al del VO₂ màx./kg. Aquest paràmetre no només ens correlaciona la despesa energètica respecte a la càrrega assolida sinó també és un índex indirecte d'eficiència energètica del gest esportiu, en aquest cas la carrera.

L'atleta que millor corri menys energia gastarà. No hem trobat en la revisió bibliogràfica^{2,3,5,6,12,17} cap treball que faci referència al C. de V. de l'economia de carrera. El nostre C. de V. ens mostra aquest paràmetre com un valor de gran fiabilitat i poca variació. El descens progressiu de l'economia de carrera en cada prova, malgrat la familiarització dels esportistes amb la cinta, parlaria d'un component d'aprenentatge, que s'afegiria a la variabilitat biològica, però hem de constatar que les condicions de repetitivitat de les proves realitzades per nosaltres (cinc proves seguides amb una diferència d'una setmana) no s'arriben a reproduir exactament en un laboratori de fisiologia de l'exercici per a la valoració cíclica dels esportistes per la qual cosa, queda el dubte de quina importància juga aquest component d'aprenentatge en valoracions cícliques espaiades (3 mesos).

5 Ec. carrera



La mitjana (\bar{X}) de les economies de la carrera en les diferents proves d'esforç correlatives.

NOH	R.P.	JM.C.	J.P.	A.L.	J.C.	N U M E R O D E P R U E B A
1ª	3.86	3.87	4.49	4.31	3.67	
2ª	3.55	3.74	3.93	3.98	4.10	
3ª	3.6	3.82	3.76	3.65	3.93	
4ª	3.41	4	3.75	3.55	3.78	
5ª	3.56	3.65	3.91	3.70	3.67	
\bar{X}	3.59	3.81	3.96	3.83	3.83	
S.D.	0.16	0.13	0.30	0.30	0.18	
Coef.V.	4.45	3.41	7.57	7.83	4.69	

Economia de la carrera

En el càlcul de l'economia de carrera no s'ha utilitzat la metodologia suggerida pels diversos equips de treball científics sobre el tema, ja que realitzem una prova d'esforç triangular d'esglaons d'un minut no arribant-se per això al "steady-state". Però en col.laboració amb el grup de treball del CEARE de Barcelona, que treballa amb la mateixa temàtica, vàrem observar una bona correlació en-

Nº PROVA						\bar{X}	S.D.	Coef. V.
1ª	3.86	3.87	4.49	4.31	3.67	4.04	0.34	8 %
2ª	3.55	3.74	3.93	3.98	4.10	3.86	0.21	5 %
3ª	3.60	3.82	3.76	3.65	3.93	3.75	0.13	3 %
4ª	3.41	4	3.75	3.55	3.78	3.698	0.22	6 %
5ª	3.56	3.65	3.91	3.70	3.67	3.698	0.12	3 %
NOH	R.P.	JM.C.	J.P.	A.L.	J.C.			

Economia de la carrera

tre l'economia de carrera del primer minut i el tercer minut en fase de "steady-state".²⁰

L'explicació de tots aquests fenòmens biològics, quantificats en aquest estudi, són difícils d'esbrinar. Coneixem l'existència de factors endògens o exògens que poden influir-hi. Tota vida fins la més simple, està regulada per una pulsació rítmica (G.S. Thommer-79 "La ciencia del biorritmo") els coneguts com ritmes circadians. En els homes, aquests ritmes s'expressen per oscil·lacions en els sistemes fisiològics (temperatura corporal, freqüència cardíaca, nivells hormonals), factors interns (neurotransmissions, electrolisis i substracts metabòlics) o resposta a estímuls externs (factors ambientals, aliments, drogues, etc.). L'estímul o sincronitzador primari per a l'home és el canvi de llum i la foscor del dia i nit, així com la interrelació social periòdica, tot això pot influir, d'alguna manera, en la "performance" dels atletes que, per exemple, arriben a un nivell superior de rendiment cap al vespre, respecte al matí.¹⁸

«És important tenir coneixement del moment en què s'efectua un test, dins de la comparació del nivell de "performance" realitzat en un mateix individu» (AEFA-68 Philippe Guillet). Els resultats d'aquest treball, i concretament els coeficients de variació, tenen un pes específic important, perquè s'ha treballat amb la metodologia habitual que utilitzem en les revisions dels atletes. Les diverses proves d'esforç s'han realitzat en una cinta contínua; el gest esportiu que han efectuat els subjectes avaluats és molt similar al que fan en la seva pràctica habitual (corredors de llarga distància) i a més a més, les proves s'han efectuat en períodes curts de temps (màxim una setmana) i aproximadament a la mateixa hora.

Creiem que tots aquests factors metodològics han contribuït a que els coeficients de variació dels diversos paràmetres hagin estat valors coherents i amb uns percentatges relativament baixos.

Ef. Ener	J.C.	JM.C.	R.P.	J.P.	A.L.
\bar{X}	3.83	3.81	3.59	3.96	3.83
S.D	0.18	0.13	0.16	0.30	0.30
Coef.V	4.69	3.41	4.45	7.57	7.83
\bar{X}					
Coef.V.					5.59

Economia de la carrera

Conclusions

1. EL C. de V. del VO₂ máx./kg en el present estudi ha estat del 3.12% bastant baix comparat amb el d'altres autors,^{8, 9, 11, 19} que tenen resultats que van del 3.7% al 7.3%.

2. El lliandar anaeròbic (LLA 2) és més exacte i creïble que el lliandar aeròbic (LLA 1), davant dels resultats d'ambdós C. de Variació, que són del 6.39% i del 12% respectivament.

3. La freqüència en el lliandar anaeròbic (LLA 2) ha presentat un C. de V. del 2.99%. Aquest valor és de gran fiabilitat de cara a determinar el nivell d'intensitat d'entrenament.

4. L'economia de carrera presenta un C. de V. del 5.59% del qual fins la actualitat no se'n tenia cap referència.

Aquest valor no ha experimentat millores progressives en un mateix individu en les diferents sessions.

Existeix un component d'aprenentatge que se sobreafegeix a la variabilitat biològica de l'econo-

mia de carrera, però que queda constatat en proves d'esforç molt seguides, no sabent si aquest component és tan important en valoracions espaiades (3 mesos).

Creiem que s'hauria d'estudiar si aquest C. de V. és el mateix en individus que realitzen altres esports diferents de l'atletisme, i que són valorats en cinta contínua.

5. El paràmetre que ha presentat un C. de V. més gran ha estat el "deute d'oxigen".^{16,36} Això és degut, probablement, que en el seu càlcul queden englobats multitud de factors. Aquest C. de V. ampli, s'haurà de tenir molt en compte a l'hora de valorar els resultats d'una prova d'esforç.

6. El C. de V. dels diversos paràmetres biològics esdevé encara més important quan fem la valoració cíclica dels esportistes en les diferents fases de l'entrenament.

Així podem interpretar les variacions en els resultats de les proves d'esforç com a canvis produïts per l'entrenament.

Bibliografia

1. ASTRAND, P.O. i RODHAL, K.: Fisiología del trabajo físico - bases fisiológicas del ejercicio. 2ª Ed. española. Editorial Panamericana.
2. CAVANAGH, P.R. i KRAM, R.: "The efficiency of human movement - a statement of the problem". Med. Sci. Sports Exerc. 17 (3): 304-308, 1985.
3. CAVANAGH, P.R. i KRAM, R.: "Mechanical and muscular factors affecting the efficiency of human movement". Med. Sci. Sports Exerc. 17 (3): 326-331, 1985.
4. COGGAN, A.R. i COSTILL, D.L. "Biological and Technological Variability of three anaerobic ergometer test". Int. J. Sports Med. 5 (3): 142-145, 1984.
5. CONLEY, D.L. i KRAHENBUHL, G.S.: "Running economy and distance running performance of highly trained athletes". Med. Sci. Sports. Exerc. 12 (5): 357-360, 1980.
6. DANIELS, J.T.: "A physiologist's view of running economy". Med. Sci. Sports. 17 (3): 332-338, 1985.
7. FOX, E.L. i MATHEWS, D.V.: "The physiological basic of physical education and athletics". Sanders C.P. N.Y. 1981.
8. GRAHAM T.E. i ANDREW G.M.: "The variability of repeated measurements of oxygen debst. in man following a maximal treadmill exercise". Med. Sci. in Sports 2 (2): 73-78, 1973.
9. KATCH, V.L.; SADY S.S. i FREEDSON, P.: "Biological variability in maximum aerobic power". Med. Sci. Sports. Exerc. 14 (1): 21-25, 1982.
10. KARPOVICH P.V. i WAYNE E. S.: "Physiologie de l'activité musculaire". W. B. Sanders Company, 1979.
11. KUIPERS H.; VERSTAPPEN F.T.J.; KEIZER, H.A.; GEURIEN P. i VAN KRANENBURG, G.: "Variability of anaerobic performance and laboratory and its physiologic correlates". Int. J. Sports. Med. 6 (4): 197-201, 1985.
12. POWERS S.K., DODD, S.; DEASON R.; BYRD, R. i McKNIGHT, T.: "Ventilatory Threshold. Running economy and distance running performance of trained athletes". R. Q. Exerc. Sports 54 (2): 179-182, 1983.
13. REYLLI, T. i BROOKS, G.A.: "Investigation of circadian rythms in metabolic responses to exercise". Ergonomics 25: 1.093-1.107, 1982.
14. REYLLY, T. i BROOKS, G.A.: "Exercise and the circadian variation in body temperature measures". Int. J. Sports Med. 7 (6): 358-362, 1986.
15. SKINNER, J.S. i MCLELLAN, T.: "The transition from aerobic to anaerobic metabolism". Res. Quart. Exercise and Sports 51 (1): 234-298, 1980.
16. WASERMAN; WHIPP, B.J.; KOYAL, S.N. i BAEVER W.L.: "Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise", J. Appl. Physiol. 35 (2): 236-243, 1973.
17. WILLIAMS KEITH R.: "The relationship between mechanical and physiological energy estimates". Med. Sci. Sports Exerc. 17 (3): 317-325, 1985.
18. WINGET CH. M.; DEROSHIA CH. W. i HOLLEY D.C.: "Circadian rhythms and athletic performance". Med. Sci. Sports Exerc. 17(5): 486-516, 1985.
19. WRIGHT G.R.; SIDNEY, K. i SHEPHARD R.J.: "Variance of direct and indirect measurements of aerobic power". J. Sports Med. 18: 42-53, 1978.
20. RODES, G.; ESTRUCH A.; PONS V. i VENTURA, J.L.: "Economía de carrera; comparación entre distintos métodos de valoración en el laboratorio". Comunicación del IV Congrés Internacional d'Euskadi.

