

# *Efectes de la freqüència de gambada en el cost energètic de la cursa*

**Manuel Lapuente**  
**Salvador Olaso**  
**Assumpta Ensenyat**  
**Alberto García-Fojeda**  
**Alfonso Blanco**  
**Felipe Calvo**

*INEFC Lleida*

## **Paraules clau**

biomecànica,  $\dot{V}O_2$ , lactat, condició física específica, Fcc, Lcc, eficiència energètica

## **Abstract**

*In view of the lack of studies relating Fcc with lactate production and oxygen consumption applied to races at speeds higher than those corresponding to the anaerobic ventilatory threshold (VT2), the present study observed the relationship between some mechanical aspects cyclical movements (speed of the movement, frequency and length of the cycle), with some metabolical and cardiovascular aspects (lactate in the blood after the effort  $\dot{V}O_2$  and FC) for a speed of movement equivalent to 90% of individual VMA in women with an average level of training following a regulated and systematic training for at least 2 years. The anthropometrical values (average SD) of the sample are: age  $21 \pm 4$  years; height:  $162 \pm 6$  cm; weight:  $50 \pm 3$  kilos, and a  $\dot{V}O_{2max}$  of  $64 \pm 5$  ml  $O_2$ /kg/min.*

*We did three tests on a moving belt with at least 2 days between them, lasting 6 minutes and at 90% of VMA. One with a free chosen frequency of cycle (Fcc), another without an increased Fcc and the last one with a reduced Fcc.*

*As a conclusion it seems obvious that for a run on the moving belt at 90% of VMA and during 6', small variations (10% in mechanical parameters modify the needs of  $\dot{V}O_2$ , lactate production and FC for each subject.*

*Therefore it is possible to attain, using these variations in daily training, specific adaptations going deeper than those obtained only through a work based on the speed of movement.*

## **Resum**

Donada la falta d'estudis que relacionen la Fcc amb la producció de lactat i consum d'oxigen aplicats a la cursa a velocitats de desplaçament superiors a les corresponents amb el llindar anaeròbic ventilatori (VT2), es va decidir la realització del present estudi, l'objectiu del qual ha estat observar les relacions que es donen entre alguns aspectes mecànics del desplaçament cíclic (velocitat de desplaçament, freqüència i longitud de cicle), amb alguns aspectes metabòlics i cardiovasculars (lactat en sang post-esforç,  $\dot{V}O_2$  i FC), per a una velocitat de desplaçament del 90% de la VMA individual, en dones entrenades de nivell mitjà, que segueixen un entrenament reglat i sistematitzat des de fa almenys 2 anys.

Els valors antropomètrics (mitjana  $\pm$  SD) de la mostra són: edat  $21 \pm 4$  anys; estatura:  $162 \pm 6$  cm; pes:  $50 \pm 3$  kg, i un  $\dot{V}O_{2max}$  de:  $64 \pm 5$  ml  $O_2$ /kg/min.

Es van realitzar tres proves sobre tapis rodant, separades entre si almenys dos dies, d'una durada de sis minuts i al 90% de la VMA. Una es va realitzar amb la freqüència de cicle (Fcc) lliurement escollida, una altra amb Fcc incrementada i la tercera amb la Fcc disminuïda.

Com a conclusió, sembla evident que per a la cursa en tapis rodant al 90% de la VMA i durant 6', les petites variacions (10%) dels paràmetres mecànics modifiquen les necessitats de  $\dot{V}O_2$ , producció de lactat i FC de cada subjecte.

Per això és possible que, utilitzant aquestes variacions en l'entrenament diari, es puguin aconseguir adaptacions específiques més profundes que les obtingudes només mitjançant el treball basat en la velocitat de desplaçament.

## **Introducció**

En la recerca del màxim potencial de rendiment de l'ésser humà, es desenvolupen noves metodologies i formes d'organització dels exercicis d'entrenament per optimitzar els seus efectes entrenants i individualitzar al màxim les càrregues que se suporten diàriament.



Malgrat que es pot considerar el sistema de l'atletisme com un dels més avançats, en el que a metodologia de l'entrenament es refereix, encara existeixen uns certs aspectes que estan menys estudiats que han de millorar-se i aprofitar-se per entendre millor el funcionament de l'organisme de l'atleta i aconseguir prestacions esportives.

Donat el creixent èmfasi que reben les curses de mig fons i fons en l'actualitat, a causa de l'increment espectacular dels enregistraments mundials aconseguits en la majoria de les distàncies, sembla lògic pensar que qualsevol petit avançament en la metodologia de l'entrenament que pugui ser aplicada en les sessions diàries, pot ser de gran ajuda a atletes i entrenadors. Per ser aquestes especialitats cíclics, és possible controlar i relacionar uns certs paràmetres mecànics amb altres metabòlics i cardiovasculars, de manera que es pugui incórrer en els diferents nivells d'intensitat mitjançant l'observació de variables senzilles de controlar, com són la velocitat i la freqüència de cycle.

El pressupost de partida és l'increment demostrat de la concentració de lactat en sang conforme augmenta la velocitat de desplaçament. En el pla mecànic podem descompondre la velocitat en  $F_{cc} \times L_{cc}$ , factors tots dos que s'incrementen amb l'augment de la velocitat de desplaçament, però amb una dinàmica diferent per a cada estadi de velocitat i per a cada subjecte (Mcginnis i Dillman, 1989; a Grana i cols., 1989). Paral·lelament sabem que un augment de la  $L_{cc}$  implica temps de vol, mentre que per a major  $F_{cc}$  la tendència és de disminuir el temps de contacte. Com sabem que existeix una freqüència òptima individual (Wilson i cols., 1996; Verchoshanskij, 1996 i 1997; Voss i Kreuse, 1997; Lehmann, 1997) que és natural de cada subjecte i cada tipus de moviment (amb clara referència a les estructures neuromusculars i tendinoses), qualsevol variació del patró mecànic òptim individual implicarà una despesa energètica major, i això repercutirà negativament en l'economia d'esforç, i per tant, en l'eficiència de cursa.

Existeixen treballs publicats que fan referència a l'estudi de paràmetres similars, especialment relacionats amb la longitud de cycle, (Cavanagh i Williams, 1982; Powers i cols., 1982; Plyley i cols., 1985; Heinert, i cols., 1988; Colli i cols., 1994; Klein, i cols., 1997), però bé utilitzen velocitats de desplaçament baixes (per sota del llindar anaeròbic o VT2), o si ho fan a velocitats superiors, pertanyen a un altre esport (piragüisme, natació, ciclisme).

D'altres estudis similars han estat àmpliament referenciats (Grana i cols., 1989), però igualment utilitzen velocitats de desplaçament que corresponen a estats estables, i els resultats obtinguts són variats, i trobem alguns en què el  $\dot{V}O_2$  és similar en les diferents condicions estudiades, i d'altres en què el  $\dot{V}O_2$  és superior utilitzant  $L_{cc}$  superiors, és a dir, la cursa amb  $L_{cc}$  és menys econòmica.

Donada la falta d'estudis que relacionen la  $F_{cc}$  amb la producció de lactat i consum d'oxigen aplicats a la cursa a velocitats de desplaçament superiors a les corresponents amb el llindar anaeròbic ventilatori (VT2), es va decidir la realització del present estudi, l'objectiu del qual ha estat observar les relacions que es donen entre alguns aspectes mecànics del desplaçament cíclic (velocitat de desplaçament, freqüència i longitud de cycle), amb alguns aspectes metabòlics i cardiovasculars (lactat en sang post-esforç,  $\dot{V}O_2$  i FC), per a una velocitat de desplaçament del 90% de la VMA individual, en dones entrenades de nivell mitjà.

## **Material i mètodes**

### **Subjectes**

En aquest estudi van participar voluntàriament tres dones que competeixen en proves de mig fons i fons. Aquestes atletes participen en els equips Club Atlètic Lleida-UdL i Dominiques, i segueixen un entrenament reglat i sistematitzat des de fa almenys 2 anys.

Els valors antropomètrics (mitjana  $\pm$  SD) de la mostra són: edat  $21 \pm 4$  anys; estatura:  $162 \pm 6$  cm; pes:  $50 \pm 3$  kg.

### **Procediment**

Les atletes van realitzar una prova d'esforç progressiva i màxima en tapís rodant (Powerjog) amb una pendent fixa del 3% i increments de la velocitat de  $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  cada minut fins que es van aconseguir els criteris de maximalitat de Jones (1985). La velocitat inicial va ser de  $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Durant la prova es van registrar els paràmetres ventilatoris utilitzant un analitzador de gasos (CPX, Medical Graphics Corporation) i es va monitoritzar la freqüència cardíaca mitjançant un pulsòmetre (Polar Sport Tester). Així mateix, també es va registrar la freqüència de cycle per a cada velocitat.

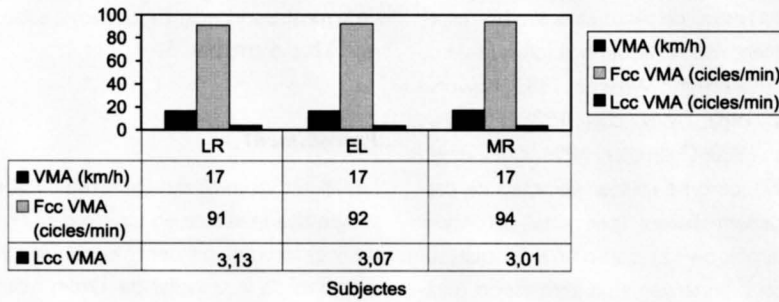
Des de les dades de la prova d'esforç es va determinar la velocitat aeròbica màxima per a cada subjecte.

Una vegada determinada la velocitat aeròbica màxima (VAM) del subjecte (García-Verdugo i Leibar, 1997) es va calcular la velocitat que corresponia al 90% de la VAM.

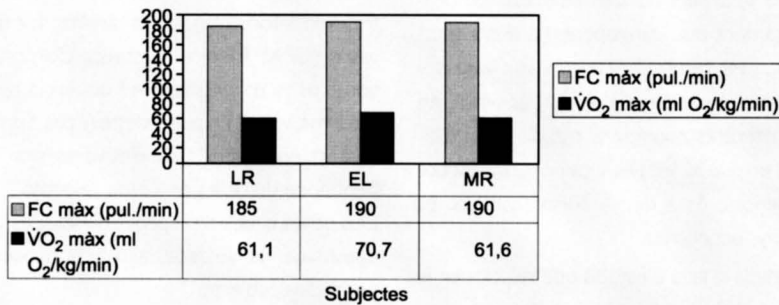
Una setmana més tard, i amb pauses d'almenys dos dies de descans, es van realitzar tres proves ( $P6'L$ ,  $P6'F_{cc}$ ,  $P6'L_{cc}$ ) quadrangulars en tapís rodant. En aquestes proves la pendent (3%) i la velocitat (90% de la VAM) es mantenien fixes durant 6 minuts.

Durant les proves es van monitoritzar el consum d'oxigen ( $\dot{V}O_2$ ), la freqüència cardíaca (FC) i la freqüència de cycle ( $F_{cc}$ ). Així mateix, al final de cada prova i en els minuts 1, 3, 5 i 7 de recuperació es van prendre mostres de sang capil·lar del lòbul de l'orella per a l'anàlisi del lactat hemàtic mitjançant un sistema fotoenzimàtic (Dr. Lange).

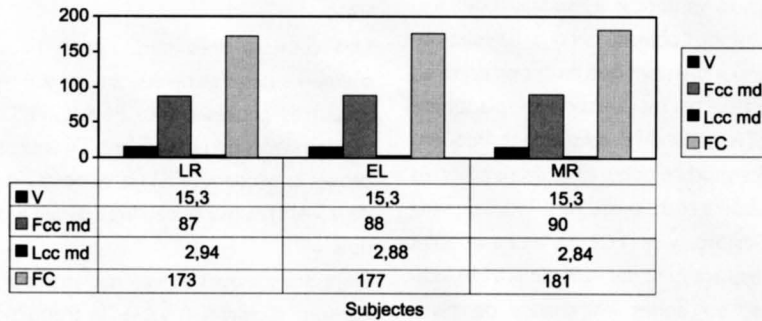
Des de la primera prova ( $P6'L$ ), que es realitzava de forma lliure i individual, es van determinar els paràmetres de  $F_{cc}$  i longitud de cycle ( $L_{cc}$ ) lliurement escollits per cada atleta. En les altres dues proves es va invitar a cada subjecte per què intentés mantenir una  $F_{cc}$  un 10% superior ( $P6'F_{cc}$ ) o inferior ( $P6'L_{cc}$ ) a la lliurement



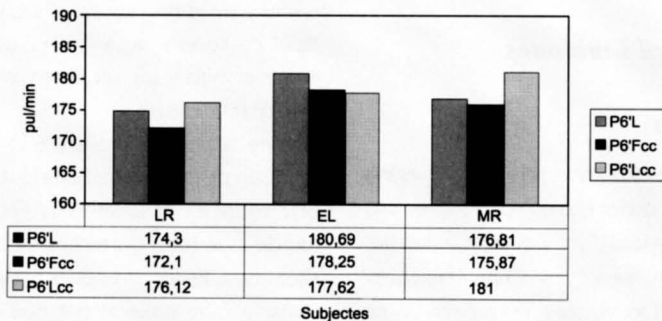
Gràfic 1. Dades corresponents a la prova d'esforç incremental: variables mecàniques.



Gràfic 2. Dades corresponents a la prova d'esforç incremental: variables fisiològiques.



Gràfic 3. Dades corresponents al 90% de la VMA a la prova d'esforç incremental.



Gràfic 4. Dades corresponents a la FC a les proves d'esforç de 6 minuts de durada.

escollida, en tots dos casos el ritme de la Fcc es va controlar amb un metrònom. L'ordre d'aquestes proves (P6'Fcc i P6'Lcc) va ser aleatori.

Totes les proves s'han realitzat en el laboratori de Valoració Funcional de l'INEFC-Lleida.

**Fcc i Lcc**

La Fcc va ser enregistrada als 30 segons de cada palier i es va calcular segons el temps trigat a realitzar 5 cicles complets (sis suports del mateix peu), segons la fórmula:

$$Fcc = (\text{núm. cicles/temps en realitzar el núm. de cicles}) \cdot 60.$$

El resultat s'expressa en cicles/minut.

Es consideren les mitjanes obtingudes durant els 6 minuts de les proves.

En base al coneixement de la velocitat de desplaçament i de la Fcc, calculem la Lcc, segons la següent fórmula:

$$Lcc = V/Fcc$$

El resultat s'expressa en metres per cicles.

**Anàlisi estadística**

Les dades han estat tractades mitjançant procediments d'estadística descriptiva i analítica utilitzant el programa informàtic SPSSPC+.

Per als paràmetres  $\dot{V}O_2$ , FC a les proves quadrangulars s'han considerat els valors mitjans  $\pm$  SD obtinguts entre els minuts 3 i 6 de la prova descartant els primers minuts en els quals encara no s'ha assolit l'estat estable. Per a la Fcc s'han considerat els valors mitjans  $\pm$  SD obtinguts durant tota la prova. Per al lactat hemàtic s'ha considerat el punt màxim observat durant la recuperació.

La comparació entre les mitjanes s'ha realitzat de forma individual per a cada atleta mitjançant Oneway, amb un nivell de significació de  $p < 0,05$ .

## Resultats

Presentem als gràfics 1 i 2 les dades corresponents a la prova d'esforç inicial, i al gràfic 3 els que fan referència al 90% de la VMA.

A continuació es presenten als gràfics 4 a 8 les dades obtingudes a les proves contínues de 6 minuts.

A la prova inicial incremental, s'observa que els subjectes presenten una mateixa VMA (gràfic 1), coincidint per tant el valor de la velocitat al 90% de l'esmentada VMA, que supera en tots els casos la velocitat obtinguda per al llindar ventilatori 2 (VT2). Tanmateix s'observa com els altres valors (FC, Fcc i Lcc) varien d'un subjecte a un altre.

Segons el valor obtingut de  $\dot{V}O_{2\max}$  (gràfic 2), es pot afirmar que els subjectes presenten una bona prescripció per a l'entrenament aeròbic de resistència.

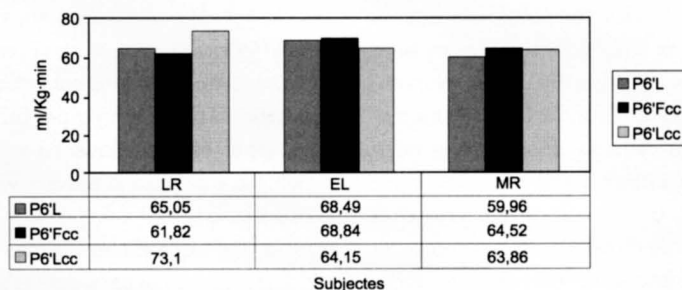
A les proves d'esforç de 6 minuts de durada, es pot observar com els valors obtinguts de FC mitjana són similars, i no presenten diferències estadísticament significatives en la comparació entre les tres proves de cada subjecte.

Pel que fa referència al  $\dot{V}O_2$  mitjà assolit a les proves de 6 minuts, s'observa una dinàmica similar a la de la FC, i són igualment les diferències estadísticament no significatives. A excepció d'una prova d'un subjecte (EL), el  $\dot{V}O_{2\max}$  és superior en totes les proves realitzades (P6') que el màxim obtingut per cada subjecte durant la prova progressiva.

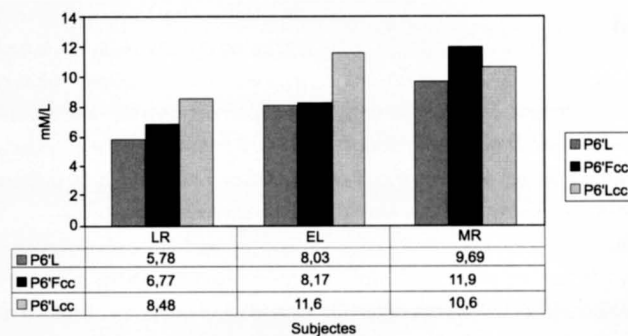
El punt de lactat en sang post-esforç de cada una de les tres proves de 6 minuts presenta un perfil individual i diferent per a cada un dels subjectes, destacant en dues d'elles el punt més elevat en la P6'Lcc, mentre que en la tercera ho aconsegueix en la P6'Fcc. En qualsevol cas, per als tres subjectes s'han trobat els valors mínims de lactat en la P6'L.

Aquestes dades evidencien una resposta a l'esforç específica i individual de cada subjecte, d'acord amb el seu estat de preparació específica per a l'esdeveniment.

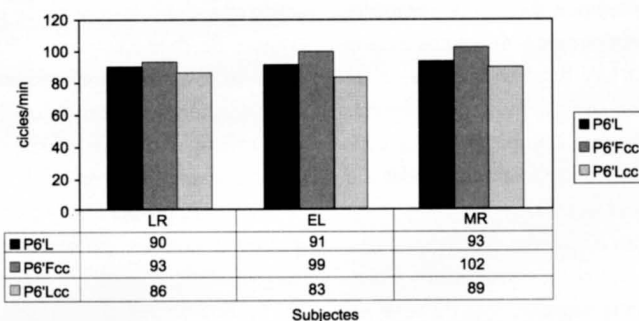
A les proves d'esforç de 6' amb Fcc lliure (P6'L) (gràfic 7) s'observa com la Fcc obtinguda



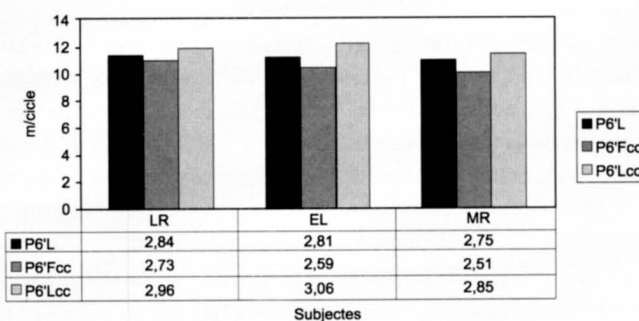
Gràfic 5. Dades corresponents al  $\dot{V}O_2$  obtingut a les proves d'esforç de 6 minuts de durada.



Gràfic 6. Dades corresponents al punt màxim de lactat post-esforç produït a les proves de 6 minuts de durada.



Gràfic 7. Dades corresponents a la Fcc mitjana mantinguda durant les proves de 6 minuts de durada.



Gràfic 8. Dades corresponents a la Lcc mitjana mantinguda durant les proves de 6 minuts de durada.

guda és una mica més gran que l'esperada, segons les dades extrapolades de la prova incremental inicial (gràfic 3). En les altres dues proves (P6'Fcc i P6'Lcc) els valors obtinguts de Fcc i Lcc no sofreixen grans modificacions respecte dels obtinguts en la P6'L, no arribant a assolir el 10% previst per a tots els casos, el que pot influir en la valoració de l'aportació de cada una de les variables estudiades respecte de les dades obtingudes.

### Discussió

En el rendiment esportiu intervien una combinació de diferents factors, diferents en cada subjecte, i això fa que les variacions introduïdes en les proves amb Fcc modificada provoquin respostes diverses per a cada un d'ells.

Entre aquests factors es troben principalment els mecànics (Fcc, Lcc, valors òptims individuals per a cada velocitat, força màxima manifestada i temps en què es manifesta, VMA, velocitat Maxlass, velocitat en el Llinar Anaeròbic ventilatori segons la distància i el temps emprats) i els metabòlics ( $\dot{V}O_{2m\grave{a}x}$ , lactat en sang a VMA, lactat en sang a velocitat d'UA, lactat en sang a velocitat Maxlass, tipus de fibres musculars predominants i utilitzades), i també, el grau de condició física específica (adaptació específica a la modalitat practicada).

A més a més d'aquestes diferències degudes a les diverses característiques individuals de cada subjecte, s'ha de tenir en compte el tipus d'entrenament realitzat així com les velocitats i distàncies habituals utilitzades per cada subjecte.

No podem oblidar que els subjectes del present estudi són dones, i com ja van apuntar Williams i Krahenbuhl (1997), el cicle menstrual de la dona pot afectar a diversos factors del rendiment de resistència. Aquest factor no ha estat tingut en compte en el present estudi, la durada del qual ha estat de quatre setmanes, i en conseqüència les fases del cicle menstrual poden haver influït en els resultats obtinguts.

Dins dels factors mecànics estudiats, el primer que s'observa és que la Fcc obtinguda

en la P6'L és, en els tres subjectes, superior (3 cicles/minut) a la corresponent al 90% de la VMA extreta de la prova incremental realitzada prèviament. Aquesta variació pot ser deguda al temps emprat per palier a la prova incremental, que va ser de només un minut, mentre que a la prova a velocitat constant es va utilitzar una durada de sis minuts, i en conseqüència els subjectes disposen d'un major temps per escollir el seu Fcc individual.

D'altra banda s'observa com la Fcc utilitzada a la P6'L és pràcticament la mateixa (1 cicle/minut menor) que l'obtinguda a la prova incremental en assolir la VMA, cosa que implica en els tres subjectes que el recurs utilitzat per incrementar la velocitat a aquests nivells d'intensitat (entre el llinar anaeròbic ventilatori i el  $\dot{V}O_{2m\grave{a}x}$ ) és la recerca d'una gambada més àmplia (Lcc).

A les proves P6'Fcc els tres subjectes mantenen una Fcc mitjana superior a l'aconseguida a la prova incremental a nivell de la VMA, encara que a diferent proporció cada un.

L'altre factor mecànic estudiat va ser la Lcc, que mostra uns valors a la P6'L inferiors als obtinguts a la prova incremental per a una velocitat de desplaçament del 90% de la VMA. Sembla ser que els subjectes estudiats s'adapten a una velocitat del 90% de la VMA mitjançant la disminució de la gambada i increment de la freqüència per a una durada de sis minuts d'esforç constant, o igualment, que en durades menors de temps d'esforç, i per ser aquest progressiu, la tendència d'adaptació a la nova velocitat sembla ser mitjançant la utilització inicial de Lcc majors.

També s'observa que a la P6'Lcc només un subjecte assoleix una Lcc similar a l'aconseguida a la prova incremental en assolir la VMA. Això implicarà que els nivells d'esforç mostrats a cada una de les proves de sis minuts de durada amb variació dels patrons mecànics individuals, seran probablement diferents d'un subjecte a un altre, fent difícil la seva interpretació.

Pel que fa referència als paràmetres fisiològics estudiats, s'observa com les variacions en la FC obtinguda en les diferents proves, tant contínues com la incremental, són mí-

nimes i no significatives. En qualsevol cas els valors obtinguts a cada prova contínua varien entre subjectes, i un aconsegueix el màxim valor a la P6'L, mentre que els altres dos ho aconsegueixen a la P6'Lcc.

El punt de  $\dot{V}O_{2m\grave{a}x}$  aconseguit durant les proves quadrangulars de sis minuts de durada va ser, a excepció d'una prova per a un subjecte, superior a l'aconseguit a la prova incremental.

Aquest fet ja ha estat constatat anteriorment (Hill i cols., 1997), i això fa recapacitar en la validesa dels tests incrementals a l'hora d'obtenir el  $\dot{V}O_{2m\grave{a}x}$ , així com la VMA. Sembla lògic pensar que durant l'execució del test incremental, en què es produeix el pas en la predominança d'una via d'obtenció d'energia a una altra (d'aeròbica a anaeròbica), es produeixen interferències d'un metabolisme a un altre (Villanueva, 1994), especialment amb protocols que utilitzin paliers de curta durada, el que pot suposar una dificultat per al màxim aprofitament de la capacitat de captació i utilització d'oxigen per part de la musculatura utilitzada, a causa de la falta de temps d'adaptació. Això no succeeix durant una prova rectangular, en la qual les condicions "relativament estables" poden permetre al subjecte aprofitar molt la seva capacitat per captar i consumir oxigen, depenent igualment del nivell d'intensitat exigida i de la durada d'aquesta.

Aquesta situació és reflectida perfectament per Neumann i Gohlitz (1998), amb la seva proposta sobre la determinació dels límits en base a proves progressives en què la distància a realitzar en cada palier depèn de la prova de l'atleta.

Malgrat tot, atenent al  $\dot{V}O_2$  mitjà obtingut entre els minuts 3 i 6 de les proves quadrangulars, s'observa una resposta diferent per a cada subjecte. En un d'ells, els valors mitjans obtinguts són superiors a les tres proves de sis minuts de durada que el màxim aconseguit a la prova incremental. En un altre, es dona el cas contrari; els valors són inferiors a les proves contínues que el màxim de la prova incremental. En el tercer, el valor és inferior per a la P6'L, i superior per a les altres dues proves.

De totes maneres sembla necessari l'estudi d'altres variables fisiològiques per complementar l'estudi dels requeriments energètics a aquests nivells d'intensitat. Per això s'ha incorporat l'estudi del punt màxim de lactat en sang post-esforç, que ve a ser un indicatiu del grau d'activació del metabolisme anaeròbic.

S'observa la menor concentració de lactat en sang després de la P6'L en els tres subjectes, mentre que la màxima concentració es troba després de la P6'Lcc per a dos subjectes, i en la P6'Fcc per a un subjecte.

Novament es poden observar diferències en la resposta fisiològica per a cada subjecte, que es poden relacionar amb la utilització de les variables mecàniques estudiades.

Per a això, es parteix del supòsit en què cada subjecte utilitza la combinació de Fcc i Lcc més eficient durant la P6'L, però tal com ja van apuntar d'altres investigadors (Fairweather i cols., 1996; Brisswalter i cols., 1996; Verchoshanskij, 1997), no sempre té per què ser així.

És possible que durant la cursa a la mateixa velocitat però amb major Fcc s'incrementi el  $\dot{V}O_2$  a causa de la major implicació del metabolisme aeròbic (naturalment sempre i quan els requeriments energètics estiguin situats per sota del nivell determinat pel  $\dot{V}O_{2m\grave{a}x}$ , i el ritme d'obtenció d'energia sigui assequible per les possibilitats de l'atleta). Hem de tenir en compte que, per a la mateixa velocitat de desplaçament, la utilització d'una menor Fcc suposa una Lcc augmentada, a costa d'una major aplicació de força, és a dir, una implicació de la resistència específica local (Verchoshanskij, 1996 i 1997). Una major implicació muscular (major tensió aplicada) pot suposar una major oclusió dels vasos sanguinis que aporten l'oxigen, i tot plegat converteix la cursa amb major Lcc en "més anaeròbica" que la cursa amb Fcc incrementada, ja que en aquest cas suposem que per ser menor l'aplicació de força específica, però més contínua, s'incrementen les necessitats d'aportació de sang i amb ella d'oxigen.

D'una altra banda no s'han d'oblidar els patrons d'activació de les fibres musculars, així com les característiques d'aquestes en cada subjecte. Mentre que en esforços més curts

podran utilitzar-se més les fibres més ràpides i menys resistents, en els més duradors es tendirà a utilitzar les menys ràpides i més resistents, encara que depenen de la fatiga que s'hi produeixi, també podran utilitzar-se les primeres. Així s'arriba a observar un cert paral·lelisme entre els conceptes de "potència" i "capacitat" utilitzats que fan referència a les vies energètiques, amb els tipus de fibres utilitzades en cada nivell d'esforç. A més a més, i de la mateixa manera que es realitza amb la velocitat, i per tant amb els factors que la componen (Fcc i Lcc), s'ha de tenir present els patrons d'activació que es donen per a cada subjecte a cada nivell d'intensitat, depenent entre altres factors ja comentats, de la preparació específica per a cada modalitat.

Powers i cols. (1982) de la mateixa manera que d'altres investigadors que referencien, van trobar als seus estudis que la cursa amb Fcc augmentada, incrementava la ventilació del subjecte (comparada amb la cursa amb menor Fcc), el que pot ser un dels factors perquè es vegi incrementat el  $\dot{V}O_2$ , per la qual cosa es pot suposar que la cursa amb Fcc és més exigent a nivell cardiovascular que amb menor Fcc, que ho serà paral·lelament a nivell neuromuscular.

Un altre dels factors a tenir en compte és el potencial màxim de freqüència que posseeix cada subjecte. Per ser aquest un factor individual i predeterminat, segons el grau d'entrenament a cada moment, el subjecte tindrà un major marge per mobilitzar el seu potencial de freqüència, i és per tant més o menys econòmic en l'execució del moviment.

No hem d'oblidar que, com anteriorment s'ha comentat, la velocitat de desplaçament és producte de la Fcc i Lcc, però paral·lelament, la Lcc depèn tant de la força aplicada com del temps durant la que s'aplica. Això

indica que les característiques de l'aportació energètica per mantenir un esforç determinat depenen directament de la quantitat d'energia necessària i del temps que es necessita per obtenir-la (figura 1).

A més a més, sembla ser que com diversos autors han demostrat o comentat (Wilson i cols., 1996; Verchoshanskij, 1996; Barstow i cols., 1996; Brisswalter i cols., 1996; Voss i Kreuse, 1997; Verchoshanskij, 1997), existeix una freqüència òptima individual, tant a nivell d'estructures (tendinomisulars) com a nivell de l'organització del moviment en el temps (freqüència de cicle), i això fa que la relació de dependència entre velocitat de desplaçament i els requeriments energètics sigui complicada d'interpretar.

Aleshores, per observar l'eficiència en la utilització de cada Fcc, es requereix atendre tant al consum d'oxigen (com indicador del grau d'activació de la via aeròbica) com al lactat produït (com indicador del grau d'activació de la via anaeròbica).

Una Fcc eficient per a una velocitat de desplaçament determinada (90% de la VMA) implicarà uns valors de  $\dot{V}O_2$  i lactat inferiors, mentre que un  $\dot{V}O_2$  estable o també inferior als obtinguts amb una altra Fcc, però amb una producció de lactat, implicarà una menor eficiència en la cursa, possiblement provocada per una exigència a nivell local. Per al subjecte LR, la Fcc i Lcc mitjana mantinguda durant la P6'Lcc és la menys eficient, i es pot trobar entre els valors obtinguts en les altres dues proves quadrangulars el seu Fcc i Lcc més eficients.

Malgrat tot, el subjecte EL sembla que aconsegueix el seu Fcc i Lcc més eficient en la P6'L, i aconsegueix els valors més baixos de  $\dot{V}O_2$  i lactat. En el seu cas, sembla que els paràmetres mecànics mantinguts durant la P6'Lcc són molt exigents, produint una

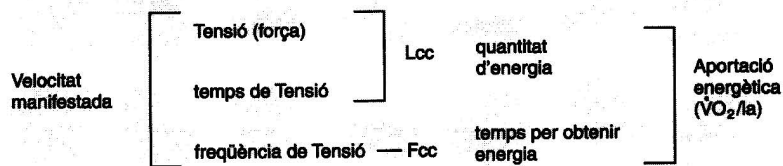


Figura 1. Dependència de la relació entre la velocitat manifestada i les necessitats energètiques.

fatiga local, evidenciada per uns valors de lactat molt elevats, i un  $\dot{V}O_2$  menor (possiblement per la interferència d'una via energètica amb una altra).

Finalment, el subjecte MR sembla que utilitza també el seu Fcc i Lcc òptimes en la P6'L, i és pel contrari més ineficient i produeixen major fatiga local els paràmetres mecànics utilitzats en la P6'Fcc.

## Conclusions

Com a conclusió, sembla evident que per a la cursa en tapís rodant al 90% de la VMA i durant 6', les petites variacions (10%) dels paràmetres mecànics modifiquen les necessitats de  $\dot{V}O_2$ , producció de lactat i FC de cada subjecte.

Per això és possible que, utilitzant aquestes variacions en l'entrenament diari, es puguin aconseguir adaptacions específiques més profundes que les obtingudes normés mitjançant el treball basat en la velocitat de desplaçament.

Encara que la dependència dels paràmetres mecànics amb els metabòlics estudiats sembla evident, és necessari aprofundir més en els nivells de relació d'uns amb altres, atenent a les característiques individuals de cada subjecte.

Es suggereix la possibilitat de realitzar nous estudis variant les velocitats de desplaçament, així com la durada dels esforços, atenent a l'evolució dels paràmetres estudiats al llarg de cada prova.

Es considera indispensable per poder extrapolar conclusions el poder realitzar els estudis amb quantitat de subjectes d'estudi, amb diversos nivells de rendiment i diferent sexe.

## Bibliografia

- BARSTOW, T. J. i cols. (1996), "Influence of muscle fiber type and pedal frequency on oxygen uptake kinetics of heavy exercise". *Journal of Applied Physiology*. Vol. 84, núm. 4, pàg. 1642-1650.
- BRISWALTER, J. i cols. (1996), "Running economy, preferred step length correlated to body dimensions in elite middle distance runners". *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. Vol. 36, núm. 1, pàg. 7-15.
- CAVANAGH, P. R.; WILLIAMS, K. R. (1982), "The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running". *Medicine and Science in Sport and Exercise*. Vol. 14, núm. 1, pàg. 30-35.
- COLLI, R. i cols. (1994), "Entrenamiento del piragüista". *Comunicaciones técnicas* núm. 10, E.N.E.P. Federación española de piragüismo, pàg. 118-144.
- FAIRWEATHER, M. M. i cols. (1996), "An interdisciplinary analysis of stride length perturbations during treadmill running". *RQES*. (Abstract) March Supplement.
- GARCÍA-VERDUGO, M. i LEIBAR, X. (1997), *Entrenamiento de la resistencia de los corredores de medio fondo y fondo*. Gymnos. Madrid.
- GRANA i cols. (1989), *Advances in Sports Medicine and Fitness*. Vol. 2. Year Book Medical Publishers, Inc. Chicago-London-Boca Raton.
- HEINERT, L. D. i cols. (1988), "Effect of stride length variation on oxygen uptake during level and positive grade treadmill running". *Research Quarterly for Exercise and Sport*. Vol. 59, núm. 2, pàg. 127-130.
- HILL, D. W. i cols. (1997), "Responses to exercise at 92% and 100% of the velocity associated with  $\dot{V}O_{2max}$ ". *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 18, pàg. 325-329.
- JONES, N. L., MCCARTNEY, N., GRAHAM, T. i cols. (1985), "Muscle performance and metabolism in maximal isokinetic cycling at slow and fast speeds". *J. Appl. Physiol.* 59: 132-136.
- KLEIN, R. M. i cols. (1997), "Metabolic and biomechanical variables of two incline conditions during distance running". *Medicine and Science in Sport and Exercise*. Vol. 29, núm. 12, pàg. 1625-1630.
- LEHMANN, F. (1997), *La rapidità nell'allenamento giovanile dello sprint*. Sds. núm. 25, pàg. 47-53.
- NEUMANN, G. i GOHLITZ, D. (1998), *Il controllo dell'allenamento nelle corse dell'atletica leggera*. Sds. núm. 40, pàg. 44-50.
- PLYLEY, M. J. i cols. (1985), "The effect of stride frequency variation on oxygen uptake during downhill running". (Abstract). *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*. Vol. 10, núm. 24, pàg. 25.
- POWERS, S.K. i cols. (1982), "Oxygen uptake and ventilatory responses to various stride lengths in trained women". *American Corrective Therapy Journal*. núm. 36, pàg. 5-8.
- VERCHOSHANSKIJ, J.V. (1996), *Quickness and velocity in sports movements*. NSA. Vol. 11, núm. 2-3, pàg. 29-37.
- (1997), *Un nuovo sistema di allenamento negli sport ciclici*. Sds. núm. 27, pàg. 33-45.
- VILLANUEVA, L. (1994), "El control del entrenamiento". *Comunicaciones técnicas*. núm. 6, pàg. 7-27.
- VOSS, G. i KREUSE, T. (1997), *Programmi elementari di movimento e presupposti neuromuscolari di base*. Sds. núm. 25, pàg. 42-46.
- WILSON, G. J. i cols. (1996), *Stretch shorten cycle performance: detrimental effects of not equating the natural and movement frequencies*. *RQES*. Vol. 67, núm. 4, pàg. 373-379.
- WILLIAMS, T. J. i KRAHENBUHL, G. S. (1997), "Menstrual cycle phase and running economy". *Medicine Science and Sports Exercise*. Vol. 29, núm. 12, pàg. 1609-1618.