

Condicció física i requeriments metabòlics en maratonians de muntanya d'alt nivell

JORGE EGOCHEAGA RODRÍGUEZ

Doctor en Medicina
Especialista en Medicina de
l'Educació Física i l'Esport
Professor associat de la Universidad
de Oviedo

CORRESPONDÈNCIA:
C/ Hermanos Pidal 24B, 1º dcha.
Oviedo 33005.

RESUM: Actualment, les curses de muntanya conformen un esport consolidat, que té un gran nombre de participants i simpatitzants, fet que ha implicat la celebració de competicions al més alt nivell com ara els Campionats nacionals i Internacionals, tipus Copa i Campionat del Món. En el nostre país, aquest esport competeix amb un gran nombre d'adeptes, celebrant-se múltiples proves al llarg de tota la nostra orografia. El marató Alpino Madrileño es la més reconeguda de totes, tant per la seva extrema duresa com perquè forma part de les proves de calendari de la Copa del Món. En aquest treball valorem la condició física de cinc maratonians de muntanya d'alt nivell, així com els requeriments fisiològics i el nivell d'esforç desenvolupat en la prova abans esmentada. Ens troben que els atletes estudiats presenten un valor de consum màxim d'oxigen i percentatges de freqüència cardíaca en el punt llindar respecte a les màximes similars en maratonians d'elit en curses. Els resultats determinats al llarg de la prova referent a freqüències cardíques i concentracions sanguínies d'àcid làctic ens permeten afirmar que es tracta d'un esport d'alt requeriment energètic i metabòlic, fins i tot superior a les curses d'asfalt.

PARAULES CLAU: Curses de muntanya, condició física, metabolisme.

SUMMARY: Nowadays, mountain races have become a consolidated sport with a great number of participants and followers, which resulted in the celebration of competitions at the highest level in national and international championships, such as the World Cup and the World Championship. In our country, this sport has a great number of followers that compete in many races along our orography. The so-called "Alpino Madrileño" marathon is the most important, not only for its extreme hardness, but also because it is part of the competitions counting for the World Cup. In the present study, we evaluate the physical condition of five high level mountain marathon athletes, as well as the physiological requirements and the effort level during the above-mentioned competition. Results show that the athletes present maximum oxygen consumption values and percentages of cardiac frequency very close to the maximum values present in elite marathon athletes during competition. The results regarding cardiac frequency and blood concentration of lactic acid obtained during the competition allow us to affirm that it is a sport of high energetic and metabolic requirements, even higher than in asphalt races.

KEY WORDS: Mountain races, physical condition, metabolism.

INTRODUCCIO

Fa uns 15 anys que van començar a aparèixer a França un seguit de proves esportives consistents en córrer per camins i veredes de muntanya. En un principi, aquestes curses van ser impulsades per muntanyencs i persones habituades a desenvolupar-se en terrenys escarpats, incorporant-se a elles, poc temps després, atletes cansats de l'asfalt i dels recorreguts monòtons. En poc temps, la popularitat d'aquests acontereiments augmentà de forma explosiva, celebrant-se actualment campionats de múltiples nivells entre els que hem de destacar la Copa i el Campionat del Món.

Existeixen diverses distàncies i modalitats de competició: mitges maratons, cross de muntanya, quilòmetre vertical (consisteix en pujar 1.000 metres de desnivell en un breu tram de recorregut), etc. De totes elles, la que més destaca per la seva duresa i espectacularitat és l'anomenada "sky-marató", i que consisteix en recórrer la distància del marató (42 quilòmetres i 195 metres), salvant més de 4.000 metres de desnivell acumulat i amb passos per sobre dels 3.000 metres sobre el nivell del mar. En aquests tipus de curses s'alternen les pujades i descensos acusats amb trams tècnics de roca, bosc, vegetació i/o neu. L'habilitat del corredor per adaptar-se a les condicions i característiques del terreny, així com la destresa per ascendir i descendre per terrenys escarpats, influeixen de forma determinant en el resultat final de la prova. També s'ha de destacar que el temps necessari per finalitzar aquestes proves és lògicament major que l'emprat en recorreguts d'asfalt, fet pel qual no és estrany trobar-nos amb durades de cursa superiors a les 4 hores per al guanyador de l'esdeveniment.

De tots els maratons existents en el calendari internacional, un dels considerats més durs tant pel seu recorregut com per les condicions meteorològiques que habitualment l'acompanyen és el conegut com a Maratón Alpino Madrileño, que es celebra a la Sierra de Navacerrada, a mitjans juny.

En aquest treball pretenem valorar els nivells d'esforç necessaris per realitzar un marató de muntanya d'alt nivell, així com les condicions físiques dels atletes destacats en aquests tipus de proves.

SUBJECTES I METODES

Cinc subjectes homes (32 ± 3 anys) van ser seguits durant la celebració del Maratón Alpino Madrileño, realitzat a la Sierra de Navacerrada durant el dia 13 de juny de 2004, essent aquesta una prova del calendari de la Federació Internacional d'Esports d'Alçada (FSA). La cursa es va celebrar sobre una distància aproximada de 42,195 km en la zona

central de la Sierra del Guadarrama, acumulant un desnivell total de 4.500 metres. Consta de quatre pujades considerades molt tècniques i de molt desnivell a les quals els hi segueixen baixades de característiques similars (Gràfica 1). Per tot això, el Maratón Alpino Madrileño està considerat com un dels més durs del món, rebent enguany corredors de set països i amb una inscripció de 300 participants. Normalment va acompanyar d'una intensa calor. En aquest any de l'estudi, els corredors van haver de suportar temperatures superiors als 35° en alguns moments del recorregut.

Els atletes seleccionats per a aquests treball van ser prèviament informats del motiu del mateix signant per escrit el seu consentiment per formar-ne part. Tots ells tenien experiència prèvia en curses de muntanya, podent-se considerar esportistes d'un alt nivell, tal com va quedar confirmat per les classificacions obtingudes (els cinc esportistes van quedar entre els 17 primers llocs). Per tal de realitzar aquest estudi, cadascun dels atletes va ser sotmès a un seguit de tests d'esforç abans del desenvolupament de la cursa.

En el laboratori d'ergometria es van realitzar tests d'esforç tipus EPIM, sobre cinta sense fi "LE-3-6 (Jaeger, Alemanya)". Prèviament a la realització de la prova, les diferents fases del test eren programades, així els senyals per als canvis de velocitat i pendent s'enviaven automàticament des de l'ordinador.

El mesurament i el càlcul de paràmetres ergoespiromètrics es va realitzar amb el sistema "Cardio O₂-Comined VO₂/ECG Exercise System" (Med Graphics. USA). Es tracta d'un analitzador d'oxigen de cambra de zirconi i un analitzador de diòxid de carboni d'infrarojos. El volum ventilat es va mesurar mitjançant un neumotacògraf en circuit obert respiració a respiració. Ambdós es calibraven abans de cada prova ergomètrica.

El protocol seguit va ser una velocitat inicial de 5 km/h, amb increments de 2 km/h cada 3 minuts i 30 segons de pausa entre esglaó per a extracció de micromostra sanguínia del lòbul de l'orella i determinació de concentracions d'àcid làctic. El pendent de la cinta es va establir en 5% (per simular una pujada a la qual aquests esportistes ja estan habituats), mantenint-se constant durant tota la prova. En el transcurs de la prova, es va realitzar un enregistrament electrocardiogràfic (12 canals), així com una gravació de la freqüència cardíaca, determinant-se la concentració sanguínia d'àcid làctic a la finalització de cada etapa, al final de la prova i en els minuts 3, 5 i 7 de la recuperació. Per a l'anàlisi de les proves, es va utilitzar l'aparell "Accusport" (Ergometrix, S.A.), que permet un estudi molt ràpid (60 seg.) de les dades. Les tires reactives utilitzades són les pròpies de l'aparell i

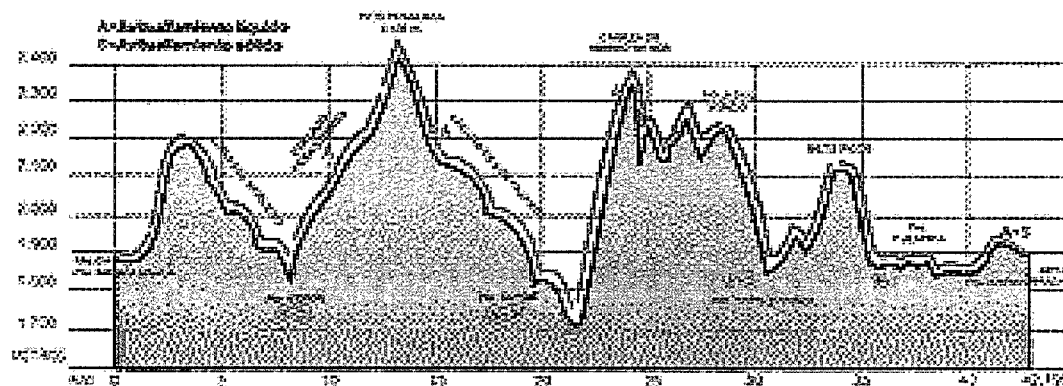
es comercialitzen amb el mateix. La sang passa per la malla de protecció groga de les tires i penetra en un velló de fibra de vidre en el qual s'aturen els eritrocits i només el plasma sanguini penetra en la pel·lícula de detecció. El lactat es determina mitjançant una reacció de color d'oxidasa lactàtica-mediadora amb el fotòmetre de reflexió. A partir de les dades obtingudes en els mesuraments de micromostres, es van determinar els llindars anaeròbics individuals seguint la metodologia de Keul i col.^(1,2)

En el decurs de la prova, cada esportista controlat portava un cardiofreqüencímetre (Polar, Vantage NV), per enregistrar i gravar la freqüència cardíaca, realitzant-se també

quatre extraccions sanguínies d'àcid làctic. Els punts del recorregut escollits per a l'extracció de mostres sanguínies van ser (Gràfic 1):

- Cim del Pic Peñalara, punt més alt del recorregut.
- Port de Navacerrada, després del descens més llarg del trajecte.
- Espai intermig del Recorregut dels 7 pics (relativament pla).
- Final o meta.

Gràfic 1



EXTREMA: trams molt tècnics i amb molt desnivell

FORTA: pujades fortes però transitable sense massa dificultat

MITJA: terreny per córrer i gaudir

RESULTATS

Els valors referits a consums d'oxigen i freqüències cardíques obtingudes en les proves de laboratori realitzades de manera prèvia al desenvolupament de la cursa poden veure's en la Taula I. La freqüència cardíaca es mostra en batecs per minut, mentre que els consums d'oxigen en ml/kg.min. Entre parèntesi es mostren els valors percentuals de la freqüència cardíaca llinar respecta de la màxima.

En la Taula II, podem observar els resultats obtinguts per a les concentracions sanguínies d'àcid làctic en el punt llinar i els valors màxims (en mmol/l), així com la velocitat màxima assolida en la cinta a l'acabament de la prova (expressada en Km/h).

En la Taula III, podem observar els valors mínim, màxim i mig de la freqüència cardíaca en batecs per minut, enregistrats durant el desenvolupament de la prova atlètica. Entre parèntesi es mostra el valor percentual de la freqüència mitja enregistrada respecta a la freqüència cardíaca llinar.

En la Taula IV, podem apreciar els valors referits a les concentracions sanguínies d'àcid làctic (en mmol/l) en els quatre punts del recorregut considerats a, b, c i d, assenyalats a l'apartat de mètodes. Entre parèntesi s'indica la freqüència cardíaca (batecs/minut) enregistrada en aquest mateix punt del trajecte.

Taula I

Subjectes	Fc lllindar	Fc màxima	VO ₂ lllindar	VO ₂ màxim
1	173 (90,1%)	192	61	77
2	164 (88,1%)	186	59	72
3	169 (88,9%)	190	48	70
4	176 (87,5%)	201	66	78
5	162 (89%)	182	48	69

Taula II

Subjectes	Lactat lllindar	Lactat màxim	Velocitat màx
1	4,3	13,5	15
2	3,2	12,8	13
3	4,6	14,3	15
4	3,8	17,1	17
5	4,7	15,3	15

Taula III

Subjectes	Fc mínima	Fc màxima	Fc mitja
1	103	189	168 (97%)
2	98	183	160 (97%)
3	89	183	162 (95%)
4	106	189	171 (97%)
5	79	174	157 (96%)

Taula IV

Subjectes	A (cim)	B (port)	C (pla)	D (final)
1	6,4 (189)	2,6 (126)	4,2 (170)	4,7 (182)
2	5,9 (183)	2,9 (138)	3,4 (164)	3,4 (178)
3	7,9 (183)	2,8 (142)	4,8 (164)	5,1 (175)
4	9,8 (189)	3,1 (139)	4 (173)	3,9 (183)
5	6,9 (174)	3,6 (131)	5,1 (175)	5,4 (139)

DISCUSSIO

Els resultats obtinguts en les proves realitzades en el laboratori ens mostren com els atletes seleccionats presenten una valors molt elevats de consums màxims d'oxigen i de velocitat màxima assolida a la cinta, tenint en compte el pendent aplicat (Taula I i II). De la mateixa manera, els resultats percentuals en els nivells lllindar respecte als màxims, tant en relació amb les freqüències cardíaques com als consums d'oxigen (Taula I) ens assenyalen que estem tractant amb atletes d'un alt nivell de preparació i condició física, similars als maratonians d'elit en cursa.^(3,4,5)

Els valors determinats per a les concentracions sanguínies d'àcid làctic en el punt lllindar individual ens assenyalen xifres properes als 4 mmol/l, tot i que amb lleugeres variacions sobre aquest valor. Observem que els nivells màxims assolits no són massa elevats, tret del subjecte número 4 que assoleix la xifra de 17 mmol/l. Considerem que aquest fet ve determinat per les altes càrregues de volum i de treball aeròbic a què es veuen sotmesos aquests esportistes.⁽⁶⁾ Tanmateix, ens permet assenyalar la possible necessitat d'incrementar la intensitat d'entrenament incorporant determinades sessions com les basades en treballs intervàlics mitjos.⁽⁷⁾

En la Taula III s'observen les dades referides a l'enregistrament de les freqüències cardíaques durant la prova atlètica. És curiós assenyalar que la freqüència cardíaca mínima obtinguda en cap cas ho va ser un el moment de la sortida, així com tampoc en cap del trams de baixada. La sortida

multitudinària suposa un moment d'estrès important que condiciona, tot i la quietud de l'instant, una activació important de la resposta simpàtica i per tant un increment dels valors de la freqüència cardíaca.⁽⁴⁾ Els valors mínims de la mateixa es van obtenir en els trams més tècnics del recorregut (zones de roques grans), en els quals era necessari anar molt a poc a poc per poder desplaçar-se dintre d'uns límits adients de seguretat. En les zones de descens, bé per la irregularitat del terreny que requereix una alerta màxima propioceptiva, bé perquè es tractava de trams francs en els quals es podia córrer molt depressa, la freqüència cardíaca es movia en uns valors propers als determinats en el punt lllindar. La freqüència cardíaca màxima durant la prova va correspondre en tots els atletes a l'arribada al cim del Pic Peñalara, després d'una pujada molt costeruda de gairebé mil metres de desnivell positiu. Podem diferenciar en funció dels valors percentuals relacionats amb la freqüència cardíaca lllindar, un seguit de "trams" d'intensitat d'esforç, que són habitualment utilitzats pels entrenadors per marcar àrees de desenvolupament de nivells d'entrenament. La determinació dels valors percentuals varia en funció de l'esport referit així com del metge o l'entrenador que els marca. Seguint als entrenadors de la selecció espanyola de marató parlem de ritmes aeròbics i anaeròbics intensius i extensius. Considerem així un ritme aeròbic extensiu aquell que es realitza a freqüències cardíaques menors o iguals al 75% respecte al lllindar. Aeròbic intensiu es realitza amb percentatges de la freqüència cardíaca

entre el 75 i el 85% respecte a la determinada com a freqüència cardíaca llindar. Ritme llindar és el comprès entre el 85 i el 100%, essent un ritme anaeròbic extensiu el que es realitza entre el 100 i el 105% de la freqüència llindar i l'anaeròbic intensiu el portat a terme per sobre del 105%.⁽⁷⁾ Lògicament, com més gran és el valor percentual de la freqüència cardíaca, major és la intensitat d'esforç, havent de relacionar també aquest paràmetre amb la durada de l'exercici. Per això, en esports de llarga durada com el que ens ocupa, ritmes aeròbics intensius ja són considerats com d'alta intensitat durant la competició, essent necessària per al seu manteniment durant llargs períodes de temps una elevada preparació i una condició física d'alt nivell.^(3,4,5)

Si observem els resultats assenyalats a la taula III, podem determinar que els atletes controlats presenten durant la prova unes freqüències cardíques mitges amb valors percentuals que es troben entre el 95 i el 97% respecte a les freqüències llindars determinades en les proves de laboratori (ritmes llindars). Aquest fet ens permet afirmar que els requeriments metabòlics necessaris per portar a terme una prova d'aquestes característiques, celebrada a un alt nivell, són molt elevats, comparables clarament als de les proves de marató en ruta.^(3,4,5,8) És més, degut a les característiques orogràfiques del terreny, podem afirmar que en determinats períodes de la cursa, com en els ascensos perllongats, l'esportista desenvolupa ritmes anaeròbics fins i tot intensius (taula IV –cim–), que poden ser perllongats en funció de la longitud de les pujades. Per altra part, tot i que els requeriments metabòlics minven de forma important durant els descensos, hem de considerar que en els mateixos, els atletes realitzen un esforç muscular (especialment en la musculatura del quàdriceps) excèntric de frenada, fet pel qual el patiment muscular s'incrementa de forma important, essent molt freqüents les rampes i les contractures musculars en aquestes proves.⁽⁹⁾

Totes aquestes dades es veuen confirmades amb l'estudi dels valors en les concentracions sanguínies d'àcid làctic. En les zones de cim, els valors determinats es troben per sobre dels trobats en el punt llindar anaeròbic individual, mentre que en la zona més o menys plana, les xifres determinades són properes a les establertes per al llindar (ritmes llindars). L'increment dels valors a la part final creiem que està provocat per un factor acumulatiu derivat del perllongat temps de durada de la prova (entre 4 hores i 4 hores i mitja en els atletes controlats).

Un altre factor a considerar és el de l'alçada en què es desenvolupa la prova. En el nostre medi, en la majoria dels casos, l'alçada no supera els 3.500 metres. Si bé no es tracta d'elevacions que puguin portar-nos a modificar els valors trobats durant la cursa respecta als determinats en el laboratori^(10,11) sí que ens han de fer pensar en la necessitat de la realització d'un sobreesforç per part de l'atleta, el que es tradueix en una duresa afegida en aquests tipus d'aconteixements.

Tot l'exposat fins ara ens indueix a pensar en la necessitat d'una preparació i condició elevada per participar a alt nivell en maratons de muntanya. Els alts valors d'intensitat d'esforç trobats ens indiquen la necessitat d'altas càrregues d'entrenament a ritmes aeròbics intensius, llindars i també anaeròbics. De la mateixa manera, les característiques pròpies del terreny que obliguen a un treball muscular excèntric important assenyalen l'obligatorietat de desenvolupament d'entrenaments d'enfortiment muscular per sobre dels que realitzen els atletes de ruta o pista. És lògic pensar en la necessitat de realitzar sessions específiques en les quals els atletes s'acostumin a córrer en llocs tècnicament complicats, així com a desenvolupar test de camp especialment adaptats a les condicions concretes d'aquest tipus d'atletes.⁽¹²⁾

Bibliografia

1. Davis J. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Exer* 1985 Feb; 17(1): 6-21.
2. Farrell P, Wilmore J, Coyle E, Billing J, Costill D. Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med Sci Sports Exerc* 1993 Oct; 25(10): 1091-7.
3. Tanaka K, Matsuura Y. Marathon performance, anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation. *J Appl Physiol* 1984 Sep; 57(3): 640-3.
4. Billar V, Demarle A, Koralsztein J, Paiva M. Effect of training on the physiological factors of performance in elite marathon runners. *Int J Sports Med* 2002 Jul; 23(5): 336-41.
5. Billar V, Demarle A, Slawinski J, Koralsztein J, Paiva M. Physical and training characteristics of top class marathon runners. *Med Sci Sports Exerc* 2001 Dec; 33(12): 2089-97.
6. Billar V, Sirvent P, Koralsztein J, Mercier J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sports science. *Sport Med* 2003; 33(6): 407-26.
7. Maldonado S, Mujica I, Padilla S. Physiological variables to use in gender comparison in highly trained runners. *J Sports Med Phy Fitness* 2004 Mar; 44(1): 8-14.
8. Leibar X, Arrabitel I, Lekue J, Aramendi J. Aspectos biomédicos del maratón. *Atletismo español* 2004; 446: 39-46.
9. Minetti A, Moia C, Roi G, Susta D, Ferretti G. Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. *J Appl Physiol* 2002 Sep; 93(3): 1039-46.
10. Egocheaga J, Montoliu M, González Díez V, Rodríguez B, Urraca JM. Clasificación metabólica y umbral anaeróbico en la escalada deportiva, la escalada de grandes paredes y el alpinismo de grandes montañas. Rendimiento deportivo en altitud. Madrid: CSD, 2000: 89-131.
11. Levine B, Stray J. "Living high - training low": effect of moderate altitude acclimatization with low altitude training on performance. *J Appl Physiol* 1997 Jul; 83(1): 102-12.
12. Borsetto C, Ballarín E, Casoni I, Cellini M, Vitello P, Conconi F. A field test for determining the speed obtained through anaerobic glycolysis in runners. *Int J Sports Med* 1989 Oct; 10(5): 339-45.