

Comportament de la concentració del lactat plasmàtic en contraccions isomètriques màximes repetides

G^a MANSO, JM.*, ORTEGA, F.**,
MARTÍN, JM.***, NAVARRO, M.*, RUIZ
CABALLERO, JA.*, BRITO, M^aE.,
NAVARRO, R.****, PALOMINO, A.*

*Departament d'Educació Física,
**Departament de Morfologia,
***Departament de Física,
****Departament de Ciències
Clínicas I Universidad de Las Palmas
de Gran Canaria

RESUM: La fatiga durant les contraccions mantingudes al voltant del 50% de la força màxima isomètrica (FMI) va associada a increments dels nivells de lactat i a la depleció dels magatzems de creatin-fosfat (Per) (Sahlin, 1992). D'altra banda, l'exercici de caràcter isomètric produeix un increment de les pressions sistòlica i diastòlica. La magnitud de la resposta hemodinàmica està en funció de la massa muscular implicada. En el nostre cas hem intentat trobar una relació entre el comportament de la FMI repetida i les modificacions de lactat plasmàtic que es produeixen amb un exercici repetit de contraccions isomètriques màximes. Per això vam estudiar 20 individus organitzats en dos grups de 10 en funció de la seva major, o menor, capacitat de treball anaeròbic, obtinguda per mitjà d'una prova submàxima. Durant aquesta prova es va obtenir la concentració plasmàtica de lactat en els minuts 2^{1/2}, 5, 7^{1/2} i 10. Vam fer un test de FMI amb presses màxims, isomètrics de 5" de mitja sentadilla amb recuperacions d'1" entre cada concentració. Les concentracions més grans de lactat plasmàtic, en valors percentuals respecte al lactat que presenten les mostres al final de la prova anaeròbica, s'aprecien entre els individus amb menys capacitat anaeròbica làctica. La concentració plasmàtica de lactat és condicionada, en la nostra mostra, per dos factors: el nivell d'adaptació de l'organisme a proves de tipus anaeròbic. Els factors que podrien minvar la concentració de lactat plasmàtic (major capacitat aeròbica i major percentatge de fibres ST) són supeditats al nivell d'adaptació específica i del grau de desenvolupament del metabolisme anaeròbic làctic.

SUMMARY: Fatigue during contractions maintained around 50% of maximum isometric force (MIF) is associated to increments in lactate levels and the depletion of stores of phosphocreatine (Pcr) (Sahlin, 1992). In addition, isometric exercise produces an increase of arterial pressure via the increase of systolic and diastolic pressures. The magnitude of the haemodynamic response is a function of the muscle mass involved. In our case we set out to find a relationship between the behaviour of the MIF and the modifications of plasmatic lactate in the case of exercise involving repeated isometric contractions as a function of its greater or lesser capacity of anaerobic work, obtained through a submaximal test. During this test the plasma concentration of lactate was obtained at 2, 5, 7 and 10 minutes. We performed an MIF test with maximum isometric pushes of 5" half-crouch with 1" recoveries between each contraction. The greatest concentrations of lactates in plasma in percentage values versus the lactate presented in the samples at the end of the anaerobic test are observed among subjects with the least anaerobic lactic capacity. The plasma concentration of lactate is conditioned in our sample by two factors: the level of adaptation of the organism to anaerobic lactic type testing and the anaerobic work capacity level. The factors that could cushion the concentration of lactate in plasma (greater aerobic capacity and greater percentage of ST fibres) are subjected to the level of specific adaptation and the degree of development of the anaerobic lactic metabolism.

FUNDAMENTACIÓ TEÒRICA

Durant l'execució d'esforços moderats, l'organisme utilitza prioritàriament el metabolisme aeròbic. Això no obstant, quan l'exercici és intens, les demandes d'energia no es poden cobrir amb aquest mecanisme i augmenta la participació de les vies anaeròbiques a mida que augmenta la intensitat de l'esforç. Com a resultat final dels processos que es produeixen en una d'aquestes vies, la glucòlisi anaeròbica, l'organisme produeix àcid làctic, que va acompanyat d'una disminució del pH intracel·lular (Barbany 1990). En l'home, la realització d'esforços intensos i moderadament prolongats (2') comporta una important alteració del pH intracel·lular. Aquests nivells d'acidesa provoquen alteracions en determinats enzims del metabolisme anaeròbic. Entre d'altres processos, inhibeix la fosforilasaquinasa-b, implicada en la transformació de la fosforilasa-b (inactiva) en fosforilasa-a (activa) (Hultman i Salin 1981). A més, disminueix l'activitat de la PFK, que fins i tot arriba a anul·lar-se amb un pH de 6.4 (Trivedi i col. 1966).

També l'acidosis intracel·lular desplaça l'equilibri de la creatinquinasa, modifica la concentració de la Mg-ATP i de l'ADP (Sahlin i col.1983) i intervé directament sobre la maquinària contràctil a diferents nivells del procés d'excitació-contracció (Sahlin 1992). L'acidosis és un factor relacionat amb la reducció de la sensibilitat dels miofilaments amb el calci. Els protons entren en competició amb els ions de calci sobre la troponina C, alterant l'acoblament dels caps de mio-sina sobre l'actina.

Aquesta alteració en la creació de ponts d'actina i miosina comporta una disminució de la capacitat de generar força, motivada per dos mecanismes: a) reducció del nombre de ponts, b) disminució de la tensió generada per cada pont.

Tesch i col. (1978) van trobar que amb un exercici isocinètic repetit s'arriba a una disminució progressiva de la força que apareix paral·lelament i de forma proporcional a la concentració del lactat un cop han transcorregut 30" d'exercici. Molts dels efectes de l'acumulació de lactat són mediatitzats per l'increment de la concentració de H⁺ i el decreixement del pH (Sahlin 1982).

Quan els nivells de tensió generats per la contracció muscular es situen per sota del 15-20% de la màxima força isomètrica (FMI), l'aportació d'oxigen al múscul és l'adequada i, per tant, la capacitat de mantenir els nivells de rendiment és molt elevada. A mida que augmenta el grau de tensió, disminueix el flux d'oxigen, de tal manera que l'aportació de nutrients i la retirada de residus s'en veu afectada, fet que es provoca una disminució dels nivells de rendiment. Els graus de tensió a partir dels quals es comprimeixen els vasos, fins el punt d'interferir en la irrigació del múscul, varien per cada múscul, encara que alguns autors el situïn al voltant del

50% de la força màxima isomètrica (FMI) (Sjogaard-1988). La fatiga durant contraccions mantingudes d'aquestes característiques va associada amb increments dels nivells de lactat i a la depleció dels emmagatzemaments de creatinfosfat (Pcr) (Sahlin-1992), propi dels esforços anaeròbics. Alhora, l'exercici de caràcter isomètric produeix un increment en la pressió arterial amb l'augment de les pressions sistòlica i diastòlica. La magnitud de la resposta hemodinàmica està en funció de la massa muscular implicada.

En el nostre cas hem pretès trobar una relació entre el comportament de la FMI repetida i les modificacions de lactat plasmàtic que es produeixen davant d'un exercici repetit de contraccions isomètriques màximes.

MATERIAL I MÈTODE

Mostra

Per tal d'estudiar el comportament del lactat en contraccions isomètriques màximes, es va utilitzar una mostra de 20 subjectes voluntaris estudiants de la FCAFD de Las Palmas de GC, que es van organitzar en dos grups de deu basant-se en el criteri de major (GANMx) o menor (GANMn) capacitat de treball anaeròbic.

Taula I

Característiques dels subjectes que composaven la mostra.

GRUP	EDAT DECIMAL	TALLA (cm)	PES (kg)
GANMx	24,836 (3,79)	173,14 (6,15)	81,190 (9,47)
GANMn	21,006 (4,59)	175,02 (4,47)	62,415 (7,66)

A cada subjecte, un cop explicat el treball a realitzar i després d'una detallada descripció dels procediments, possibles riscos i beneficis que li podia reportar, se li va demanar que signés un document en el qual constava per escrit la seva participació conscient i voluntària com a subjecte experimental de l'estudi.

Protocols de treball

a) Prova supramàxima per a la determinació de la capacitat de treball anaeròbic

Per tal de discriminar la mostra, es va determinar la capacitat de treball anaeròbic amb una prova supramàxima sobre cicloergòmetre (Monark 818, Varberg, Suècia). La capacitat de treball anaeròbic va ser utilitzada per primer cop com a indicador de la capacitat d'un subjecte per realitzar esforços supramàxims per Maison i Broecker (1941), inclou components alàctics i làctics del metabolisme anaeròbic, i la seva valoració ens permet conèixer les possibilitats esportives

d'un subjecte davant d'esforços d'aquestes característiques.

Abans de la prova, tots els subjectes van realitzar un escalfament de cinc minuts amb una càrrega de 40 vats, i posteriorment van descansar durant sis minuts. Finalment van començar la prova amb la càrrega individualitzada. Com que eren subjectes no altament especialitzats en aquesta mena d'esforç, clarament agonístic, durant el transcurs de la prova es van emfasitzar les mostres d'ànim cap a l'executant, amb la intenció que aquest arribés al seu nivell màxim.

Cada subjecte va utilitzar una càrrega un 10% superior a la càrrega màxima ponderada que havia assolit anteriorment en una prova d'esforç. Durant la duració del test es va fer servir una cadència de pedaleig de 90 r.p.m. Cada subjecte, al començament de la prova, al final de la prova i en els minuts 2^{1/2}, 5, 7^{1/2} i 10 després de finalitzada la prova, va ser mesurat en la concentració plasmàtica de lactat amb un analitzador de lactat YSI 1500 Sport. En el nostre treball la duració de la prova (121.40 seg.) s'ajusta als valors generalment acceptats per als tests de valoració de la capacitat anaeròbica. Autors com Medbo i col. (1988), Graham (1989), Scott i col. (1991) o bé Olesen (1992), entenen que la duració de proves supramàximes, com la que es va utilitzar en la nostra investigació, haurien de tenir una durada de 120"-180".

La prova es va filmar íntegrament en vídeo en la zona dels pedals, per tal de facilitar el recompte del nombre de pedalejades realitzades durant la prova, i poder determinar el treball mecànic realitzat. El treball mecànic es defineix com el producte escalar de la força aplicada sobre un objecte amb el resultat de desplaçament (suma de cada força aplicada multiplicada per la corresponent distància coberta en direcció a la força) (Grahammer 1993).

El treball total realitzat es va calcular mitjançant la següent fórmula emprada habitualment al laboratori de Rendiment Humà de la FCAFD de Las Palmas de G.C.:

$$TT = (FF \times 6 \times RPM \times 1.09 / 6.116) \times t$$

On TT: treball total; FF: força de frenada; RPM: revolucions per minut; t: temps de pedaleig

b) Prova per determinar el comportament de la FMI

La prova de força a la qual es van sotmetre ambdós grups per tal de conèixer el comportament del lactat consistia en realitzar vint contraccions màximes isomètriques de 5" de mitja sentadilla de durada amb recuperacions d'1 entre cada contracció, en un aparell que permetia empènyer una barra d'halterofília connectada a dues cèl·lules de càrrega (Sensotec 3132 d'Alava Ingenieros). Es va fer servir aquest exercici, i no la sentadilla completa, intentant eliminar els riscos que representa aquest darrer moviment per a la integritat i estabilitat de la regió lumbar i de l'articulació del genoll (Todd 1984).

Abans de cada prova, el subjecte es sotmetia a un escalfament estandarditzat, que consistia en: 1r) 5' de trot; 2n) 10' d'estiraments; 3r) lumbar: una sèrie de 15" mantinguts en posició horitzontal, a sobre del plinton, més tres sèries dinàmiques de 15 repeticions pujant el tronc des de la vertical i l'horitzontal; 4r) quatre sèries de deu repeticions de mitja sentadilla salt. Cada cinc contraccions i al final de la prova se'ls hi va mesurar els nivells de lactat plasmàtic.

Ambdues proves es van realitzar amb una diferència de 48 hores entre elles, i procurant que en tots dos casos tots els subjectes analitzats mantinguessin les mateixes pautes d'alimentació abans de les proves.

c) Altres proves utilitzades per conèixer el perfil de la mostra

També, i de manera complementària, els subjectes es van sotmetre a una prova d'esforç en cicloergòmetre, i a una bateria per determinar la capacitat de salt (SJ CMJ, Abalakov i Drop-60 cm) amb ergojump.

Anàlisi Estadístic

En els paràmetres utilitzats per diferenciar i discriminar els dos grups, es va realitzar una estadística descriptiva amb mesures de posició (mesura aritmètica), mesures de dispersió (desviament típic) i test d'hipòtesi (t-Student).

RESULTATS

Els resultats principals obtinguts en les diferents proves específiques a les quals van ser sotmesos els subjectes de la mostra queden reflectits a les taules II, III i IV. Les dades reflectides en aquestes taules són les que permetran, primerament, la possible relació entre les variables que pretenem comparar en el nostre treball. La resta de les taules ens serveixen per conèixer el perfil de la mostra i poder aprofundir en algunes hipòtesis que es fan servir durant la discussió per poder comprendre els fenòmens estudiats.

Els resultats de la prova anaeròbica mostren diferències significatives entre els dos grups ($p < 0.01$) i queden reflectits a les taules II i III.

Les concentracions mitjanes de lactat plasmàtic en la prova de força queden reflectides a la taula IV:

Per estudiar el comportament de la força, es van agrupar els resultats de cada quatre repeticions i es va fer servir la mitjana, que queda reflectida a la taula V.

La participació del metabolisme anaeròbic làctic durant la prova de força màxima isomètrica es va estudiar mitjançant la concentració de lactat plasmàtic dels subjectes dels dos grups al final de la 5^a, 10^a, 15^a i 20^a repetició. Aquestes dades queden reflectides a la taula VI i la figura I, on es representa el

Taula II Resultats de la prova anaeròbica.

Grup	Treball Anaeròbic (Kj/kg)	Distància Rècord (mts)	Lactat màx. (mmol/l)
GANMx	71.35 (\pm 15.6)	1877.4 (\pm 581.9)	13.04 (\pm 2.6)
GANMn	33.95 (\pm 36.9)	872.0 (\pm 147.7)	11.36 (\pm 2.3)

Taula III Concentració de lactat plasmàtic al final i durant la recuperació de la prova anaeròbica.

Grup	La Max.	La Final	La 2.5'	La 5'	La 7.5'	La 10'
GANMx	13.04 (2.57)	10.44 (0.9)	12.43 (2.43)	11.91 (2.08)	11.05 (2.35)	10.20 (1.91)
GANMn	11.36 (2.32)	8.46 (2.37)	10.67 (2.60)	9.88 (2.71)	9.80 (2.77)	9.49 (2.76)

Taula IV Comportament del lactat plasmàtic durant la prova de força ($p < 0.05$).

Grup/Parmetre	5 rep.	10 rep.	15 rep.	20 rep.
GANMx	5.13 (1.8)	4.70 (1.7)	5.24 (2.1)	5.56 (2.48)
GANMn	5.14 (1.9)	5.14 (2.5)	5.36 (2.9)	5.61 (3.05)

Taula V Mitjana de pics màxims cada quatre contraccions i diferències percentuals respecte a l'inici de la prova.

GRUP	Mitjana de pics 1er a 4t	Mitjana de pics 1er a 4t	Mitjana de pics 1er a 4t	Mitjana de pics 1er a 4t	Mitjana de pics 1er a 4t
GANMx (kg)	149.49	143.61	137.31	137.28	135.8
Dif. (%)	-	3,93 %	8,15 %	8,17 %	9,16 %
GANMn (kg)	83.53	78.19	74.34	74.79	72.64
Dif. (%)	-	6,39 %	11 %	10,46 %	13,03 %

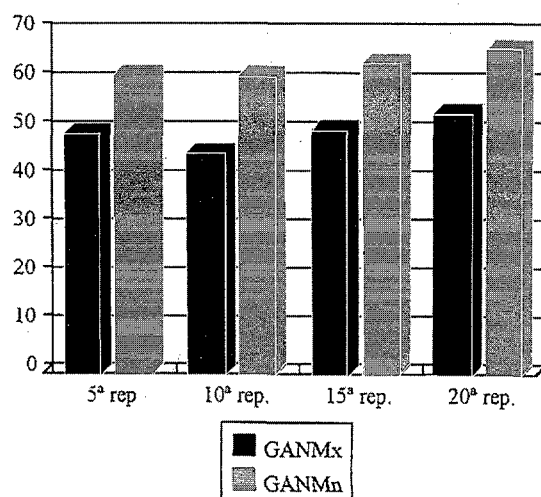
valor percentual de la concentració de lactat plasmàtic en relació al valor de la concentració obtinguda al final de la prova supramàxima de tipus anaeròbic.

Taula VI Percentatge de lactat plasmàtic en la 5^a, 10^a, 15^a i 20^a contracció respecte a la concentració de lactat assolida al final de la prova supramàxima $** (p < 0.01)$.

Grup	5	10	15	20
GANMx	49,14 %	45,02 %	50,19 %	53,23 %
GANMn	60,76 % **	60,76 % **	63,36 % **	66,31 % **

Els resultats de les dades obtingudes mitjançant la bateria de tests de salts queden reflectits a la taula VII: mitja sentadilla salt (SJ), contramoviment salt (CMJ), contramoviment amb l'ajut de braços (Abalakov) i salt en profunditat des d'una alçada de 60 centímetres (Drop-60).

Els resultats de la prova d'esforç màxim amb càrregues creixents, ens permet determinar paràmetres relacionats amb

Figura I Percentatge de lactat plasmàtic en la 5^a, 10^a, 15^a i 20^a contracció respecte a la concentració de lactat assolida al final de la prova supramàxima.

la capacitat aeròbica dels subjectes de la mostra, reflectits a la taula VIII.

Taula VII Resultats de la bateria de test de salt (Bosco) en centímetres.

Grup	SJ	CMJ	ABALAKOV	DROP - 60
GANMx	38.22 (4.54)	42.25 (6.18)	49.26 (7.28)	42.41 (6.59)
GANMn	34.63 (3.76)	38.30 (5.45)	43.85 (5.76)	37.54 (4.89)

Taula VIII Valors de VO₂ Màx. (ml/kg/mn), Llindar anaeròbic (ml/kg/min) i potència màxima (vats) per cada grup.

Grup	VO ₂ Màx (ml/kg/mn)	Càrrega Màx (vats)	Llindar Anaeròbic (ml/kg/min)
GANMx	50.45 (6.72)	334.00 (33.48)	37.13 (4.62)
GANMn	61.06 (14.57)	329.30 (45.74)	46.75 (11.48)

DISCUSSIÓ

Com ja s'aprecia a la taula III, els subjectes amb major capacitat de treball anaeròbic mostren més concentració de lactat plasmàtic tant al final de la prova anaeròbica com durant tota la fase de recuperació de la prova supramàxima, i mostren en tot moment valors significativament diferents entre ambdós grups estudiats ($p < 0.05$).

La concentració plasmàtica de lactat durant la prova de força es manté a valors relativament elevats respecte als assolits al final de la prova supramàxima malgrat la recuperació (1') emprada entre cada repetició, la qual cosa confirma la importància de la participació de la via anaeròbica làctica en aquesta mena d'esforços. Estudis anteriors de Kraemer i col. (1986), Tesch i col. (1986), Stone i col. (1987), i Brown i col. (1990) ja van mostrar la importància d'aquesta via davant de treballs com els de Grimby i col. (1973) i Keul (1978), que incidien en la importància de la via dels fosfàgens.

La concentració de lactat plasmàtic durant el treball de força varia amb el percentatge de la càrrega emprada. El lactat mostra una cinètica exponencial durant els 3' - 5' després de l'esforç, la qual varia en funció del treball que el va produir (Margaria i col. 1934; Freud i Gendry 1978; Alonso i col. 1988). En el nostre protocol, la càrrega utilitzada va ser la màxima força isomètrica que el subjecte era capaç de realitzar a cada repetició des de la posició de mitja sentadilla, encara que la durada de cada contracció (5") era massa curta per disparar de manera encara més intensa el metabolisme anaeròbic làctic.

Malgrat això, contràriament al que caldria esperar, les concentracions de lactat plasmàtic entre els subjectes de major capacitat de treball anaeròbic i els de menor capacitat de treball anaeròbic van ser significativament menors ($p < 0.01$) al primer grup al llarg de tota la prova de força màxima isomètrica repetida (taula 6).

La justificació d'aquests resultats la podríem trobar en la menor adaptació als esforços anaeròbics per part dels subjek-

tes amb menor capacitat de treball anaeròbic. Es pot pensar que en utilitzar pauses intermitges d'1 després de cada breu esforç de 5", els subjectes amb major capacitat anaeròbica aconsegueixen recuperacions més ràpides, amb la qual cosa no es poden obtenir grans concentracions de lactat. Això no obstant, les dades ens mostren en ambdós casos l'efecte acumulatiu de les vint contraccions, que mostra un comportament similar al de la fatiga (esperada en la disminució de la capacitat de rendiment per cada contracció); és un paràmetre que podria indicar-nos els nivells de la fatiga. Les dades ens fan pensar que un nombre més gran de contraccions significaria un increment de la concentració del lactat.

Si analitzem altres dades, podrem veure com el principi de l'especificitat queda reforçat. A priori, alguns paràmetres ens podrien fer pensar que les concentracions de lactat en el grup de major capacitat anaeròbica haurien de ser més grans, però veiem com l'activació del metabolisme làctic, analitzat en relació a la proporció de lactat produït respecte al nivell de lactat assolit al final de la prova supramàxima, és més gran en el grup amb menor capacitat de treball anaeròbic.

Així, la major composició (teòrica) de fibres ràpides FT podria determinar majors concentracions de lactat. Segons Tesch (1980), hi ha una correlació positiva entre l'acumulació de lactat i la relació de fibres ràpides (FT) i lentes (ST), amb valors de ($r=0.71$) ($p < 0.05$). En el nostre cas, no sabem quin és el percentatge de FT o ST que tenien els subjectes de la mostra, però de manera indirecta i basant-nos en els treballs de Bosco (1979) sobre la relació existent entre el test de salt (SJ) i el percentatge de fibres ràpides (FT), podem pensar que els subjectes amb major capacitat de salt tenen un índex FT/ST més gran i, per tant, una major producció de lactat davant la fatiga i els esforços màxims i breus repetits. Aquesta presumpció pot ser transferida a la nostra mostra com podem veure a la taula VII.

En la nostra mostra, el grup amb més gran capacitat de treball anaeròbic (GANMx) tindria un més gran índex FT/ST i, per tant, la producció de lactat durant la prova de força hauria de ser més gran. Malgrat això, la major adaptació específica d'aquest grup als esforços de força repetida, demostrada en la menor pèrdua de rendiment al llarg de les vint contraccions (taula V), els permet mantenir concentracions de lactat proporcionalment menors que les del grup amb menor capacitat de treball anaeròbic.

La resistència aeròbica també pot ser utilitzada com a hipòtesi que justifiqui el comportament del lactat en la nostra mostra, a l'hora que recolza la hipòtesi anterior de la composició de fibres. Les fibres ST tenen menor capacitat glucolítica i, per tant, provocaran una menor concentració de lactat plasmàtic fins i tot després d'esforços anaeròbics d'alta intensitat. A més, els subjectes amb més gran percentatge de fibres lentes (ST) tenen una major resistència aeròbica. Els subjectes de la nostra

mostra, a priori, haurien de presentar una menor concentració plasmàtica de lactat en el grup de menor capacitat anaeròbica (GANMn) si ens basem en els valors de VO₂ máx., líndar anaeròbic i potència màxima obtinguts durant la prova d'esforç màxim (taula VIII). No obstant això, l'anàlisi de les dades obtingudes en la prova de força indica tot el contrari. Un cop més el principi d'especificitat sembla ser que determina el comportament de la cinètica del lactat a esforços de força màxima isomètrica repetits amb pauses de recuperació incompleta.

CONCLUSIONS

El comportament del rendiment de la força isomètrica al llarg de les vint contraccions és diferent en els dos grups analitzats (GANMx i GANMn).

Les més grans concentracions de lactat plasmàtic, en valors percentuals respecte al lactat que presenten les mostres al final de la prova anaeròbica, s'aprecien entre els subjectes amb menys capacitat anaeròbica làctica (GANMn).

La concentració plasmàtica de lactat és veu condicionada fonamentalment, en la nostra mostra, per dos factors:

- (1) El nivell d'adaptació de l'organisme a proves de tipus anaeròbic làctic.
- (2) El nivell de capacitat de treball anaeròbic.

Factors que podrien esmoreir la concentració de lactat plasmàtic (major capacitat anaeròbica i major percentatge de ST), queden supeditats al nivell d'adaptació específica i al grau de desenvolupament del metabolisme anaeròbic làctic.

Bibliografia

1. ALONSO, JL, NICOT, G, NORAT, T (1988). "Cinètica del àcid làctic en pesistes juvenils després de un treball estandar con pesas" Boletín Científico Técnico. INDER. 3. 14-19.
2. BARBANY, JR. (1990). *Fundamentos de fisiología del ejercicio y del entrenamiento*. Barcelona. De. Barcanova. p. 94-99 i 119.
3. BOSCO, C. (1979). "Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscle". *European Journal Appl. Physiology*. n° 41. pp.275-284.
4. BROWN, S, THOMPSON, W, BAILEY, J, JOHNSON, K, WOOD, L, BEAN, M, THOMPSON, D. (1990). "Blood lactate response to weightlifting in endurance and weight trained men" *Journal Applied Sport Science Research*. 4(4). 122-130.
5. FREUD, H, GENDRY, P. (1978). "Lactate kinetic after short strenuous exercise in man". *European Journal Applied Physiology*. 39. 123-135.
6. GRAHAM, KS, MC LELLAN, TM (1989). "Variability of time to exhaustion and oxygen deficit in supramaximal exercise". *Australian Journal Science medicine Sports*. 21.11-14.
7. GRAHAMMER, JA. (1993). "A review of power output studies of Olympic and Powerlifting: Methodology performance prediction and evaluation test". *Journal of Strength and Conditioning Research*. 7(2). 76-89.
8. GRIMBY, G, BJORNTOFT, P, FAHLEN, M, HOSKINS, TA, HOOK, O, OXHOJ, H, SALTIN, B. (1973). "Metabolic effects of isometric training". *Scandinavia Journal Clinical Lab. Investig*. 31 (3) 301-305.
9. HERMANSEN, L, OSNES, J. (1972). "Blood and muscle pH after maximal exercise in man". *Journal Applied Physiology*. 32. 304-308.
10. HULTMAN, E, SAHLIN, K. (1981). "Acid-base balance during exercise". *Exercise and Sports Sciences Reviews*. edit. RS Hultin i DI Miller. 41-128. The Franklin Institute Press, 8:80.
11. KEUL, J, HARALAMBLE, G, BRUDER, M, GOTTSTEIN, HJ. (1978). "The effect of weight lifting exercise on heart rate and metabolism in experience weight lifters". *Medicine Science Sports*. 10 (1). 13-15.
12. KRAEMER, WJ, MARCHITELLI, LJ, MCCURRY, D, FLECK, SJ, DZIADOS, JR, HARMAN, E, VELA, AL, FRYKMAN, P. (1986). "Lactate response to different resistance exercise protocols: impact of different variables." *National Strength Conditioning Association Journal*. 8 (4).72.
13. MARGARIA, R, EDWARDS, HH. (1934). "The removal of lactic acid from the body recovery from muscular exercise". *American Journal Physiology*. 107. 681-686.
14. MEDBO, JL, MOHN, A, TABATA, Y, BAHR, R, VORAGE, O, SEJESTARD, OM. (1988). "Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit". *Journal Applied Physiology*. 64. 50-60.
15. MERCIER, B, MERCIER, J, GRANIER, P, PRÉFAUT, C. (1993). "Principaux facteurs de variation de la production du lactate musculaire" *Science and Sport*. 8. 167-171.
16. METZGAR, JM, FITTS, RH. (1987). "Role of intracellular pH in muscle fatigue". *Journal Applied Physiology*. 62(4)1392-1397.
17. METZGAR, JM, MOSS, RL. (1990). "Calcium-sensitive cross-bridge transitions in mammalian fast and slow skeletal muscle fibers." *Science*.247. 1088-1090.
18. OLESEN, HL. (1992). "Accumulated oxygen deficit increases with inclination of uphill running". *Journal Applied Physiology*. 73.1130-1134.
19. ROBERTS, D, SMITH, D. (1989). "Biochemical aspects of peripheral muscle fatigue". *Sports Medicine*. 7. 125-138.
20. SAHLIN, K. (1982). "Effects of acidosis on energy metabolism and force generation in skeletal muscle of man". Vol. 13. pp.151-160. Human Kinetics Publishers Inc. Champaign.
21. SAHLIN, K. (1983). "Muscle fatigue and lactic acid accumulation" *Acta Physiologica Scandinavica*. (Supl. 556). 128. 83-91.
22. SAHLIN, K. (1986). "Metabolic changes limiting muscle performance" *Biochemistry of exercise*. International series on Sport. Human Kinetics Publisher Inc. Champaign. Illinois. 6. 323.343.
23. SAHLIN, K. (1992). "Metabolic factors in fatigue". *Sports Medicine*. Vol. 13 n°2 pp.99-107.
24. SAHLIN, K, EDSTRÖM, L, SJÖHOLM, H. (1983). "Fatigue and phosphocreatine depletion during carbon dioxide induced acidosis in rat muscle". *American Journal Physiology*. 245, C15-C20.
25. SCOTT, CB, ROBY, FB, LOHMAN, TG, BUNT, JC. (1991). "The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity". *Medicine Science Sport Exercise*. 23. 618-624.
26. SEALS, DR, WASHBURN, RA, HANSON, PG, PAINTER, PL, NAGLE, FJ. (1983). "Increased cardiovascular response to static contraction of larger muscle groups". *Journal Applied Physiology*. 54. 434-437.
27. SJOGAARD, G, SAVARD, G, JUEL, C. (1988). "Muscle blood flow during isometric activity and its relation to muscle fatigue" *European Journal Applied Physiology*. 57. 327-335.
28. STONE, HH, PIERCE, K, GODSEN, R, WILSON, GD, BLESSING, D, ROZENEK, R, CHORNIACK, J. (1987). "Heart Rate and lactate levels during weight training exercise in trained and untrained men". *Physician Sportsmedicine*. 15 (5): 97-105.
29. TESCH, P, SJODIN, B, THORSTENSSON, A, KARLSSON, J. (1978). "Muscle fatigue and its relation to lactate accumulation and LDH activity in man". *Acta Physiologica Scandinavica*. 103. 413-420.
30. TESCH, P. (1980). "Muscle fatigue in man with special reference to lactate accumulation during short term intense exercise". *Acta Physiologica Scandinavica*. Supl. 480. pp.5-40.
31. TESCH, PA, COLLANDER, EB, KAISER, PL. (1986). "Muscle metabolism during intense, heavy resistance exercise". *European Journal Applied Physiology*. 55 (4). 362-366.
32. TODD, T. (1984). "Kart Klein and the squat". *National and Strength Association Journal*. 6.26.
33. TRIVEDI, B, DANFORTH, WH. (1966). "Effect of pH on the kinetics of frog muscle phosphofructokinase". *Journal Biol. Chemest*. 241. 4110-4114.
34. SAHLIN, K. "metabolic factors in fatigue". *Sports Medicine*. 13 (2): 99-107. (1992).