

Comportamiento de la concentración de lactato plasmático en contracciones isométricas máximas repetidas

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

*Departamento de Educación Física,

**Departamento de Morfología,

***Departamento de Física,

****Departamento de Ciencias
Clínicas I Universidad de Las Palmas
de Gran Canaria

APUNTS. MEDICINA DE L'ESPORT. 1999; 131: 19-24

RESUMEN: La fatiga durante las contracciones mantenidas alrededor del 50% de la fuerza máxima isométrica (FMI) va asociada a incrementos de los niveles de lactato y a la depleción de los almacenes de creatin-fosfato (Per) (Sahlin, 1992). Por otro lado, el ejercicio de carácter isométrico produce un incremento de la presión arterial debido al incremento de las presiones sistólica y diastólica. La magnitud de la respuesta hemodinámica está en función de la masa muscular implicada. En nuestro caso hemos intentado encontrar una relación entre el comportamiento de la FMI repetida y las modificaciones de lactato plasmático que se producen con un ejercicio repetido de contracciones isométricas máximas. Por este motivo estudiamos 20 individuos organizados en dos grupos de 10 en función de su mayor, o menor, capacidad de trabajo anaeróbico, obtenida mediante una prueba submáxima. Durante esta prueba se obtuvo la concentración plasmática de lactato durante los minutos 2^{na}, 5, 7^{na} y 10. Hicimos un test de FMI con tomas máximas isométricas de 5" de media sentadilla con recuperaciones de 1' entre cada contracción. Las concentraciones mayores de lactato plasmático, en valores porcentuales respecto al lactato que presentan las muestras al final de la prueba anaeróbica, se observan entre los individuos con menor capacidad anaeróbica láctica. La concentración plasmática de lactato está condicionada, en nuestra muestra, por dos factores: el nivel de adaptación del organismo a pruebas de tipo anaeróbico láctico y el nivel de capacidad de trabajo anaeróbico. Los factores que podrían mermar la concentración de lactato plasmático (mayor capacidad aeróbica y mayor porcentaje de fibras ST) están supeditados al nivel de adaptación específica y del grado de desarrollo del metabolismo anaeróbico láctico.

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.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Durante la ejecución de esfuerzos moderados el organismo utiliza, prioritariamente, el metabolismo aeróbico. Sin embargo, cuando el ejercicio es intenso, las demandas de energía no pueden ser cubiertas por este mecanismo, aumentando la participación de las vías anaeróbicas conforme aumenta la intensidad del esfuerzo. Como resultado final de los procesos que se producen en una de estas vías, la glucólisis anaeróbica, el organismo produce ácido láctico, lo que se acompaña de una disminución del pH intracelular (Barbany 1990). En el hombre, la realización de esfuerzos intensos y moderadamente prolongados ($\approx 2'$) conlleva una alteración importante del pH intracelular. Estos niveles de acidez provocan alteraciones en determinadas enzimas del metabolismo anaeróbico. Entre otros procesos, inhibe la fosforilasakinasas-b, la cual está implicada en la transformación de la fosforilasa-b (inactiva) en fosforilasa-a (activa) (Hultman y Salin 1981). Así mismo, disminuye la actividad de la PFK. Llegándose a anularse con un pH de 6.4 (Trivedi y col. 1966).

También, la acidosis intracelular desplaza el equilibrio de la creatinquinasa, modifica la concentración de la Mg-ATP y de la ADP (Sahlin y col. 1983) e interviene directamente sobre la maquinaria contractil a diferentes niveles del proceso de excitación-concentración (Sahlin 1992). La acidosis es un factor relacionado con la reducción de la sensibilidad de los miofilamentos con el calcio. Los protones entran en competición con los iones de calcio sobre la troponina C, alterando el acoplamiento de las cabezas de miosina sobre la actina.

Esta alteración en la creación de puentes de actina y miosina conduce a una disminución de la capacidad de generar fuerza, motivada por dos mecanismos: a) reducción del número de puentes, b) disminución de la tensión generada por cada puente.

Tesch y col. (1978) encontraron que con un ejercicio isocinético repetido conlleva una disminución progresiva de la fuerza que aparece paralelamente y de forma proporcional a la concentración de lactato una vez que han transcurrido 30" de ejercicio. Muchos de los efectos de la acumulación de lactato están mediatizados por el incremento de la concentración de H^+ y el decrecimiento del pH (Sahlin 1982).

Cuando los niveles de tensión generados por la contracción muscular están por debajo del 15-20% de la máxima fuerza isométrica (FMI), el aporte de oxígeno al músculo es el adecuado, y por lo tanto la capacidad de mantener los niveles de rendimiento es muy elevada. Conforme aumenta el grado de tensión el flujo de oxígeno disminuye, con lo que el aporte de nutrientes y la retirada de desechos se ve afectada, provocando una disminución de los niveles de rendimiento. Los grados de tensión a partir de los cuales se comprimen los vasos hasta el punto de interferir en el riego del músculo varía por cada músculo, aunque algunos autores lo sitúan alrededor del cincuenta por ciento

(50%) de la fuerza máxima isométrica (FMI) (Sjogaard-1988). La fatiga durante contracciones mantenidas de estas características va asociada a incrementos de los niveles de lactato y a la deplección de los almacenes de creatinofosfato (Pcr) (Sahlin-1992), propio de los esfuerzos anaeróbicos. Asimismo, el ejercicio de carácter isométrico produce un incremento en la presión arterial vía al incremento de las presiones sistólica y diastólica. La magnitud de la respuesta hemodinámica está en función de la masa muscular implicada.

En nuestro caso se ha pretendido encontrar una relación entre el comportamiento de la FMI repetida y las modificaciones de lactato plasmático que se producen ante un ejercicio repetido de contracciones isométricas máximas.

MATERIAL Y MÉTODO

Muestra

Para estudiar el comportamiento del lactato en contracciones isométricas máximas, se utilizó una muestra de 20 sujetos voluntarios estudiantes de la FCAFD de Las Palmas de GC, que fueron organizados en dos grupos de diez en base al criterio de mayor (GANMx) o menor (GANMn) capacidad de trabajo anaeróbico.

Tabla I Características de los sujetos que componían la muestra.

GRUPO	EDAD DECIMAL	TALLA (cm)	PESO (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 sujeto, una vez explicado el trabajo a realizar, y después de una detallada descripción de los procedimientos, posibles riesgos y beneficios que el mismo podía reportar, se le pidió que firmaran un documento en el que hacía mención escrita de su participación consciente y voluntaria como sujetos experimentales del estudio.

Protocolos de trabajo

a) Prueba supramáxima para determinación de la capacidad de trabajo anaeróbico

Para discriminar la muestra se determinó la capacidad de trabajo anaeróbico mediante una prueba supramáxima sobre cicloergómetro (Monark 818, Varberg, Suecia). La capacidad de trabajo anaeróbico fue utilizada por primera vez como indicador de la capacidad de un sujeto para realizar esfuerzos supramáximos por Maison Broecker (1941), e incluye componentes lácticos y lácticos del metabolismo anaeróbico, y su valoración

nos permite conocer las posibilidades deportivas de un sujeto ante esfuerzos de estas características.

Antes de la prueba todos los sujetos realizaron un calentamiento de cinco minutos con una carga de 40 vatios, descansando posteriormente durante seis minutos, y finalmente empezar la prueba con la carga individualizada. Al tratarse de sujetos no altamente especializados en este tipo de esfuerzo, claramente agonístico, durante el transcurso de la prueba se enfatizó en las muestras de ánimo hacia el ejecutante, con el fin de que éste alcanzara su máximo nivel.

Cada sujeto utilizó una carga un 10% superior a la carga máxima ponderada que alcanzó con anterioridad en una prueba de esfuerzo. Durante la duración del test se empleó una cadencia de pedaleo de 90 r.p.m. A cada sujeto, al principio de la prueba, final de la prueba, y en los minutos 2^{1/2}, 5, 7^{1/2} y 10 de finalizada la misma, se les midió la concentración plasmática de lactato con un analizador de lactato YSI 1500 Sport. En nuestro trabajo la duración de la prueba (121.40 seg.) se ajusta a los valores generalmente aceptados para los test de valoración de la capacidad anaeróbica. Autores como Medbo y col. (1988), Graham (1989), Scott y col. (1991) u Olessen (1992), entienden que la duración de pruebas supramáximas, como la utilizada en nuestra investigación, deberían tener una duración de 120"-180".

La prueba se filmó íntegramente en vídeo en la zona de los pedales, para así facilitar el recuento del número de pedaladas realizadas durante la prueba, y poder determinar el trabajo mecánico realizado. El trabajo mecánico es definido como el producto escalar de la fuerza aplicada sobre un objeto con el resultado de desplazamiento (suma de cada fuerza aplicada multiplicada por la correspondiente distancia cubierta en dirección a la fuerza) (Grahammer 1993).

El trabajo total realizado se calculó mediante la siguiente fórmula empleada habitualmente en el laboratorio de Rendimiento Humano de la FCAFD de Las Palmas de G.C.:

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

Donde TT: trabajo total; FF: fuerza de frenado; RPM: revoluciones por minuto; t: tiempo de pedaleo.

b) Prueba para determinar el comportamiento de la FMI

La prueba de fuerza a la que fueron sometidos los dos grupos para conocer el comportamiento del lactato consistía en realizar veinte empujes máximos isométricos de 5" de media sentadilla de duración con recuperaciones de 1' entre cada contracción, en un aparato que permitía empujar una barra de halterofilia que se encontraba conectada a dos células de carga (Sansotec 3132 de Alava Ingenieros). Se utilizó este ejercicio, y no la sentadilla completa, intentando eliminar los riesgos que este último movimiento representa para la integridad y estabili-

dad de la región lumbar, y de la articulación de la rodilla (Todd 1984). Antes de cada prueba el sujeto se sometía a un calentamiento estandarizado, el cual consistía en 1°) 5' de trote; 2°) 10' de estiramientos; 3°) lumbares: una serie de 15" mantenidos en posición horizontal sobre el plinto, más de tres series dinámicas de 15 repeticiones subiendo el tronco desde la vertical a la horizontal; 4°) cuatro series de diez repeticiones de media sentadilla salto. Cada cinco empujes y al final de la prueba se les midió los niveles de lactato plasmático.

Ambas pruebas fueron realizadas con diferencia de 48 horas entre ambas, procurando que en los dos casos todos los sujetos analizados mantuvieran las mismas pautas de alimentación previas a las mismas.

c) Otras pruebas utilizadas para conocer el perfil de la muestra

También, y de forma complementaria, los sujetos fueron sometidos a una prueba de esfuerzo en cicloergómetro, y alguna batería para determinar la capacidad de salto (SJ, CMJ, Abalakov y Drop-60 cm) con ergojump.

Análisis Estadístico

En los parámetros utilizados para diferenciar y discriminar los dos grupos, se realizó una estadística descriptiva con medidas de posición (media aritmética), medidas de dispersión (desviación típica) y test de hipótesis (t-Student).

RESULTADOS

Los principales resultados obtenidos en las diferencias pruebas específicas a los que fueron sometidos los sujetos de la muestra, quedan reflejados en las tablas II, III y IV. Los datos reflejados en estas tablas son los que permitirán, en primera instancia, la posible relación entre las variables que pretendemos comparar en nuestro trabajo. El resto de tablas nos sirven para conocer el perfil de la muestra y poder profundizar en algunas de las hipótesis que se utilizan durante la discusión para poder comprender los fenómenos estudiados.

Los resultados de la prueba anaeróbica muestran diferencias significativas entre los dos grupos ($p < 0.01$) y quedan reflejados en las tablas II y III.

Las concentraciones medias de lactato plasmático en la prueba de fuerza quedan reflejados en la tabla IV.

Para estudiar el comportamiento de la fuerza, se agruparon los resultados de cada cuatro repeticiones y se utilizó la media, la cual queda reflejada en la tabla V.

La participación del metabolismo anaeróbico láctico durante la prueba de fuerza máxima isométrica, se estudió mediante la concentración de lactato plasmático de los sujetos que componían los dos grupos al final de la 5ª, 10ª, 15ª y 20ª repeti-

Tabla II Resultados de la prueba anaeróbica.

Grupo/Parámetro	Trabajo Anaeróbico (Kj/kg)	Distancia Récord (mts)	Lactato máx. (mmol/l)
GANMx	71.35 (±15.6)	1877.4 (±581.9)	13.04 (±2.6)
GANMn	33.95 (±36.9)	872.0 (±147.7)	11.36 (±2.3)

Tabla III Concentración de lactato plasmático al final y durante la recuperación de la prueba anaeróbica.

Grupo	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)

Tabla IV Comportamiento del lactato plasmático durante la prueba de fuerza ($p < 0.05$).

Grupo/Parámetro	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)

Tabla V Media de los picos máximos cada cuatro contracciones y diferencias porcentuales respecto al inicio de la prueba.

GRUPO	Media de picos 1° a 4°	Media de picos 1° a 4°	Media de picos 1° a 4°	Media de picos 1° a 4°	Media de picos 1° a 4°
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 %

ción. Estos datos quedan reflejados en la tabla VI y la figura I, donde se representa el valor porcentual de la concentración de lactato plasmático en relación al valor de la concentración obtenida al final de la prueba supramáxima de tipo anaeróbico.

Taula VI Porcentaje de lactato plasmático en la 5°, 10°, 15° y 20° contracción respecto a la concentración de lactato alcanzado al final de la prueba supramáxima. **($p < 0.01$).

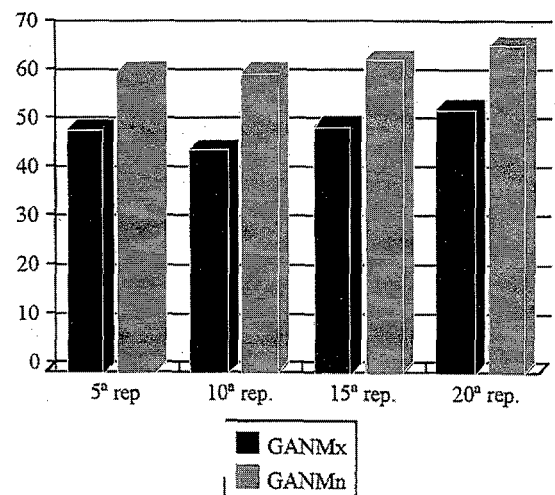
Grupo	5	10	15	20
GANMx	49,14 %	45,02 %	50,19 %	53,23 %
GANMn	60,76 % **	60,76 % **	63,36 % **	66,31 % **

Los resultados de los datos obtenidos a través de la batería de test de saltos quedan reflejados en tabla VII: media sentadilla salto (SJ), contramovimiento salto (CMJ), contramovimiento con ayuda de brazos (Abalakov) y salto en profundidad desde altura de 60 centímetros (Drop-60).

Los resultados de la prueba de esfuerzo máximo con cargas crecientes, nos permite determinar parámetros relacionados

Figura I

Porcentaje de lactato plasmático en la 5°, 10°, 15° y 20° contracción respecto a la concentración de lactato alcanzado al final de la prueba supramáxima.



con la capacidad aeróbica de los sujetos de la muestra, los cuáles se reflejan en la tabla VIII.

Tabla VII Resultados de la batería de test de salto (Bosco) en centímetros.

Grupo	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)

Tabla VIII Valores de VO₂ Máx. (ml/kg/mn), umbral anaeróbico (ml/kg/min) y potencia máxima (vats) por cada grupo.

Grupo	VO ₂ Máx. (ml/kg/mn)	Potencia Máx. (vats)	Umbral anaeróbico (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)

DISCUSIÓN

Tal y como se aprecia en la tabla III, los sujetos con mayor capacidad de trabajo anaeróbico, muestran una mayor concentración de lactato plasmático tanto al final de la prueba anaeróbica como durante toda la fase de recuperación de la prueba supramáxima, mostrando en todo momento valores significativamente diferente entre ambos grupos estudiados ($p < 0.05$).

La concentración plasmática de lactato durante la prueba de fuerza se mantiene a valores relativamente elevados respecto a los alcanzados al final de la prueba supramáxima a pesar de la recuperación (1') empleada entre cada repetición, lo que confirma la importancia de la participación de la vía anaeróbica láctica en este tipo de esfuerzos. Anteriores estudios de Kraemer y col. (1986), Tesch y col. (1986), Stone y col (1987) y Brown y col. (1990) ya mostraron la importancia de esta vía frente a los trabajos de Grimby y col. (1973) y Keul (1978), los cuáles incidían en la importancia de la vía de los fosfágenos.

La concentración de lactato plasmático durante el trabajo de fuerza varía con el porcentaje de carga empleada. El lactato muestra una cinética exponencial durante los 3'-5' que siguen al esfuerzo, y la cual varía en función del trabajo que lo produce (Margaria y col. 1934; Freud y Gendry 1978; Alonso y col. 1988). En nuestro protocolo, la carga utilizada fue la máxima fuerza isométrica que el sujeto era capaz de realizar en cada repetición desde la posición de media sentadilla, aunque la duración de cada contracción (5") era demasiado corta para disparar de forma aún más intensa el metabolismo anaeróbico láctico.

Sin embargo a diferencia de lo que se podía esperar, las concentraciones de lactato plasmático entre los sujetos de mayor capacidad de trabajo anaeróbico. Se puede pensar, que al utilizar pausas intermedias de 1' después de cada breve esfuerzo de 5", los sujetos con mayor capacidad anaeróbica consiguen recu-

peraciones más rápidas impidiendo altas concentraciones de lactato. No obstante, los datos nos demuestran en ambos casos el efecto acumulativo de las veinte contracciones, el cual muestran un comportamiento similar al de la fatiga, esperada ésta en la disminución de la capacidad de rendimiento por cada contracción, es un parámetro que pudiera indicarnos los niveles de la fatiga. Los datos nos permiten pensar que un mayor número de contracciones llevaría a un incremento de la concentración de lactato.

Si analizamos otros datos, podemos ver como el principio de especificidad queda reforzado. A priori, algunos parámetros nos podrían hacer pensar que las concentraciones de lactato en el grupo de mayor capacidad anaeróbica debería ser mayores, sin embargo vemos como la activación del metabolismo láctico, analizado en relación a la proporción de lactato producido respecto al nivel de lactato alcanzado al final de la prueba supramáxima, es mayor en el grupo con menor capacidad de trabajo anaeróbico.

Así, la mayor composición (teórica) de fibras rápidas FT podría determinar mayores concentraciones de lactato. Para Tesch (1980), existe una correlación positiva entre la acumulación de lactato y la relación de fibras rápidas (FT) y lentas (ST), con valores de ($r=0.71$) ($p < 0.05$). En nuestro caso, desconocemos el porcentaje de fibras FT o ST que poseían los sujetos de la muestra, pero de forma indirecta y apoyándonos en los trabajos de Bosco (1979) sobre la relación existente entre el test de salto (SJ) y el porcentaje de fibras rápidas (FT), podemos pensar que los sujetos con mayor capacidad de salto poseen un mayor ratio FT/ST, y por lo tanto una mayor producción de lactato ante la fatiga ante esfuerzos máximos y breves repetidos. Esta presunción puede ser transferida en nuestra muestra como podemos observar en la tabla VII.

En nuestra muestra el grupo con mayor capacidad de trabajo anaeróbico (GANMx) tendría un mayor ratio FT/ST, y por lo tanto la producción de lactato durante la prueba de fuerza debería ser mayor. Sin embargo la mayor adaptación específica de este grupo a los esfuerzos de fuerza repetida, demostrada en la menor pérdida de rendimiento a lo largo de las veinte contracciones (ver tabla V), les permite concentraciones de lactato proporcionalmente menores que los del grupo con menor capacidad de trabajo anaeróbico.

La resistencia aeróbica también puede ser utilizada como hipótesis que justifique el comportamiento del lactato en nuestra muestra, a la vez que apoya y refuerza la hipótesis anterior de la composición de fibras. Las fibras ST poseen una menor capacidad glucolítica, y por lo tanto conducirán a una menor concentración de lactato plasmático incluso después de esfuerzos anaeróbicos de alta intensidad. Así mismo, los sujetos con mayor porcentaje de fibras lentas (ST) poseen una mayor resistencia aeróbica. Los sujetos de nuestra muestra, a priori, deber-

an presentar una menor concentración plasmática de lactato en el grupo de menor capacidad anaeróbica (GANMn) si nos remitimos a los valores de VO₂ máx., Umbral anaeróbico y potencia máxima obtenidos en la prueba de fuerza, estos nos indican lo contrario. Una vez más el principio de especificidad parece ser el que determina el comportamiento de la cinética del lactato en esfuerzos de fuerza máxima isométrica repetidos con pausas de recuperación incompleta.

CONCLUSIONES

El comportamiento del rendimiento de la fuerza isométrica máxima a lo largo de las veinte contracciones es diferente en los dos grupos analizados (GANMx y GANMn).

Las mayores concentraciones de lactato plasmático, n valores porcentuales respecto al lactato que presentan las muestras al final de la prueba anaeróbica, se aprecia entre los sujetos con menos capacidad anaeróbica láctica (GANMn).

La concentración plasmática de lactato viene condicionada, en nuestra muestra, por dos factores fundamentalmente:

- (1) El nivel de adaptación del organismo a pruebas de tipo anaeróbico láctico.
- (2) El nivel de capacidad de trabajo anaeróbico.

Factores que pudieran amortiguar la concentración de lactato plasmático (mayor capacidad aeróbica y mayor porcentaje de ST), quedan supeditados al nivel de adaptación específica y del grado de desarrollo del metabolismo anaeróbico láctico.

Bibliografía

1. ALONSO, JL, NICOT, G, NORAT, T (1988). "Cinética del ácido láctico en pesistas juveniles después de un trabajo estandar con pesas" Boletín Científico Técnico. INDER. 3, 14-19.
2. BARBANY, JR. (1990). *Fundamentos de fisiología del ejercicio y del entrenamiento*. Barcelona. De. Baranova. p. 94-99 i 119.
3. BOSCO, C. (1979). "Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscle". *European Journal Appl. Physiology*. nº 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 Applier 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, BJORNTOFF, P, FAHLEN, M, HOSKINS, TA, HOOK, O, OXHOJ, H, SALTIN, B. (1973). "Metabolic effects of isometric training". *Scandinavian Journal Clinical Lab. Investig*. 31 (3) 301-305.
9. HERMANSSEN, 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 Hulton 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 nº2 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, ROZNEK, 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).