

INSTITUTO DE CARDIOLOGIA Y CIRUGIA CARDIOVASCULAR. CENTRO DE REHABILITACION

Concentración de ácido láctico sanguíneo después de ejercicios submáximos en pacientes con infarto miocárdico

Dr. Eduardo Rivas Estany, Dr. Orlando Ponce de León Aguilera, Dra. Catalina Sin Chesa, Lic. Francisco Gutiérrez Calderón, Lic. Tèresita Céspedes Cabrera, Dr. Alberto Flernández Cañero

Rivas Estany. E. y otros: *Concentración de ácido láctico sanguíneo después de ejercicio° submáximos en pacientes con Infarto miocárdico.*

Se realiza un estudio con el propósito de determinar la tolerancia hacia un programa de entrenamiento físico en 25 pacientes seleccionados, con un infarto miocárdico sin complicaciones. Los pacientes se sometieron a un programa de ejercicios supervisados con sesiones de trote de 30 minutos de duración. Se determinó su concentración de ácido láctico y equilibrio ácido-básico en sangre antes y después del ejercicio. Se realizaron pruebas ergométricas evaluativas periódicas. La frecuencia cardíaca media alcanzada durante el trote por el grupo de pacientes fue 132 ± 13 latidos por minuto. La concentración media de ácido láctico en reposo fue $1,28 \pm 0,36$ mmol/l, e inmediatamente después del ejercicio aumentó a $2,03$ dt $0,59$ mmol/l. Cinco pacientes mostraron valores de ácido láctico superiores a los normales en el período de recuperación; sólo 3 de ellos presentaron concentraciones ligeramente por encima de 3 mmol/l. Los casos que elevaron menos la frecuencia cardíaca durante el trote tuvieron concentraciones superiores de ácido láctico. Ningún paciente tuvo acidosis metabólica y el pH medio no varió durante la sesión de entrenamiento. La capacidad física de trabajo media aumentó de $95,6 \pm 20,8$ W a $126,2 \pm 24,3$ W en las ergometrfas evolutivas. Se concluye que aunque un pequeño porcentaje de pacientes puede requerir una particular individualización durante el entrenamiento en relación con las cifras elevadas de ácido láctico sanguíneo, el programa de ejercicios prescrito mostró resultados satisfactorios y una tolerancia adecuada.

INTRODUCCION

El entrenamiento físico, como medida terapéutica en pacientes con cardiopatía isquémica, está basado en el criterio de que el mismo puede disminuir la diferencia entre la demanda y el aporte de oxígeno al miocardio.

Para el entrenamiento efectivo del sistema cardiovascular, se requiere mantener una frecuencia cardíaca predeterminada por un período mayor de 15 minutos, por lo menos 3 veces a la semana.¹

El ácido láctico resulta un metabolito útil en la evaluación de aspectos fisiológicos y bioquímicos del ejercicio. La concentración de lactato sanguíneo se usa frecuentemente como índice de predicción de la aptitud física, aunque determinadas características individuales pueden estar presentes.²

La acumulación de ácido láctico en los músculos, que ocasiona una disminución del pH sanguíneo y muscular, potencialmente limita la capacidad del sujeto para mantener grandes cargas de trabajo durante períodos prolongados.³

El objetivo del presente estudio fue determinar la tolerancia de un grupo de pacientes con infarto miocárdico (IM), basado principalmente en la concentración sanguínea de ácido láctico y en su equilibrio ácido-básico, hacia un programa de entrenamiento físico cuyo principal ejercicio consistió en sesiones de trote durante 30 minutos.

MATERIAL Y METODO

Fueron incluidos en el estudio 25 pacientes (24 hombres y 1 mujer) con IM transmural confirmado, según los criterios de la OMS,⁴ que no tuvieron complicaciones tales como angina de pecho severa, arritmias ventriculares malignas o insuficiencia cardíaca; sus edades y tiempo de evolución después del IM fueron (media \pm DE) 48,3 \pm 7,4 años y 34,6 \pm 23,6 meses, respectivamente.

El infarto miocárdico fue inferior en 14 casos (56%) y anterior en 11 (44%). Siete pacientes recibían propranolol (60-160 *mg/d*); 8 recibían dipiridamol; a 4 se les administraban diuréticos orales; 1 recibía nifedipina, y 8 no recibían tratamiento médico alguno.

Se obtuvo el consentimiento de los pacientes después de haberseles informado el propósito del estudio.

A todos se les incluyó en un programa integral de rehabilitación cardíaca, con entrenamiento físico; éste se basó en sesiones de ejercicio supervisado con una frecuencia de 3 veces por semana. Las sesiones consistieron en ejercicios de calistenia, como "calentamiento", seguidos por pedaleo durante 10 minutos en una bicicleta ergométrica Monark, con ligera resistencia o sin ésta, junto con sesiones de trote durante 30 minutos a una velocidad media de 120 *mi min*. Durante el trote tratamos de controlar el paso de los pacientes, de modo que su frecuencia cardíaca (FC) fluctuara entre el 70-85% de la FC máxima predicha según la edad.

El ejercicio se realizó bajo control telemétrico de un canal (derivación CM5).

Después de 6 semanas de entrenamiento ininterrumpido, se extrajeron muestras de sangre capilar para determinar la concentración de ácido láctico y el equilibrio ácido-básico.

Las muestras se extrajeron luego de 10 minutos de reposo, antes del ejercicio, y en los primeros 3 minutos después de finalizar la carrera. La concentración de ácido láctico se determinó por el método de Gutmann y Wahlefeld⁵ (valor normal: 0,5-2,4 *mmol/l*).

Todas las sesiones supervisadas contaron con la presencia de un cardiólogo y un fisioterapeuta y la disponibilidad inmediata de un equipo de resucitación cardiopulmonar.

Antes de comenzar el programa de entrenamiento, los pacientes realizaron una prueba de esfuerzo en una bicicleta ergométrica eléctrica (Elema-Schönander 130), para determinar su capacidad física de trabajo (CFT), la cual fue repetida después de 3 meses de entrenamiento. Los datos se analizaron mediante la prueba de la t de Student y análisis de regresión lineal.

RESULTADOS

Durante las sesiones de ejercicio, el grupo de pacientes tuvo una FC media de 132 ± 13 latidos por minuto, que significó el $76 \pm 8\%$ de la FC máxima predicha según la edad.

La concentración sanguínea media de ácido láctico en el reposo fue de $1,28 \pm 0,36$ *mmol/l*; aumentó a $2,03 \pm 0,59$ *mmol/l* al finalizar el trote. Cinco pacientes presentaron valores ligeramente superiores a lo normal en el período de recuperación. Estos pacientes tuvieron una FC media entre el 54 y el 91% de la frecuencia máxima predicha según la edad; sólo 3 de ellos tuvieron concentraciones mayores de 3 *mmol/l*. Se observó una correlación negativa significativa entre la FC media obtenida durante el trote, y la diferencia de concentración de ácido láctico antes y después del ejercicio (figura 1). No hubo correlación significativa entre la concentración de lactato después del trote y la elevación de la FC durante éste (figura 2).

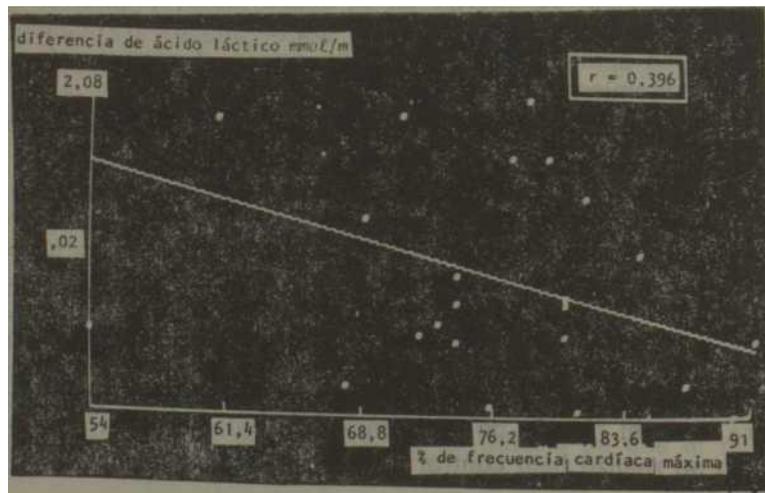


Figura 1. Curva de regresión lineal de la diferencia en la concentración de ácido láctico sanguíneo, antes y después del ejercicio, versus el porcentaje medio de la frecuencia cardíaca máxima, según la edad, alcanzada durante el trote. Se observó correlación negativa significativa.

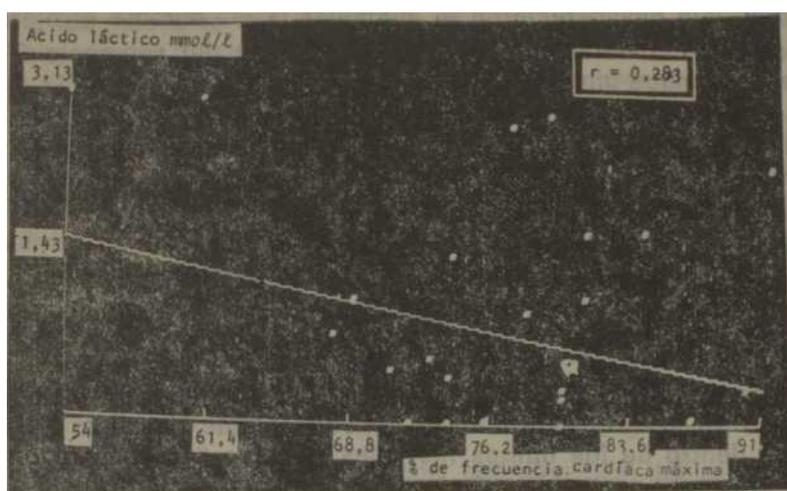


Figura 2. Curva de regresión lineal de la concentración de ácido láctico sanguíneo, después del trote, versus el porcentaje medio de la frecuencia cardíaca máxima, según la edad, durante el ejercicio. No hubo correlación significativa.

Ningún paciente presentó signos de acidosis metabólica en las determinaciones de las muestras de sangre capilar realizadas después del trote, aun cuando 8 de ellos presentaron un exceso de base estándar menor de $-2,5 \text{ mmol/l}$. El pH medio no varió con el ejercicio (tabla).

Tabla. Resultados clínicos y de laboratorio

Variable	Media \pm DE	Límites
Edad (años)	$48,3 \pm 7,4$	34 - 60
Tiempo de evolución (meses)	$34,6 \pm 23,6$	5 - 93
FC durante el trote (lat/min)	132 ± 13	102 - 150
% de FC predicha según edad, durante el trote	76 ± 8	54 - 91
Concentración de ácido láctico antes del ejercicio mmol/l*	$1,28 \pm 0,36$	0,78 - 2,16
Concentración de ácido láctico después del ejercicio (mmol/l)*	$2,03 \pm 0,59$	1,31 - 3,13
pH antes del ejercicio	$7,42 \pm 0,023$	7,37 - 7,46
pH después del ejercicio	$7,419 \pm 0,036$	7,34 - 7,48
CFT antes del entrenamiento (W)**	$95,6 \pm 20,8$	50 - 125
CFT después del entrenamiento (W)**	$126,2 \pm 24,3$	75 - 175

Leyenda:
 * $t = 5,47$ ($p < 0,001$).
 DE: Desviación estándar.
 ** $t = 4,77$ ($p < 0,001$).
 FC: Frecuencia cardíaca.
 CFT: Capacidad física de trabajo.

Dos casos presentaron extrasístoles ventriculares aislados (menos de 3 por minuto) durante la carrera; uno de ellos también los presentó durante el reposo. En otros 2 pacientes se registraron latidos ectópicos

ventrículares, que desaparecieron al aumentar la PC durante el ejercicio.

Dos pacientes tuvieron alteraciones isquémicas del segmento ST durante el trote, aunque ninguno de ellos refirió angina.

En la primera prueba de esfuerzo realizada, antes del entrenamiento, la carga máxima media alcanzada por el grupo de pacientes fue $95,6 \pm 20,8$ W, mientras que en la segunda, después de 3 meses de entrenamiento, dicha carga aumentó significativamente a $126,2 \pm 24,3$ VJ ($p < 0,001$).

Veintidós pacientes aumentaron su CFT; 2 no presentaron cambios, y sólo 1 presentó una reducción del 20% de este parámetro.

DISCUSION

Con el programa de ejercicios propuesto, la concentración media de ácido láctico en sangre, determinado inmediatamente después del trote, se mantuvo dentro de los límites normales. Aunque 5 casos presentaron valores ligeramente por encima de lo normal, ningún paciente tuvo signos de acidosis metabólica. El valor elevado del ácido láctico en estos casos, no tuvo relación alguna con un aumento de la FC durante el ejercicio, ya que en 1 solo de ellos ésta fue mayor del 79% de la FC máxima predicha según la edad.

Varios autores^{6,7} recomiendan una cifra máxima de 3 mmol/l de lactato como expresión de una intensidad adecuada de ejercicio. Sólo 3 de nuestros pacientes (12%) sobrepasaron ligeramente este valor, por lo tanto, podemos considerar que las sesiones de entrenamiento fueron bien toleradas por estos pacientes. *Strandell*⁸ sugirió que un nivel de ácido láctico de 3 mmol/l corresponde a una FC del 75% de la máxima predicha. Este valor es similar a la FC media obtenida por nuestro grupo de pacientes.

No obstante, nuestros resultados quizás indiquen que es necesario individualizar un pequeño porcentaje de pacientes infartados con valores elevados de lactato que pudieran necesitar una particular reducción de la carga de trabajo durante el entrenamiento, aunque su FC esté dentro de límites adecuados.

La tasa de acumulación de lactato en los músculos y en la sangre durante el ejercicio submáximo, aun en condiciones de "estado estable", está principalmente determinada por el suministro de oxígeno y el número de fibras musculares que participan en el ejercicio.² Otros factores que se deben considerar son el flujo y el volumen sanguíneos, junto con la capacidad de otros tejidos para metabolizar el lactato.⁹

Se considera que las fibras musculares de contracción rápida, tienen mayor potencial para la formación de lactatos que las de contracción lenta.² En los pacientes con cardiopatías se ha demostrado un predominio relativo de las fibras de contracción rápida, lo que contribuye al más precoz comienzo del metabolismo anaeróbico.¹⁰ Se sugiere que un aumento en la acumulación de lactato en la sangre, refleja un cambio de un metabolismo predominantemente aeróbico a otro más anaeróbico junto con un aumento en la actividad glucogenolítica.¹¹

Se ha señalado que el metabolismo anaeróbico, con formación de lactato, ocurre durante el ejercicio progresivo, cuando el suministro de

oxígeno a los músculos que participan en el ejercicio no puede aumentar lo necesario para mantener el metabolismo aeróbico;¹²⁻¹³ esto es más evidente en pacientes con IM. *Wasserman y colaboradores*¹² hallaron que los pacientes con enfermedades del corazón presentan un umbral anaeróbico inferior cuando se realizan mediciones con gas espirado y *Matsumura y colaboradores*¹⁴ confirmaron que el mismo disminuyó de acuerdo con la severidad de la cardiopatía debido a una irrigación sanguínea insuficiente para los músculos que intervienen en el ejercicio.

Es conocido¹⁵ que la concentración de lactato en los músculos y en la sangre aumenta a medida que el ejercicio submáximo se convierte en máximo; otros investigadores¹⁶ han informado que durante el ejercicio y en condiciones de "estado estable", este aumento en la formación de lactato ocurre en intensidades de ejercicio del orden del 60-70% del consumo máximo de oxígeno.

Estudios anteriores han demostrado que después del entrenamiento con carga de trabajo submáxima, la concentración de lactato en la sangre disminuye para una carga física dada.^{17,18}

El ácido láctico es un ácido fuerte ($pK = 3,86$), si éste se acumula en cantidad elevada producirá una marcada reducción del pH y provocará cambios en el equilibrio ácido-básico de la sangre. Por consiguiente, la observación de este parámetro puede ser una guía útil durante la evaluación de una sesión de ejercicios.

En nuestro grupo de pacientes el pH no varió después del ejercicio, lo que reflejó ausencia de acidosis en la sangre.

El aumento en la CFT, el comportamiento de las arritmias cardíacas y los hallazgos de los análisis de sangre, revelaron resultados satisfactorios y buena tolerancia hacia el programa de ejercicios prescrito.

SUMMARY

Rivas Estany, E. et al: Blood lactic acid concentration after submaximal exercises in *patients with myocardial infarction*.

In order to determine tolerance to physical training programme, a study is performed to 25 selected patients suffering myocardial infarction without complications. The patients were submitted to a supervised exercise programme with trot sessions for 30 minutes. Lactic acid concentration and basic-acid equilibrium in blood was determined before and after the exercise. Periodical evaluative ergometric tests were performed. Mean heart rate reached by the group during trot was 132 ± 13 beats per minute. Mean lactic acid concentration at rest was $1,28 \pm 0,36$ mmol/l, and immediately after exercise increased to $2,03 \pm 0,50$ mmol/l. Five patients showed lactic acid values higher to normal during the rehabilitation period; only three of them presented concentration slightly above 3 mmol/l. Such cases with less increased heart rate during trot presented higher lactic acid concentrations. None of the patients suffered metabolic acidosis and mean pH did not change during the training session. Mean physical work capacity increased from $95,6 \pm 20,8$ W to

$126,2 \pm 24,3$ W during evolutive ergometries. It is concluded that even a small percentage of patients can require a particular individualization during training in relation to high figures of lactic acid in blood, the prescribed exercise programme showed satisfactory results and an appropriate tolerance.

RÉSUMÉ

Rivas Estany, E. et al.: *Concentration d'acide lactique sanguin après la réalisation d'exercices submaximaux chez des malades porteurs d'un infarctus du myocarde.*

Il est réalisé une étude en vue de déterminer la tolérance jusqu'un programme d'entraînement physique, chez 25 malades choisis, porteurs d'un infarctus myocardique sans complications. Les malades ont été soumis à un programme d'exercices surveillés avec des séances de marche rapide (trot) d'une durée de 30 minutes. Il a été déterminé la concentration d'acide lactique et l'équilibre acido-basique dans le sang avant et après l'exercice. Il a été réalisé des épreuves ergométriques évaluatives périodiques. La fréquence cardiaque moyenne atteinte pendant le trot par le groupe de malades a été de 132 ± 13 battements par minute. La concentration moyenne d'acide lactique en repos a été de $1,28 \pm 0,36$ mmol/l, et immédiatement après l'exercice elle a augmenté à $2,03 \pm 0,59$ mmol/l. Cinq malades ont montré des valeurs d'acide lactique supérieures à la normale pendant la période de récupération; seulement 3 de ces malades ont présenté des concentrations légèrement supérieures à 3 mmol/l. Les cas qui ont moins élevé la fréquence cardiaque pendant l'exercice ont présenté des concentrations supérieures d'acide lactique. Aucun malade n'a présenté d'acidose métabolique, et le pH moyen n'a pas varié pendant la séance d'entraînement. La capacité physique de travail moyenne a augmenté de $95,6 \pm 20,8$ W à $126,2 \pm 24,3$ W dans les épreuves ergométriques évolutives. Les auteurs concluent que quoiqu'un faible pourcentage de patients puisse demander une individualisation particulière pendant l'entraînement par rapport aux chiffres élevés d'acide lactique sanguin, le programme d'exercices indiqué a montré des résultats satisfaisants et une tolérance adéquate.

BIBLIOGRAFIA

1. *American College of Sports Medicine*: Guidelines for graded exercise testing and exercise prescription. 2nd ed., Philadelphia, Lea & Febiger, 1980. P. 48.
2. *Tesch, P. A. et al.*: Lactate accumulation in muscle and blood during submaximal exercise. *Acta Physiol Scand* 114 : 441, 1982.
3. *Hermansen, L.; J. B. Osnes*: Blood and muscle pH after maximal exercise in man. *J Appl Physiol* 32; 304, 1972.
4. *World Health Organization*: Evaluation of comprehensive rehabilitative and preventive programmes for patients after acute myocardial infarction. Report on two working groups. EURO 8206 (8), WHO, Regional Office for Europe, Copenhagen, 1974.
5. *Gutmann, I.; A. W. Wahlefeld.*: L-Lactate. Determination with Lactate Dehydrogenase and NAD. Page 1464 *In*: H. V. Bergmeyer, ed.: *Methods of Enzymatic Analysis*, 2nd ed., New York and London, Verlag Chemic Weinheim and Academic Press, Inc., 1974.
6. *Astrand, I.*: Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol Scand* 49 (Suppl. 169): 1, 1960.
7. *Jelinek, M. W.; B. Lown*: Exercise stress testing for exposure of cardiac arrhythmia. *Prog Cardiovasc Dis* 16: 497, 1974.
8. *Strandell, T.*: Heart rate arterial lactate concentration and oxygen uptake in old men compared to young men. *Acta Med Scand* 60: 197, 1964.
9. *Eklom, B. et al.*: Central circulation during exercise after venesection and reinfusion of red blood cells. *J Appl Physiol* 40: 379, 1976.
10. *Ivy, J. L. et al.*: Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *J Appl Physiol* 48: 523, 1980.
11. *Skinner, J. S.; T. H. McLellan*: The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Quart* 51: 234, 1980.
12. *Wasserman, K. et al.*: Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 35: 236, 1973.
13. *Koval, S. K. et al.*: Ventilatory responses to the metabolic acidosis of treadmill and cycle ergometry. *J Appl Physiol* 40 : 864, 1976.
14. *Matsumura, N. et al.*: Determination of anaerobic threshold for assessment of functional state in patients with chronic heart failure. *Circulation* 68 : 360, 1983.

15. *Nagle, F.*: Lactic acid accumulation during running at submaximal aerobic demands. *Med Sei Spors* 2: 182, 1970.
16. *Knuttgen, H.; B. Saltin*: Muscle metabolites and oxygen uptake in short-term sub-maximal exercise in man. *J Appi Physiol* 32: 690, 1972.
17. *Dorossiev, D. L.*: Methodology of physical training, principles of training and exercise prescription. *Adv Cardiol* 24: 67, 1978.
18. *Kellermann, J. J. et al.*: Cardiocirculatory response to different types of training in patients with angina pectoris. *Cardiology* 62: 218, 1977.

Recibido: 19 de septiembre de 1985

Aprobado: 8 de diciembre de 1985

Dr. *Eduardo Filvas Estany*

Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular

Calle 17 No. 702, Vedado, Municipio Plaza de la Revolución

Ciudad de La Habana

Cuba