

Factores que afectan a la lactatemia durante un test de esfuerzo

Dr. García del Moral, L. *, B., Dr. García del Moral, J. **,
Dr. Rodríguez Jerez, A ***.

* Centre de Medicina de L'Esport. Conselleria de Cultura, Educació y Ciencia. Generalitat Valenciana. Miembro de la Unidad de Investigación de Fisiología del Ejercicio Físico y del Deporte. Universitat de Valencia.

** Director del Centre de Medicina de L'Esport. Conselleria de Cultura, Educació y Ciencia. Generalitat Valenciana. Miembro de la Unidad de Investigación de Fisiología del Ejercicio Físico y del Deporte. Universitat de Valencia.

*** Profesor Titular de Fisiología. Departamento de Fisiología. Universitat de Valencia. Director de la Unidad de Investigación de Fisiología del Ejercicio Físico y del Deporte. Universitat de Valencia.

En las últimas décadas, y paralelamente a la evolución del deporte como un fenómeno social que exige a los deportistas cada vez más dedicación, las ciencias aplicadas al deporte, en especial la fisiología del ejercicio, han experimentado un desarrollo exponencial en su intento de profundizar en los conocimientos del deporte y ante la necesidad de incidir sobre el entrenamiento y su planificación.

A partir del conocimiento científico del nivel de condición física y técnica del deportista podremos influir sobre las mismas y conseguir progresos deportivos a la vez que evitar los posibles riesgos de la práctica deportiva mal planificada. Sin embargo, no existe un método universal para la valoración conjunta de todos los componentes de la condición física (p.e. fuerza, resistencia, etc).

En la valoración funcional debemos recurrir al análisis individualizado de los factores que influyen en la adaptación del organismo al esfuerzo por medio de pruebas de esfuerzo. En la ergometría se utilizan tests específicos para la medición de parámetros fisiológicos y biológicos especiales, y poder obtener información sobre el grado de condición física, esto es, de la participación de determinados sustratos metabólicos en la provisión de energía para la contracción muscular.

La determinación del ácido láctico sanguíneo se ha mostrado como un método muy provechoso, práctico y sencillo, que permite cuantificar la respuesta metabólica al esfuerzo. Este parámetro puede ser analizado a partir de muestras de sangre arterial, sangre venosa, o de forma menos cruenta a partir de micromuestras, por extracción de 20 a 50 ml de sangre durante pruebas ergométricas o tras una carga de entrenamiento o de competición.

La determinación de lactato en ergometrías en cicloergómetro o en cinta rodante permite determinar el límite del rendimiento aeróbico individual, el llamado «umbral anaeróbico». A partir del conocimiento de éste, junto a la frecuencia cardíaca (F.C.) podemos, de una forma simple y fidedigna, regular las intensidades de un

entrenamiento, tanto en deporte de alto rendimiento como en rehabilitación de enfermos. Por medio de determinaciones de lactato, podremos valorar el límite del rendimiento deportivo de forma mucho más precisa que con otros métodos, a partir de pruebas en el laboratorio o el campo deportivo, o por tests deporte-específicos^(25,64,66,71,73).

DINAMICA DEL LACTATO SANGUINEO EN RELACION A LA INTENSIDAD DEL EJERCICIO FISICO

El lactato sanguíneo, a diferencia de la F.C., el gasto cardíaco o el consumo de oxígeno (VO₂) no tiene un comportamiento lineal en relación a la carga física correspondiente, fundamentalmente debido a que su aparición en sangre está en función de diferentes mecanismos que intervienen en su producción, consumo y distribución por los distintos compartimentos del organismo (muscular, sanguíneo e intersticial).

Por debajo del «umbral anaeróbico», la concentración de lactato en sangre varía poco de la observada en reposo, tanto ante cargas de tipo triangular como rectangular^(1,40,45,73,84,94). A niveles submáximos de esfuerzo, si no se sobrepasa el umbral, observaremos un equilibrio entre la producción y su eliminación^(40,41,75), existiendo un «estado-estable» metabólico^(40,75,84).

Con intensidades de esfuerzo por encima del umbral anaeróbico se producirá un exceso de ácido láctico^(27, 40,47,73,75,102). Si mantenemos dicha intensidad de ejercicio se producirá un aumento lineal de la concentración de lactato por acumulación en el músculo en ejercicio, y tras su distribución, también en el compartimento sanguíneo^(27,47,74,76).

El máximo estado-estable del lactato ha sido identificado, a partir de resultados empíricos^(73,91), resultados teóricos⁽⁹¹⁾ y de biopsias musculares^(52,54) con una concentración en sangre de 4 mMol/l.

La aparición de este máximo estado-estable del

lactato en sangre ha sido descrita como «umbral aero- anaeróbico»⁽⁷³⁾, «umbral anaeróbico»⁽⁶⁶⁾, «Onset of blood lactate accumulation»^(51,59,93) o «valor límite del lactato»⁽⁹¹⁾.

Ante incrementos de carga progresivos de tipo triangular, como los habitualmente empleados en ergometría, el aumento de la concentración de lactato en el músculo y su aparición en la sangre no va a ser lineal, ya que a la concentración de lactato resultante de una carga durante la prueba de esfuerzo se le unirá la de la carga del estadio precedente.

Una complicación adicional en la interpretación de la concentración sanguínea del lactato es el que ésta se determina tras su distribución por todo el organismo^(27,75,76). De este modo, la concentración de lactato en sangre caracteriza fundamentalmente una situación de acidosis general y menos la acidosis muscular local.

Para realizar una correcta valoración e interpretación de un parámetro medido y su posible comparación y para poder estandarizar y protocolizar su método de determinación, es necesario conocer los factores que pueden influir sobre dicho parámetro. Nuestra intención es exponer los factores que pueden incidir en la producción, distribución y eliminación del lactato durante una prueba ergométrica, y por tanto influir en la dinámica de su concentración en el compartimento sanguíneo, en donde, al ser determinado, los valores obtenidos nos pueden llevar a errores en su interpretación. Los factores que a continuación exponemos y revisamos no son presentados por orden de importancia.

1. EDAD

Durante una prueba ergométrica progresiva se ha observado que los niños en comparación a los adultos, y en relación porcentual al consumo máximo de oxígeno, registran menores concentraciones de ácido láctico para cada estadio de carga⁽²¹⁾.

Los valores máximos de lactato en sangre^(1,4,78,82,104) y en el músculo cuádriceps^(21,22,57) son inferiores en el niño que en el adulto. Ello sugiere⁽²¹⁾ que la capacidad de los niños para producir lactato durante el ejercicio máximo depende de su maduración biológica. Se registra un incremento dependiente de la edad de la acidosis máxima posible de 0,01-0,02 unidades de pH por año⁽⁷⁸⁾, existiendo un patrón también dependiente de la edad, similar en el exceso de bases, con una tasa de disminución de 1-1,5 mEq/l/año⁽¹⁰⁰⁾.

El umbral anaeróbico en los niños y adolescentes, si lo expresamos porcentualmente al consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2 \text{ max}$), se registra a niveles superiores que en los adultos. Sin embargo, no parecen existir diferencias dependientes de la edad entre niños y adolescentes.

El máximo estado-estable para el lactato sanguíneo en niños ha sido establecido a 4,06 mmol/l ($\pm 0,93$)⁽⁴¹⁾, por lo que no difiere sustancialmente de los hallados en el adulto⁽⁴¹⁾.

2. SEXO

En la valoración de las variaciones en el estado ácido base y del lactato medidos en sangre arterial hay que tener en consideración que en la mujer el volumen sanguíneo y los líquidos intra y extra celulares son menores a los del hombre si se relaciona al peso corporal. Si relacionamos estos parámetros a la masa corporal magra (peso total libre de grasa), no se observan diferencias en ambos sexos⁽⁶⁵⁾. El menor volumen sanguíneo (aproximadamente un 10%) en la mujer adulta⁽¹⁾, junto al inferior volumen de líquidos intra y extracelulares podría simular una superior producción de lactato en la musculatura de trabajo. Pero, al tener la mujer una masa muscular un 10% inferior al hombre, las diferencias se compensan, de manera que en ambos sexos se produce la misma relación entre la concentración de lactato en el músculo y la sangre⁽⁶⁵⁾. Por tanto, las diferencias de rendimiento entre el hombre y la mujer no son atribuibles a diferencias en la dinámica de producción de energía. Las inferiores lactatemias máximas post-esfuerzo observadas en las niñas⁽⁹⁶⁾ y en la mujer adulta⁽⁶⁵⁾ serían debidas a una menor descarga física de éstas, debido a la menor fuerza muscular que tienen con respecto al hombre.

3. CICLO MENSTRUAL

Sobre las posibles repercusiones del ciclo menstrual sobre el rendimiento deportivo existen en la literatura múltiples estudios que llegan a distintas conclusiones. Determinados autores no han podido observar en mujeres sanas no entrenadas, diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de lactato plasmático durante una prueba ergométrica de tipo triangular, entre la fase folicular y luteínica del ciclo menstrual^(5,17,61). Sin embargo, otros autores⁽⁵⁵⁾ aprecian menores concentraciones de lactato durante la fase luteínica en ejercicio físico progresivo, en mujeres no entrenadas.

En mujeres sanas entrenadas algunos autores observan concentraciones menores de lactato durante la fase luteínica^(55,56,62), en tanto que otros^(5,17) no describen diferencias.

De todo ello podemos concluir que, en base a la variabilidad intraindividual en la concentración de lactato sanguíneo del 5%⁽⁶⁹⁾ superior a la hallada en los estudios citados, no se pueden detectar diferencias claras entre las dos fases⁽⁶²⁾.

Según otros autores⁽⁶⁰⁾ el día de la ovulación y/o los días antes o después de la menstruación se produce en algunas corredoras de media y larga

distancia una reducción de la capacidad de rendimiento, que se expresa por una reducción de 0,3 a 0,4 m/s en la velocidad a la que se registra el umbral aero-anaeróbico.

4. DIETA

La concentración absoluta de lactato en sangre durante un ejercicio progresivo no varía sólo por la existencia de acidosis, sino que depende también de la disponibilidad de sustratos energéticos.

La cantidad de glucógeno almacenado en el tejido muscular juega un importante papel frente a las posibilidades de realización de ejercicios prolongados que requieran una intensidad del 70-80% del VO_2 max. Las reservas glucogénicas pueden ser modificadas por medio de manipulaciones dietéticas⁽¹⁰⁷⁾. Una dieta rica en hidratos de carbono, establecida durante 3 a 7 días, al incrementar las reservas glucogénicas, aumentará la capacidad de producción máxima de lactato, no alterando sin embargo el VO_2 max. Este tipo de dieta no modifica ni el umbral aeróbico láctico (2 mMol/l) ni el umbral ventilatorio, y tampoco la marca registrada en 10 Km⁽¹⁰³⁾. No ocurre lo mismo con el umbral anaeróbico (criterio 4mmol/l de lactatemia sanguínea), que se registrará, con una dieta rica en hidratos de carbono, a valores inferiores de VO_2 tanto expresado en términos relativos como absolutos⁽¹⁰⁶⁾. Una disminución de la concentración de glucógeno muscular y hepático produce un desplazamiento a la derecha de la curva de lactatemia que se observa durante una prueba de esfuerzo progresivo, ya que va a existir un déficit de sustrato para la provisión energética por la vía glucolítica. De no tener esto en cuenta, se puede sobrevalorar el estado de entrenamiento⁽¹²⁾, y con ello sobredimensionar las intensidades de entrenamiento idóneas.

Un entrenamiento previo a la realización de un test (por ejemplo carrera continua a baja intensidad la mañana previa al reconocimiento practicado por la tarde) va a producir una reducción de la concentración de glucógeno muscular, y con ello una menor producción de lactato durante el test, pudiéndose obtener además concentraciones máximas inferiores⁽⁹⁾. En la fig. 1 se muestra la lactatemia en dos pruebas ergométricas realizadas a un mismo grupo de sujetos antes y después de ser sometidos a una deplección glucogénica. Por tanto, en la anamnesis previa a una prueba ergométrica deberemos reflejar el entrenamiento realizado antes del test, así como los hábitos dietéticos del sujeto. Asimismo es conveniente programar las pruebas ergométricas a lo largo de la temporada dentro de un contexto de entrenamiento similar y habitual para el deportista.

La ingestión de glucosa justo antes de realizar un ejercicio físico produce un aumento de la glucemia, y puede producir secundariamente un

aumento de la concentración de lactato en sangre⁽⁵⁰⁾.

La ingestión de cafeína antes del ejercicio no influye en las concentraciones de lactato, si se trata de un ejercicio progresivo⁽²⁸⁸⁸⁾. En cambio, en el caso de un ejercicio submáximo continuado, existen discrepancias en la literatura y hay autores que encuentran que aumenta la concentración de lactato^(13,2868). Otros autores indican que disminuye, observando otros que no se modifica la concentración de lactato en sangre con la ingestión de cafeína^(14,16,23,24,68).

5. CONDICION FISICA

La lactatemia durante el ejercicio máximo y submáximo va a ser influida por el grado de condición física del deportista. El mayor porcentaje de fibras musculares tipo 1 (fibras lentas u oxidativas) va a ser responsable del retraso en el inicio de la acumulación de lactato en sangre, debido a la mayor densidad de capilares, a la mayor capacidad oxidativa y a los inferiores niveles de actividad de los enzimas glicolíticos⁽³⁴⁾.

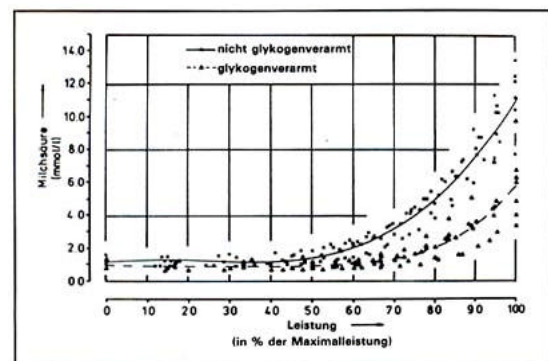


FIGURA 1.- Lactatemias de 8 deportistas con depósitos glucogénicos musculares regenerados (curva superior) y parcialmente disminuidos (curva inferior). La curva más plana sugiere un efecto del entrenamiento de resistencia, pero es en realidad consecuencia de la disminución de los depósitos glucogénicos (Ordenada: Lactatemia en mMol/l. Abcisa: Rendimiento en % del máximo)⁽¹²⁾.

La mejoría del nivel de entrenamiento, en lo que respecta al grado de condición física aeróbica se manifiesta, por medio de la concentración de lactato en sangre, por la aparición del mismo nivel de acidosis ante cargas de esfuerzo superiores. Se produce un desplazamiento a la derecha o hacia abajo de la curva del lactato durante una prueba de esfuerzo progresiva, o un aplanamiento de la pendiente de esta curva, en los atletas de mayor rendimiento aeróbico (fig. 2)^(15,48,63,73).

6. RITMO CIRCADIANO

Las concentraciones de lactato sanguíneo en reposo, como expresión de su producción y eliminación, están sujetas a fluctuaciones a lo largo del día (fig. 3), y sus modificaciones están

estrechamente relacionadas con el metabolismo de los carbohidratos y los niveles plasmáticos de catecolaminas⁽³⁾. A su vez, el hábito de entrenamiento puede influir en los resultados obtenidos en la prueba de esfuerzo de tal forma que la hora habitual de entrenamiento condiciona el rendimiento deportivo.

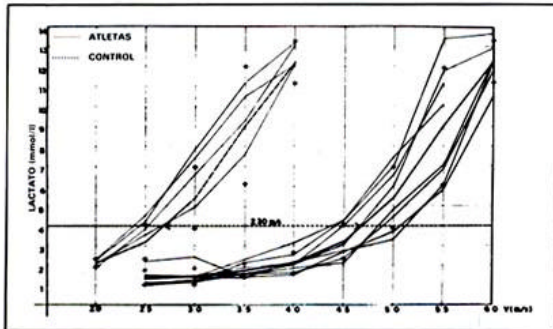


FIGURA 2.- Lactatemias obtenidas durante una prueba de esfuerzo en laboratorio, de un grupo control y otro de atleta, y media de ambos /trazo más grueso⁽³¹⁾.

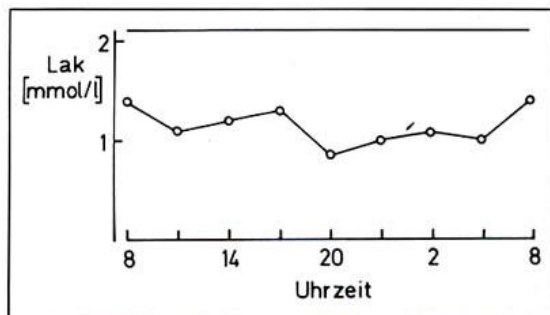


FIGURA 3.- Ciclo circadiano de la lactatemia basal⁽⁹⁶⁾.

Vam Dam y cols.⁽⁹⁶⁾ observan que una prueba ergométrica realizada a una hora distinta a la habitual para el entrenamiento del deportista puede llevar a la infravaloración del umbral aero-anaeróbico a 4 mMol/l de más de un estadio completo de carga. Bachl⁽³⁾ señala la necesidad de una estricta observancia de la hora del día en que se deben realizar los test para conseguir la máxima reproducibilidad, con una variabilidad por debajo del 5%, incluso con lactatemias submáximas. Por otro lado, será necesario controlar los factores que pueden influir sobre el deportista para excluir los días de bajo rendimiento de éste^(3,98,99).

7. TEMPERATURA

La temperatura puede modificar las variables de rendimiento durante el esfuerzo. Las variaciones de temperatura inciden sobre los parámetros cardiorrespiratorios, metabólicos y sobre la contractilidad del músculo esquelético, entre otras cosas por el aumento de la contribución del número de unidades motoras de las fibras de contracción lenta ante bajas temperaturas, y un aumento relativo de la contribución del número de unidades

motoras de fibras de contracción rápida ante temperaturas elevadas^(86,87).

La temperatura ambiental del laboratorio, según los acuerdos de la ICSPE (International Council of Sport Science and Physical Education)⁽⁷⁰⁾, deberá mantenerse dentro de los + 18° a + 22° C, sin ser inferior a los + 16° o superior a los + 24° C, con una humedad relativa ambiente no mayor del 60%⁽⁸¹⁾.

Las influencias de las variaciones en la temperatura sobre el umbral láctico durante un ejercicio progresivo no han sido todavía estudiadas⁽¹⁰¹⁾. Pero parece lógico pensar que las elevaciones de temperatura inducirán a lactatemias superiores en cada estadio de esfuerzo, y por tanto a la aparición del umbral aero-anaeróbico a niveles de esfuerzo inferiores.

8. TRABAJO FISICO ANTERIOR AL TEST DE ESFUERZO

Según las recomendaciones de la ICSPE el día previo a la realización del test no se deben realizar grandes esfuerzos físicos o psíquicos, debiéndose evitar el mismo día de la realización del test pequeños esfuerzos físicos u otros que pudieran variar el metabolismo durante la prueba ergométrica.

La influencia de una carga intensiva de corta duración antes de la realización de la ergometría, fue estudiada por Heck y cols.⁽³⁷⁾. Cinco minutos antes de la realización de una cicloergometría aplicaron a los sujetos una carga de 5 min. de duración que les llevaba a alcanzar unas lactatemias de 2,4 y 6 mMol/l (fig. 4). En el sujeto entrenado, la pausa es suficiente para que los valores submáximos y máximos determinados posteriormente no sufran una variación esencial, cosa que no ocurre con el sujeto no entrenado, que incluso tras la precarga más intensa, ya no llega a rebasar la lactatemia de 4 mMol/l. De ello concluyen Heck y Hollmann⁽³⁹⁾ que el ejercicio físico previo no es razón para postergar una ergometría, siendo suficiente una pausa de 15-30 min en los sujetos no entrenados para que no se produzcan variaciones sobre los parámetros de rendimiento. Esto no será válido para precargas que lleven a lactatemias por encima de 8 mMol/l.

La influencia de una carga extensiva de larga duración realizada los días previos a la ergometría fue estudiada por Hess y cols.⁽⁴³⁾, llegando a la conclusión de que no modifica los parámetros de rendimiento y que, por tanto, una ergometría puede ser realizada aunque el deportista no haya mantenido las condiciones de reposo antes del test. Heck y Hollmann⁽³⁹⁾ llegan a la misma conclusión pero apreciando que la realización de un esfuerzo de tipo extensivo previo a la realización de una ergometría tiene tanta menos influencia sobre la prueba de esfuerzo cuanto mejor sea la condición

física del sujeto. El que esta afirmación sea también válida para las competiciones y entrenamientos intensos realizados los días previos a la prueba ergométrica está todavía abierta, ya que no existen publicaciones al respecto.

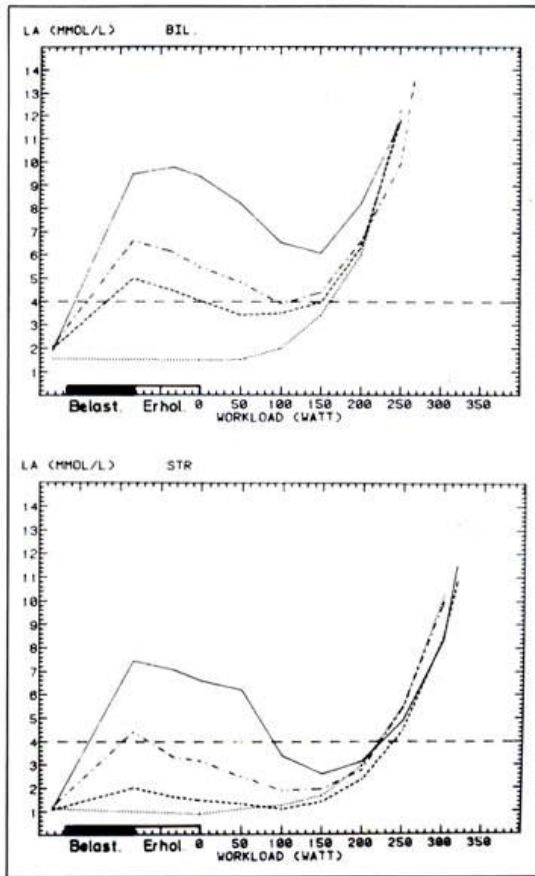


FIGURA 4.- Lactemias en sujetos entrenados y no entrenados durante el reposo previo a un ejercicio submáximo y en la recuperación, y durante un test de esfuerzo de tipo triangular⁽³⁷⁾.

Cuando un sujeto realiza una ergometría en tapiz rodante por primera vez, se observa una falta de familiarización con el ergómetro y por tanto tiene dificultades para correr de forma coordinada. Ebber⁽²⁰⁾ estudió las variaciones en los parámetros de rendimiento en razón al acostumbramiento al tapiz rodante, llegando a la conclusión de que no se producían variaciones sobre el lactato y los parámetros ventilatorios. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en este estudio la muestra utilizada era de estudiantes de educación física que, con unas exigencias superiores en coordinación con el resto de la población, son capaces de comprender rápidamente un movimiento, y llevarlo a la práctica.

Antes de realizar por primera vez una ergometría a un sujeto en tapiz rodante Heck y Hollmann⁽³⁹⁾ aconsejan acostumbrado al ergómetro haciéndole andar rápido, y correr lento, incluso en un principio cogido a la barandilla. La prueba comenzará (tras una corta pausa) cuando el examinador tenga la impresión de que el sujeto

domina la técnica. Pese a todo, en la interpretación de resultados deberá tenerse en cuenta el hecho de que sea la primera ergometría realizada en tapiz rodante.

9. TIPO DE ERGOMETRO

En la mayor parte de la población se va a registrar una lactatemia de 4mMol/l a valores superiores de VO_2 en el tapiz rodante que en cicloergometría⁽⁴²⁾.

Hollmann y Liesen⁽⁴⁸⁾ atribuyen las variaciones en la concentración del lactato durante trabajo submáximo a diferencias cualitativas del tipo de esfuerzo (manivela, pedaleo, carrera) y condicionada por la distinta musculatura puesta en ejercicio, proponen para la valoración funcional del atleta la realización de tests que sean deporte-específicos y que reproduzcan al máximo el gesto deportivo que se desea controlar (fig. 5).

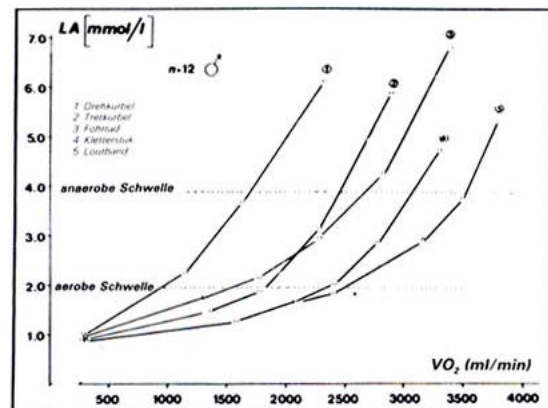


FIGURA 5.- Lactemias a nivel del umbral aero-anaeróbico en 12 sujetos sanos en dependencia del tipo de ejercicio físico (1: manivela, de pie; 2: cicloergómetro, tumbado; 3: cicloergómetro, sentado; 4: test del escalón; 5: tapiz rodante)⁽⁴⁷⁾.

Simon y cols.⁽⁹²⁾ observan diferencias considerables en la concentración del lactato entre reconocimientos efectuados en el laboratorio y el campo deportivo. Estas variaciones las relacionan a que las cargas musculares de trabajo no son siempre las mismas y a factores externos como la carga ambiental.

Heck y cols.⁽³⁷⁾ son más rotundos y hacen hincapié en que las concentraciones de lactato obtenidas en el laboratorio no son directamente transferibles a las cargas de trabajo en resistencia en el campo deportivo.

También Heck y cols.⁽³⁷⁾ publicaron un estudio comparativo de pruebas de esfuerzo en tapiz rodante con el mismo protocolo de aumento de carga pero con diferentes grados de inclinación (entre 0 y 6%) concluyendo que la pendiente de 0 a 2% es la que más asemeja el trabajo en laboratorio al realizado en el campo deportivo.

Un mismo protocolo de esfuerzo practicado en diferentes tipos de tapiz rodante puede llevar a distintas respuestas funcionales en un sujeto, y con

ello, llevar a diferentes resultados en el diagnóstico de rendimiento. La fig. 6 muestra los valores medios para el lactato y frecuencia cardíaca determinados en dos tipos de diferentes de tapiz rodante (Tapiz 1, firma Jaeger, Tapiz 2, firma Woodway; incremento de carga 0,4 m/s, duración del estadio 5 min, duración de la pausa 30 seg, N = 8). La diferencia entre ambos a nivel del umbral aero-anaeróbico a 4mMol/l de lactatemia es prácticamente de un estadio, 0,4 m/s, atribuibles a las distintas propiedades mecánicas de ambos ergómetros⁽³⁸⁾.

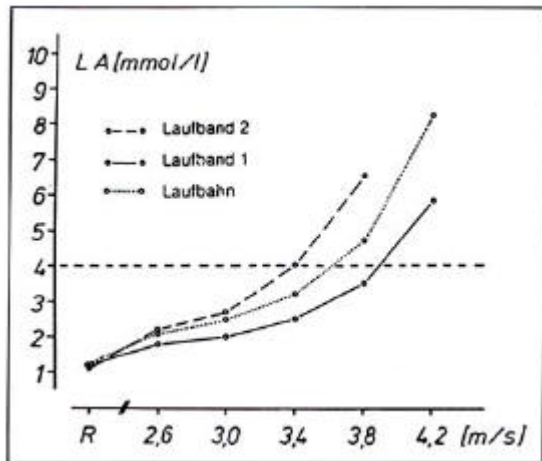


FIGURA 6.- Lactatemias durante un test de esfuerzo en dos diferentes tipos de tapiz rodante, y en pista sintética⁽³⁹⁾.

La frecuencia de pedaleo durante una cicloergometría va a influir sobre los valores máximos de carga VO_2 y lactatemia⁽⁴²⁾ así como sobre los parámetros submáximos^(8,10). Es decir, a medida que se aumenta la frecuencia del pedaleo por encima de 60 rpm, irá aumentando la lactatemia correspondiente a cada carga^(49,72), aunque, con el incremento de la carga del cicloergómetro, la frecuencia óptima de pedaleo va a ir desplazándose a valores superiores⁽⁸⁾.

10. CONEXION A UN ERGOESPIROGRAFO

La realización de una prueba ergométrica con ergoespirometría influye sobre las posibilidades de rendimiento de un sujeto. A nivel de umbral a 4 mMol/l de lactatemia existe una diferencia de aproximadamente 0,15 m/s inferior en las ergometrías con el sujeto conectado al sistema ergoespirográfico en pruebas de esfuerzo en tapiz rodante⁽³⁸⁾ (fig. 7), atribuyéndose estas diferencias a que la «conexión» al sistema ergoespirográfico lleva a una pérdida de coordinación, y con ello, a un incremento del gasto energético. Las influencias de la conexión a un sistema de análisis de gases por medio de una mascarilla de tres vías y tubo flexible ha sido estudiada en nuestro laboratorio^(11,29), donde observamos valores de lactatemia significativamente superiores en cada estadio,

registrando el umbral aero-anaeróbico a una velocidad 0,17 m/s inferior en el caso de estar «conectado» al sistema ergoespirométrico. Asimismo, hay que señalar la mejor aceptación de los deportistas a pruebas de esfuerzo sin análisis de gases, así como la posibilidad de una mayor comunicación durante la realización de la misma entre el sujeto y el examinador.

No existen estudios que determinen las posibles influencias que la conexión al sistema ergoespirométrico pueda tener en las concentraciones sanguíneas de lactato determinadas durante una cicloergometría, pero, en razón a las características de este tipo de ergometría, en la que el sujeto está sentado y por lo tanto no intervienen factores posturales y de coordinación (cambio del centro de gravedad, proyección cervical anterior, etc) cabe suponer que las diferencias serán significativamente inferiores a las registradas en cinta sin fin.

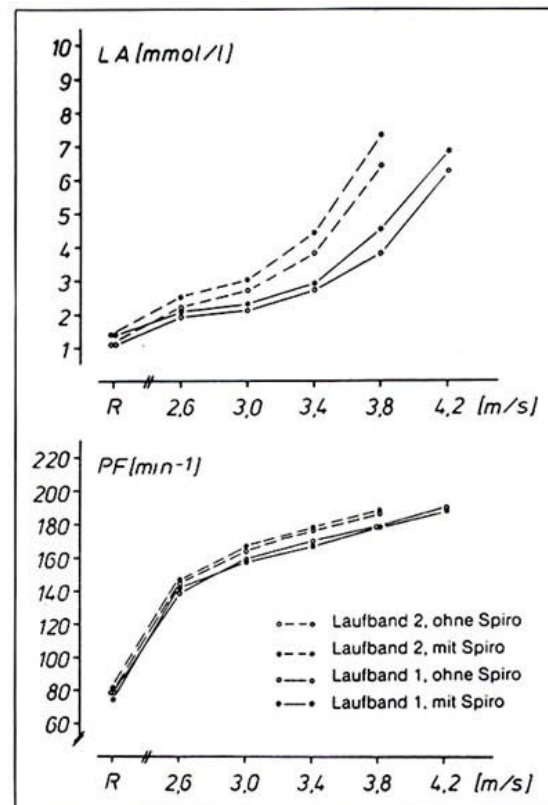


FIGURA 7.- Lactatemias y frecuencias cardíacas medias durante ergometrías en tapiz rodante con y sin ergoespirometría, en dos tapices de distinta marca⁽³⁹⁾.

11. TRABAJO AL INICIO DEL TEST

Existen multitud de protocolos de esfuerzo, y cada uno de ellos comienza con la incorporación de una carga diferente. La ICSPE recomienda cargas iniciales en cicloergometría de 25 hasta 150 vatios. Reinke de cols⁽⁸⁹⁾ estudiaron la influencia de la carga inicial (25-100 w) en una cicloergometría, en

relación al grado de condición física, sobre parámetros cardio-respiratorios y lactato, demostrando que éstos no son influidos por la variación en la carga inicial ni en lo que respecta a los valores máximos ni a los submáximos medidos a nivel del umbral aero-anaeróbico a 4 mMol/l de lactatemia. Sin embargo, hay estudios que describen que una carga inicial demasiado alta falsea fundamentalmente los valores a nivel del umbral aero-anaeróbico⁽⁸⁵⁾. Heck y Hollmann⁽³⁹⁾ refieren que una carga inicial hasta el 40% de la carga máxima tolerable del sujeto no influye sobre los valores submáximos y máximos. El problema se plantea cuando no conocemos los valores máximos del sujeto, y para evitar un falseamiento de la prueba de esfuerzo, deberemos iniciarla con cargas mínimas (2.5 a 3.0 m/s / 25-50 w). Además, caso de tratarse de ergometrías para el diagnóstico de enfermedades cardiocirculatorias, la carga inicial deberá ser pequeña, ya que el posible registro de reacciones cardiocirculatorias patológicas ante cargas bajas condiciona el tipo de protocolo y lleva consigo puntos de vista adicionales⁽⁸⁹⁾.

12. DURACION DEL ESTADIO

En dependencia de la velocidad de incremento de la carga durante el ejercicio ergométrico se van a producir diferencias considerables en el cálculo de la intensidad del ejercicio correspondientes al umbral aero-anaeróbico⁽⁵³⁾. Ante la revisión de las influencias de diferentes tiempos de duración de la carga por estadio (3.5, 5.5, 7.5 min) en relación a las variaciones en la concentración de lactato en sangre, Heck y cols.^(36,37) encuentran que, con el incremento de la velocidad, las diferencias se van haciendo mayores. Es decir, el registro del umbral aero-anaeróbico a 4 mMol/l de lactatemia, las diferencias absolutas son por término medio de alrededor de 0.16 m/s superior en las pruebas de esfuerzo con duración de la carga de 3' respecto a la realizada con 5' por estadio. Esto significa que la reducción de la duración de la carga de 5 a 3 minutos equivale a una diferencia en el registro del valor del umbral de 4 a 3.5 mMol/l de lactato⁽³⁸⁾. Estos hallazgos han sido confirmados en nuestro laboratorio en donde hemos observado que con duraciones del estadio de 3 min., produce una modificación en la velocidad a la que se registra el umbral aero-anaeróbico de 0.18 m/s, superior al obtenido en los protocolos de 5 min. por estadio. Sin embargo no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos protocolos en los parámetros máximos analizados (lactato y velocidad máxima)⁽³⁰⁾ (fig. 8). De ello podemos concluir que la duración del estadio se deberá ajustar a los objetivos de la prueba ergométrica, de forma que mientras que para comparar variaciones en la condición física a partir de la curva de lactatemia será válida una duración

corta de los estadios, siempre y cuando realicemos el mismo protocolo, para poder trasladar los datos obtenidos en el laboratorio al rendimiento específico en el campo deportivo, la duración de los estadios deberá ser superior.

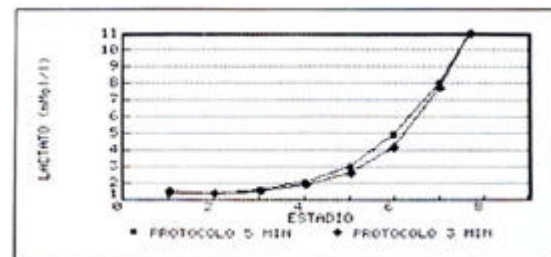


FIGURA 8.- Lactatemia en una prueba de esfuerzo en dependencia de la duración del estadio⁽³⁰⁾.

Otros autores⁽⁶⁷⁾ encuentran modificaciones en el rendimiento máximo del 9% inferior con cargas de 5.5 min de duración del estadio, frente a las de 3 min. Los valores de lactatemia en el estadio máximo alcanzado con el protocolo de 5 min. se corresponden ampliamente con los encontrados tras éste con el protocolo de 3 min por estadio⁽⁷³⁾, no así la carga a la cual se registran, que será superior en el caso de estadios de 3 min. Las diferencias sobre la influencia de la duración de la carga en los parámetros máximos entre la literatura consultada y nuestros hallazgos⁽³⁰⁾, pueden ser debidos a un mayor grado de condición física (atletas de medio fondo de nivel nacional) de la población estudiada por nosotros. De ello podemos concluir que la duración del estadio influirá tanto más sobre los parámetros máximos (lactatemia y carga) cuando menor sea el nivel de condición física del sujeto examinado.

13. DURACION DE LA PAUSA

Durante una ergometría en tapiz rodante es necesaria una pausa tras cada carga para proceder a la extracción de la muestra sanguínea. Un extractor experimentado va a necesitar para ello un tiempo inferior a los 30 seg. Heck y cols (1980)⁽³⁶⁾ estudiaron la influencia de la duración de la pausa sobre la lactatemia determinada tras cada estadio, concluyendo que un incremento de 30 a 90 seg en la duración de la parada desplaza a la derecha la curva del lactato, registrándose el umbral aero-anaeróbico (criterio 4 mMol/l) a una velocidad 0.07 m/s superior por cada 30 seg, no variando la concentración máxima de lactato determinada en la fase de recuperación. Por contra, la existencia y duración de la pausa no va a influir sobre el VO_2 max^(36,79).

14. LUGAR DE TOMA DE LA MUESTRA

Muchos investigadores intentan tomar las muestras hemáticas a partir de la sangre venosa que fluye del músculo en activo, o de la sangre arterial. Ello supone en ocasiones que la obtención de muestras es excesivamente cruenta y por tanto inconveniente en valoración funcional de rutina por motivos de seguridad y conveniencia. Margaria y cols.⁽⁷⁷⁾ demostraron que tras 10 min de trabajo extenuante los niveles de lactato sanguíneo en sangre arterial (femoral) y venosa (femoral o braquial) eran extremadamente similares. Sin embargo, otros autores^(32,83) demostraron que la concentración de lactato en las muestras venosas femorales pueden ser dos veces mayores que las obtenidas de las cefálicas o antecubitales, durante ejercicio extenuante, y durante la primera porción de la recuperación.

Yoshida y cols.⁽¹⁰⁵⁾ encontraron que la diferencia arterio-venosa en la concentración de lactato se hace cada vez mayor después del inicio del aumento del lactato en sangre arterial, presumiblemente, como consecuencia del consumo de lactato por parte de los músculos del antebrazo.

Por tanto, el punto de toma de la muestra puede inducir a diferencias considerables, sobre todo en situaciones distintas al estado estable y debe ser considerado a la hora de realizar estudios comparativos.

Debido a estos inconvenientes de orden práctico y de seguridad, muchos investigadores utilizan micro- muestras a partir del pulpejo del dedo, ya que los sistemas de lectura son suficientemente sensibles como para poder analizar pequeños volúmenes. Sin embargo, debemos considerar que si la muestra de sangre de la vena antecubital subestima la concentración de lactato sanguíneo en la pierna (al menos en otras condiciones que no sean el estado estable), obviamente puede ocurrir lo mismo con la técnica del pulpejo del dedo⁽³³⁾. La valoración del rendimiento por medio de mediciones de la concentración del lactato sanguíneo sólo será adecuada a partir de la determinación de éste en sangre arterial^(6,44,46). Sin embargo, debemos tener en cuenta que a más distancia exista entre el punto de toma de la muestra y la fuente productora del lactato, más importante es mantener un alto flujo sanguíneo hasta ese punto. Este flujo sanguíneo puede ser aumentado por medio de calor, o de cremas vasodilatadoras⁽³³⁾.

Frecuentemente se toman muestras de sangre «arterializada» del lóbulo de la oreja⁽⁸⁰⁾ o de la vena dorsal de la mano⁽²⁶⁾. En condiciones ideales, tanto un método como el otro ofrecen una buena aproximación a la concentración de lactato arterial⁽³³⁾, no existiendo diferencia en la PO₂ entre la sangre arterializada del lóbulo de la oreja hiperemizado y la de la arteria braquial⁽⁴⁴⁾. La determinación del lactato a partir de sangre arterializada procedente del lóbulo de la oreja es una técnica sencilla y fiable siempre que se mantenga un flujo sanguíneo suficiente para llenar un capilar de 125 µl en 30 segundos⁽³³⁾, y que la sangre no se contamine con sudor⁽³⁵⁾, ni con exudados producidos por trauma o excesiva presión sobre la zona⁽⁹⁰⁾.

Es importante señalar que en razón a que el sudor puede llegar a contener concentraciones de hasta 140 mMol/l de lactato durante una prueba de esfuerzo⁽⁹⁷⁾, una pequeña contaminación de la sangre extraída con éste, va a producir grandes variaciones en la lactatemia sanguínea determinada en el laboratorio.

Caso de utilización de un catéter, será importante la técnica para su mantenimiento. La utilización de soluciones heparinizadas van a influir sobre el metabolismo de las grasas^(18,19); la utilización de una infusión lenta de una solución salina isotónica parece dar resultados satisfactorios⁽³³⁾.

CONCLUSIONES

A la hora de protocolizar una técnica diagnóstica, en este caso la valoración funcional por análisis de la lactatemia, es importante conocer todos aquellos aspectos que influyen sobre la misma. Esto es especialmente importante en el caso de que utilicemos pequeñas muestras de sangre en donde las posibilidades de error van a ser mayores.

Tras la obtención de datos deberemos considerar que el protocolo utilizado nos puede conducir a la interpretación errónea de los resultados, sobre todo en la extrapolación de los mismos al rendimiento específico del deportista y a la planificación de su entrenamiento.

Finalmente, la utilización de diferentes métodos en la valoración de la condición física puede inducir a equívocos en la comparación de distintos estudios y publicaciones, y con ello a diferencias en la definición de parámetros y conceptos.

BIBLIOGRAFIA

1. ASTRAND, P.O.: «Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age». Munksgaard, Copenhagen, 1952.
2. ASTRAND, P.O., RODAHL, K.: «Textbook of work physiology». McGraw-Hill, New York, 1970.
3. BACHL, N.: «Specificity and test precision of the anaerobic threshold». En: Löllgen, H., Mellerowicz, (eds.): «Progress in ergometry. Quality control and test criteria». Fifth International Seminar on Ergometry, Freiburg, 1983. Springer-Verlag, 1984.
4. BLIMKIE, C.J.R., CUNNINGHAM, D.A., LEUNG, F.Y.: «Urinary catecholamine excretion during competition in 11 to 23 year old hockey players». *Med. Sci. Sports*, 10: 188, 1978.
5. BONEN, A.: «Effects of the menstrual cycle on the metabolic responses to exercise». *J. Appl. Physiol. REEP* 55: 1506, 1983.
6. BOLT, W. y cols.: «Über den Brenztraubensäure- und Milchsäurespiegel im Blut bei Arbeit». *Arztl. Wschr.*, 66: 656, 1956.
7. BONING, D. y cols.: «O₂-Aufnahme und Wirkungsgrad bei verschiedenen Leistungen in Abhängigkeit von der Trefrequenz». En: HEch, H. Y cols.: «Sports Leistung und Gesundheit». Deutscher Arztkongreß. Deutscher Ärzte-Verlag, 95, 1983.
8. BONING, D. y cols.: «Relationship between work load, pedal frequency, and physical fitness». *Int. J. Sports Med.*, 5, 92, 1984.
9. BRAUMANN, K.M. y cols.: «Zur interpretation von Laktat-Leistungskurven». *Leistungssport*, 6: 35, 1987.
10. BUCHANAN, M., WELTMAN, A.: «Effects of pedal frequency on VO₂ and work output at lactate threshold (LT), fixed blood lactate concentrations of 2 mM and 4 mM, and max in competitive cyclists. *Int. J. Sports Med.*, 6: 163, 1985.
11. BUENO, M. y cols.: «Estudio comparativo de la lactatemia en pruebas de esfuerzo en el laboratorio con y sin control espirométrico. Comunicación a la I Jornada de pruebas de esfuerzo y función cardiorrespiratoria». Barcelona, 1987.
12. BUSSE, M.W. y cols.: «The work load-lactate-curve: Measure of endurance capacity or criterion of muscle glucogen storage?». (abs) *Int. J. Sports Med.*, 8: 141, 1987.
13. CADERETTE, B. y cols.: «Effects of varied dosages of caffeine on endurance exercise to fatigue». En: Knuttgen, H., Vogel, J., Poortmans, J. (eds): «Biochemistry of exercise». Champaign, IL, Human Kinetics, 871, 1983.
14. CASAL, D., LEON, A.: «Metabolic effects of caffeine on sub-maximal exercise performance in marathoners». *Abstr. Med. Sci. Sports Exerc.*, 14: 176, 1982.
15. COSTILL, D.L.: «Metabolic responses during distance running». *J. Appl. Physiol.* 28: 251, 1970.
16. COSTILL, D. y cols.: «Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance». *Med. Sci. Sports*, 10: 155, 1978.
17. DALSKY, G.: «Effect of progesterone level on substrate utilization during endurance running». Dissertation. Brigham University, Provo USA, 1982. En Keizer y cols, 1987.
18. DUNN, R.B., CRITZ, J.B.: «Uptake of lactate by dog skeletal muscle in vivo and the effect of free fatty acids». *Am. J. Physiol.*, 229: 255, 1975a.
19. DUNN, R.B., CRITZ, J.B.: «Effect of circulating FFA on lactate production by skeletal muscle during stimulation». *J. Appl. Physiol.* 38: 801, 1975b.
20. EBBERT, E.: «Untersuchungen über den Einfluß mehrfacher Laufbandbelastungen auf spiroergometrische und metabolische Parameter». Diplomarbeit, Dtsche Sporthochschule Köln, Colonia, 1980.
21. ERIKSSON, B.O. y cols.: «Muscle metabolites during exercise in puberal boys». *Acta Paediatr. Scand (Suppl.)*, 217: 154, 1971.
22. ERIKSSON, B.O. y cols.: «The effect of physical training on muscle enzyme activities and fiber composition in 11-year-old boys». *Acta Paeditr Belg. (Suppl.)* 28: 245, 1974.
23. ESSIG, D. y cols.: «Effects of caffeine ingestion on utilization of muscle glycogen and lipid during leg ergometer cycling». *Int. J. Sports Med.*, 1: 70, 1980.
24. FISHER, S.M. y cols.: «Influence of caffeine on exercise performance in habitual caffeine users». *Int. J. Sports Med.*, 7: 276, 1986.
25. FÖHRENBACH, R. y cols.: «Testverfahren und metabolisch orientierte Intensitätssteuerung im Sprinttraining mit submaximaler Belastungsstruktur». *Leistungssport* 5: 15, 1986.
26. FOSTER, H.V. y cols.: «Estimation of arterial PO₂, PCO₂, pH, and lactate from arterialized venous blood. *J. Appl. Physiol.*, 32: 134, 1972.
27. FREUND, H., GENDRY, P.: «Lactate kinetics after short strenuous exercise in man». *Eur. J. Appl. Physiol.*, 39: 123, 1978.
28. GAESSER, G.A., RICH, R.G.: «Influence of caffeine on blood lactate response during incremental exercise». *Int. J. Sports Med.*, 6: 207, 1985.
29. GARCIA DEL MORAL, J.: «Determinación de la transición aero-anaeróbica por ergoespirometría». Tesis de Licenciatura, Valencia, 1986.
30. GARCIA DEL MORAL, J. y cols.: «Estandarización de la ergometría en cinta sin fin para la determinación de la lactatemia». Comunicación a la I Jornada de Pruebas de Esfuerzo y Función Cardiorrespiratoria. Barcelona, 1987.
31. GARCIA DEL MORAL, L.: «Valoración de la «Endurance» por el umbral Láctico en atletas de medio fondo». Tesis de Licenciatura, Valencia, 1986.
32. GISOLFI, C., ROBINSON, S.: «Venous blood distribution in the legs during intermittent treadmill work». *J. Appl. Physiol.*, 29: 368, 1970.
33. GRAHAM, T.E.: «Mechanisms of blood lactate increase during exercise». *The Physiologist*, vol. 27, n° 4, 1983.

34. GRAHAM, T.E.: «Measurement and interpretation of lactate». En: Lollgen, H., Mellerowicz, H. (eds): «Progress in ergometry: Quality control and test criteria». Springer-Verlag, 1984.
35. GORDON, R.S. y cols.: «Sweat lactate is derived from blood glucose». *J. Appl. Physiol.*, 31: 713, 1971.
36. HECK, H. y cols.: «Der einfluss der Stufendauer und der Pausendauer bei Laufbanduntersuchungen auf die Sauerstoffaufnahme und des Laktatverhalten». En: Kindermann, W., W. Hort (ed): «Sportmedizin für Breiten- und Leistungssport Kongressbd». Deutscher Sportärztekongress, Saarbrücken, 1980, Demeter Verlag, Gräfeling, 1981.
37. HECK, H. y cols.: «Der Einfluß von belastungsinduziertem Laktat auf die aerobe-anaerobe Schwelle beim Stufentest auf dem Fahrradergometer». En: Heck, H. y cols.: «Sport, Leistung und Gesundheit». Deutscher Sportärztekongress 1982. Deutscher Ärzte Verlag. Köln 1983.
38. HECK, H. y cols.: «Das Verhalten von Laktat und Pulsfrequenz bei Belastung auf zwei verschiedenen Laufbändern mit und ohne Spirographenmaske und auf der Kunststoffbahn». Kongressbd. 2 Symposium Sportmed Forsch. und Lehre an der Hochschulen, Tübingen, 1983. En: Jeschke (ed): «Stellenwert der Sportmedizin in Medizin und Sportwissenschaft. Spriger-Verlag, Berlin, 1984.
39. HECK, H., HOLLMAN, W.: «Methodische Probleme der Leistungsdiagnostik im Labor». *Schweiz. Ztschr. Sportmed.*, 32: 78, 1984.
40. HECK, H. y cols.: «Justification of the 4 mMol/lactate threshold». *Int. J. Sports Med.*, 6: 117, 1985.
41. HECK, H. y cols.: «Maximal lactate steady state and anaerobic threshold in children (abst)». *Int. J. Sports Med.*, 8: 141, 1987.
42. HERMANSEN, L., SALTIN, B.: «Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise». *J. Appl. Physiol.*, 26: 31, 1969.
43. HESS, G., y cols.: «Der einfluss eines 3-Stundenlaufs auf das Laktat- und Pulzfrequenzverhalten beim Laufbandstufenfest». Kongressbd. 2 Symposium Sportmed. Forsch. und Lehre an der Hochschulen, Tübingen, 1983. En: Jeschke (ed): Stellenwert der Sportmedizin in Medizin und Sportwissenschaft. Spriger-Verlag, Berlin, 1984.
44. HOLLMANN, W.: «The relationship between pH, lactic acid, potassium in the arterial and venous blood, the ventilation (PoW) and pulsfrequency during increasing spiroergometric work in endurance - trained and untrained persons. Pan-American-Congress for Sports Medicine, Chicago, 1959.
45. HOLLMANN, W.: «Zur Frage der Dauerleistungsfähigkeit des Sportlers». Barth, Munich, 1961.
47. HOLLMANN, W., HETTINGER, Th.: «Sportmedizin - Arbeits- und Trainingsgrundlagen». F.K. Schaltauerverlag, Stuttgart, New York, 1980.
48. HOLLMANN, W., LIESEN, H.: «Über die Wertbarkeit des Laktats in der Leistungsdiagnostik». *Sportarzt Sportmed.*, 8: 175, 1973.
49. HUGHES, E.F. y cols.: «Effects of glycogen depletion and pedaling speed on anaerobic threshold». *J. Appl. Physiol.*, 52: 1958, 1982.
50. IVY, J.L. y cols.: «Alteration in the lactate threshold with changes in substrate availability». *Int. J. Sports Med.*, 2: 139, 1981.
51. JACOBS, I. y cols.: «Onset of blood lactate accumulation af-ter prolonged exercise». *Acta Physiol. Scand.*, 112: 215, 1981.
52. JACOBS, I., KAISER, P.: «Lactate in blood, mixed skeletal muscle and FT or ST fibres during cycle exercise in man». *Acta Physiol. Scand.*, 114: 401, 1982.
53. JACOBS, I.: «Blood lactate. Implications for training and sports performance». *Sports Med.*, 5: 10, 1986.
54. JORFELDT, L. y cols.: «Lactate release in relation to tissue lactate in human skeletal muscle during exercise». *J. Appl. Physiol.: Respirat. Enron. Exerc. Physiol.*, 44: 350, 1978.
55. JURKOWSKY, J.E. y cols.: «Ovarian hormonal responses to exercise». *J. Appl. Physiol.*, REEP 44: 109, 1978.
56. JURKOWSKY, J.E. y cols.: «Effects of menstrual cycle on blood lactate, O₂ delivery, and performance during exercise». *J. Appl. Physiol.*, 51: 1493, 1981.
57. KARLSSON, J.: «Muscle ATP, CP and lactate in submaximal exercise». En: Pemow, B., Saltin, B. (eds): «Muscle metabolism during exercise». Plenum Press, New York, 383, 1971.
58. KARLSSON, J., JACOBS, J.: «Onset of blood lactate accumulation during muscular exercise as a threshold concept». *Int. J. Sports Med.*, 3: 190, 1982.
59. KARLSSON, J., JACOBS, I.: «Onset of blood lactate accumulation during muscular exercise as a threshold concept». *Int. J. Sports Med.*, 3: 190, 1982.
60. KEIZER, H.A. En: Van Dam, B. y cols.: «Der Einfluß van Tagesperiodik und Schweißproduktion auf das Laktaverhalten unter Ergometerbelastung». *Leichtathletick.*, 13: 424, 1983.
61. KEIZER, H.A. y cols.: «Multiple hormonal responses to physical exercise in eumenorrheic trained and untrained women». *Int. J. Sports. Med.* S8: 139, 1987a.
62. KEIZER, H.A. y cols.: «Effect of a 3-month endurance training program on metabolic and multiple hormonal responses to exercise». *Int. J. Sports Med.* S8: 139, 1987a.
63. KEUL, J.: «Metabolism of skeletal muscle, I Glucose, lactate pyruvate and free fatty acids in arterial and venous blood of working muscles. Examinations of well trained athletes». *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 301: 198, 1968.
64. KEUL, J. y cols.: «Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung». *Dtsche Z. Sportmed.* 30: 212, 1979.
65. KINDERMANN, W., KEUL, J.: «Anaerobe Energiebereitstellung im Hochleistungssport». Hofmann, Schorndorf, 1977.
66. KINDERMANN, W. y cols.: «The significance of the aerobic-anaerobic threshold for the determination of work load intensities during endurance training». *Eur. J. Appl. Physiol.*, 42: 25, 1979.
67. KINDERMANN, W. y cols.: «Aerobic performance diagnostics with different experimental settings». *Int. J. Sports Med.*, 1: 110, 1980.

68. KNAPIK, J. y cols.: «Influence of caffeine on serum substrate changes during running in trained and untrained individuals». En: Knuttgen, H., Vogel, J., Poortmans, J. (eds): *Biochemistry of exercise*. Champaign, IL, Human Kinetics, 514, 1983.
69. KUIPERS, H.Y cols.: «Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates». *Int. J. Sports Med.*, 6: 197, 1985.
70. LARSON, L.A.: «Fitness, Health and Work Capacity». International Committee for the Standardization of Physical Fitness Tests. McMillan Pub, G., Inc, New York, 1974.
71. LIESEN, H. y cols.: «Die Ausdauerleistungsfähigkeit bei verschiedenen Sportarten unter besonderer Berücksichtigung des Metabolismus: Zur Ermittlung der optimalen Belastungsintensität im Training. *Leistungssport*, 9: 63, 1977.
72. LOLLGEN, H. y cols.: «Muscle metabolites, force and perceived exertion bicycling at varying pedal rates». *Med. Sci. Sports Exer*, 12: 345, 1980.
73. MADER, A. y cols.: «Zur Beurteilung der sportart spezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im labor». *Sportarzt und Sportmed*, 4,5: 80, 109, 1976.
74. MADER, A. y cols.: «Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of postexercise lactic acid concentration of ear capillary blood in middle distance runners and swimmers». En: *The International Congress of Physical Activity Sciences*. Quebec, Canada, 4. Exercise Physiology 1978, Miami, Florida, 1978.
75. MADER, A., HECK, H.: «A theory of the metabolic origin of «anaerobic threshold». *Int. J. Sports Med. (suppl)*. 7: 45, 1986.
76. MARGARIA, R. y cols.: «Balance and kinetics of anaerobic energy release during strenuous exercise in man». *J. Appl. Physiol.*, 19: 623, 1964.
77. MARGARIA, R. y cols.: «Energy utilization in intermittent exercise of supramaximal intensity». *J. Appl. Physiol.*, 26: 752, 1969.
78. MATEJKOVA, J. y cols.: «Changes in acid-base balance after maximal exercise». En: Placheta, Z. (ed): *Youth and Physical Activity*. J. E. Purkyne University, Brno, 191, 1980.
79. McARDLE, W.D. y cols.: «Comparison of continuous and discontinuous treadmill and bicycle test for max VO₂». *Med. Sci. Sports*. 5: 156, 1973.
80. McEVOY, J.D.S., JONES, N.L.: «Arterialized capillary blood gases in exercise studies». *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 7: 312, 1975.
81. MELLEROWICZ, H.: «Ergometrie, Grundriß der medizinischen Leistungsmessung». Urban y Schwarzenberg, Munich, 1979.
82. MORSE, M. y cols.: «Relation of age to physiological responses of the older boy (10 to 17 years) to exercise». *J. Appl. Physiol.*, 1: 683, 1949.
83. NEWTON, J.L., ROBINSON, S.: «The distribution of blood lactate and pyruvate during work and recovery». *Fed. Proc.*, 24: 590, 1965.
84. OLBRECHT, J. y cols.: «Relationship between swimming velocity and lactic acid concentration during continuous and intermittent training exercises». *Int. J. Sports. Med.*, 6: 74, 1985.
85. PANSOLD, B. y cols.: «Die Laktat-leistungs-Kurve, ein Grundprinzip sportmedizinischer Leistungs-diagnostik. *Med. u. Sport*, 22: 107, 1982.
86. PETROFSKY, JS.: «The influence of recruitment order and temperature on muscle contraction with special reference to motor unit fatigue». *Eur. J. Appl. Physiol.*, 47: 17, 1981.
87. PETROFSKY, J.S., LIND, A.R.: «The influence of temperature on the isometric characteristics of fast and slow muscle in the cat». *Plügers Arch.*, 389: 149, 1981.
88. POWERS, S. y cols.: «Effects of caffeine ingestion on metabolism and performance during graded exercise». *Eur. J. Appl. Physiol.*, 50: 301, 1983.
89. REINKE, A. y cols.: «Das Verhalten spirometrischer Meßgrößen und des Laktats im submaximalen maximalen Belastungsbereich in Abhängigkeit von unterschiedlicher Test-schemata sowie von der Höhe der Eingangsstufe». En: *Sport: Leistung und Gesundheit*, 117-122. Kongreßbd. Dtsch. Sportärztekongreß, Köln, 1982. Dtsch. Ärzteverlag, Colonia, 1983.
90. RICCI, B.: «Measurement of oxygen debt and of blood lactate and pyruvate». En: Knuttgen, H.G. (ed): *Physiological aspects of sports and physical fitness*. Am. Coll. Sport Med. and the Athletic Institute. Philadelphia, 12, 1968.
91. ROTH, W. y cols.: «Informationsgehalt leistungsdiagnostischer Parameter in Abhängigkeit von der Zunahme der Leistungsfähigkeit bei Sportlern». *Med. u. Sport*. 21: 326, 1981.
92. SIMON, G. y cols.: «Herzfrequenz- und Stoffwechselverhalten bei spirometrischer und wetkampfspezifischer Belastung». *Dtsch. Z. Sportmed.*, 1: 11, 1979.
93. SJÖDIN, B., JACOBS, I.: «Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance». *Int. J. Sports. Med.* 2: 23, 1981.
94. STEGMANN, H., KINDERMANN, W.: «Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of a mmol/l lactate». *Int. J. Sports Med.*: 3: 105, 1982.
95. THOREN, C.A.R., ASANO, K.: «Functional capacity and cardiac function in 10-year-old boys and girls with high and low running performance». En: Ilmarinen, J., Välimäki, I.: *Children and Sport Proceedings of the congress of paediatric sports medicine*. Finland, 1981. Springer Verlag, Berlin, 1984.
96. VAN DAM, B., WATERLOH, E.: «Der Einfluß von Tagesperiodik und Schweißproduktion auf das Laktatverhalten unter Ergometerbelastung. En: Heck, H. y cols.: *Sport: Leistung und Gesundheit Deutscher Ärztekongreß 1982*. Deutscher Ärzte Verlag, 95, 1984.
97. VANDAM, B., WATERLOH, E., KNÖRZER, H.: «Der Einfluß von Tagesperiodik und Schweißproduktion auf das Laktatverhalten unter Ergometerbelastung. *Leichtathletik*, 13: 424, 1983.

98. VERSTAPPEN, F.T.J. y cols.: «Reproductibility of aerobic power and related physiological variables in women». En: Borms, I, Hebbelink, M., Venerando, A. (eds): Women and sport, Karger, Basel (Medicine and Sport, vol 14) 133,1981.
99. VERSTAPPEN, F.T.J. y cols.: «Daily variation in physical performance and its physiological correlates». En: Bache, M., Prokop, L., Suckert, R. (eds): Current topics in sports medicine. Proceedings of the XXII world congress on sportsmedicine. Urban and Swarzenberg, 1985.
100. VoN DITTER, H. y cols.: «Das verhalten des Säure-Basen-Haushalts nach erschöpfender Belastung bei untrainierten und trainierten Jungen und Mädchen im Vergleich zu Leistungssporttem». Sportarzt Sportmed, 28: 45, 1977.
101. WALSL, M.L., BANISTER, E.W.: «Possible mechanisms of the anaerobic threshold». A review. Sports Med., 5: 269,1988.
102. WASSERMANN, K., McILROY, M.B.: «Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise». Am. J. Cardiol., 14: 844, 1964.
103. WILSON, G.E., CURETON, K.J.: «Effects o glycogen depletion and glycogen loading on anaerobic threshold and distance running performance». Med. Sci. Sports Exerc., 16: 218, 1984.
104. WIRTH, A. y cols.: «Cardiopulmonary adjustment and metabolic response to maximal and submaximal physical exercise of boys and girls at different stages of maturity». Eur. J. Appl. Physiol., 29: 229, 1978.
105. YOSHIDA, T. y cols.: «Arterial versus venous blood lactate increase in the forearm during incremental bicycle exercise». Eur. J. Appl. Physiol., 50: 87, 1982.
106. YOSHIDA, T.: «Effect of dietary modifications on lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during incremental exercise». Eur. J. Appl. Physiol., 53: 200, 1984.
107. YOSHIDA, T.: «Effect of dietary modifications on anaerobic threshold». Sports. Med., 3: 4, 1986.

Dirección para correspondencia
Dr. Luis García del Moral Betzen.
Centre de Medicina de L'Esport.
Conselleria de Cultura, Educació y Ciencia.
Avda. Campanar, 32.
46015 VALENCIA.