

" DISPOSITIVO SENCILLO, AUXILIAR EN LA DETERMINACION DE LA POTENCIA ANAEROBICA "  
MAXIMA

CARRASCO SOSA S.

YAÑEZ S. OSCAR

LABORATORIO DE FISTOLOGIA DEL EJERCICIO  
CIENCIAS DE LA SALUD, DCBI. UAM.- IZTAPALAPA

RESUMEN

---

Se presenta un dispositivo sencillo que determina automáticamente tiempos de ascenso en una escalera. Esta medida de tiempo es -- auxiliar en la determinación de la potencia anaeróbica máxima, usando el método de Margaria. Se presenta también una discusión -- sobre resultados preliminares obtenidos con el equipo.

---

INTRODUCCION.

La fuente principal de energía para la contracción muscular es la hidrólisis del ATP, el cual es continuamente resustituído a expensas del fosfato de creatinina. Durante la realización de esfuerzos máximos de corta duración (menos de 10 segundos), la velocidad de hidrólisis del ATP excede su velocidad de resíntesis; el estado estable no se alcanza, determinándose un déficit de fosfatos de alta energía (ATP y fosfato de creatinina) en el músculo. Los factores limitantes de la función muscular (en condiciones de ejercicio máximo de corta duración) son tanto la disminución de fosfatos de alta energía, como la reducción de la velocidad del mecanismo contráctil (4).

La potencia máxima desarrollada por los músculos en ejercicios cortos es indicativa del funcionamiento del mecanismo de hidrólisis de los fosfatos de alta energía. las reacciones oxidativas y la glucólisis son procesos retardados que no --

contribuyen en forma importante en este tipo de ejercicios. La potencia desarrollada por el mecanismo anaeróbico aláctico es 3 veces mas grande que la desarrollada por el aeróbico (2).

La medición de la potencia anaeróbica máxima ha recibido poca atención, a pesar del hecho de ser un índice para una clase importante de trabajo común en actividades de la vida diaria (2). Las pruebas existentes de potencia tratan de evaluar de manera práctica la capacidad del sistema inmediato de transferencia de energía para el mecanismo de la contracción muscular. Se dividen en 2 tipos:

a) las fisiológicas, basadas en la cuantificación de la deuda de oxígeno o de la concentración sanguínea de ácido láctico (8) y b) las físicas, que evalúan la generación de trabajo externo. Se incluyen en este último tipo la prueba del salto de Sargent, el tiempo de carrera de 45 m de Kalamen, la plataforma de saltos de Miron-Georgescu y la prueba de Margaria. (5). De todos los métodos anteriores, destaca el método de la escalera de Margaria, debido, por un lado, a su favorable correlación con los métodos fisiológicos y, por otro, a la facilidad de su realización.

Los estudios sobre potencia anaeróbica en nuestro país son escasos, de hecho, solo encontramos reportados los llevados a cabo por Cherebetiu y cols. (7) en niños y adolescentes y los de Martinez y cols. (6) en Karatecas. Así mismo, no hay información en la literatura sobre el comportamiento de la potencia anaeróbica en sujetos residentes de la altitud, ni de la relación de la potencia con la composición corporal de los sujetos.

El presente trabajo tuvo 2 objetivos.

- 1) Desarrollar un dispositivo electrónico que midiera y desplegara directamente el tiempo de ascenso en una escalera, con las siguientes características:

- bajo costo
- portabilidad
- fácil operación
- precisión de 0.01 seg.
- bajos tiempos muertos entre mediciones

2) Conocer el comportamiento, en forma preliminar, de la potencia anaeróbica en sujetos de nuestro medio (residentes de la Ciudad de México) y la relación de ésta con la composición corporal.

#### Descripción del Dispositivo

##### - Función General

El instrumento consta de 2 interruptores ópticos, cada uno de los cuales está formado por un emisor de luz y un sensor, montados sobre soportes que se ubican sobre los escalones (figura 1). Las salidas de los sensores están conectadas mediante una interfase a las porciones de arranque y paro de un cronómetro digital. La interrupción secuencial de los haces de luz, provocada por el paso de los pies del sujeto, inicia y detiene el funcionamiento del cronómetro, quedando determinado así el tiempo de ascenso.

Las partes del dispositivo son: los interruptores ópticos, la unidad de control de modo y reestablecimiento, los limitadores de voltaje y el reloj (figura 2).

##### - Interruptores Ópticos

Como emisores de luz se utilizaron lámparas incandescentes de corriente alterna (operando a su máxima potencia gracias a un control de fase) en cuyas bases se colocaron reflectores parabólicos de aluminio con objeto de concentrar el haz de luz. Como sensores, empleamos fototransistores (rango visible) situados a 65cm. de las fuentes de luz y alineados con éstas. La interferencia producida por la

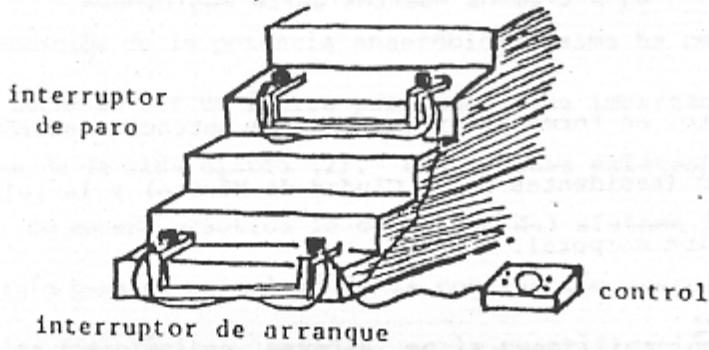


FIGURA 1. Ubicación del medidor sobre la escalera.

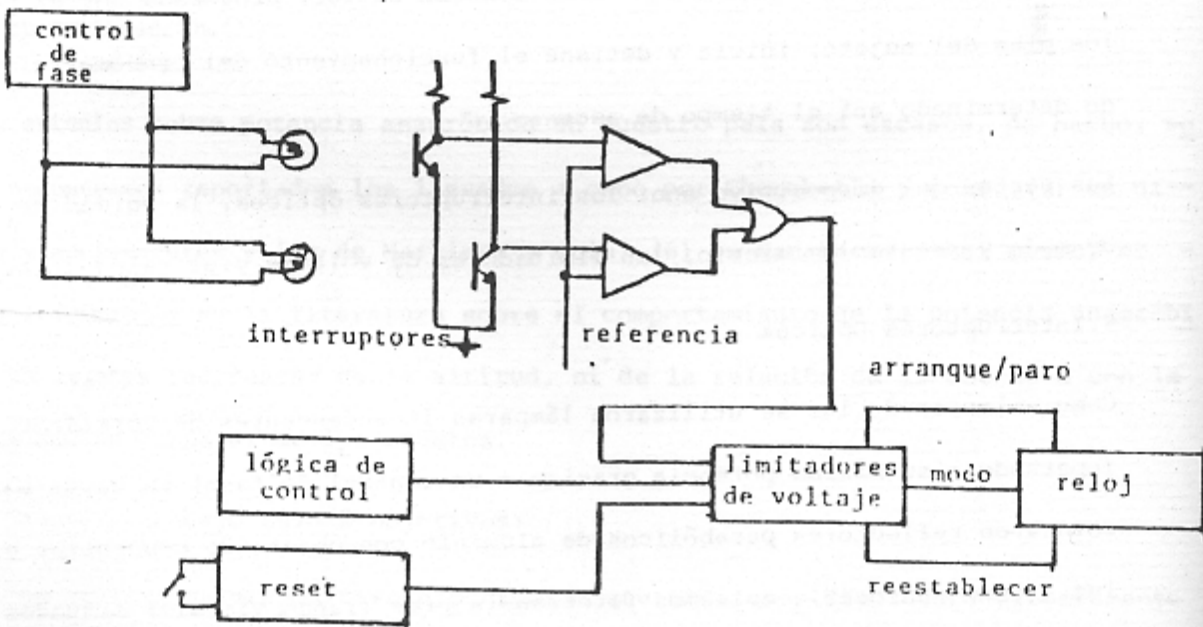


FIGURA 2. Diagrama esquemático del medidor de tiempo de ascenso.



iluminación de fondo en los sensores se eliminó mediante la comparación de los voltajes de salida con una señal de referencia. Cuando el haz de luz es interrumpido, el voltaje de salida de uno de los comparadores se hace positivo y pasa a una compuerta OR conectada a la porción arranque / paro del cronómetro.

- Unidad de control de modo y reestablecimiento

Genera señales que seleccionan la forma de funcionamiento del reloj (cronómetro, hora, fecha): En su forma original, el modo de operación es controlado por el usuario mediante el accionado de un botón. La función de esta unidad es seleccionar el modo cronómetro al encender el dispositivo, y avisar de esta condición con el encendido de un led. El control consta de un oscilador y flipflops, que producen 3 pulsos que llevan y mantienen al reloj en modo cronómetro. El encendido del led indica al operador que el equipo está listo para usarse.

El reestablecimiento a ceros del cronómetro es controlado por el usuario con un interruptor normalmente abierto unido a la porción correspondiente del reloj.

- Limitadores de tensión

Adaptan los voltajes de operación de los comparadores y control de modo y reestablecimiento a la amplitud requerida por el cronómetro.

- Cronómetro Digital

El cronómetro utilizado es el de un reloj comercial de pulsera, con una precisión de 0.01 seg. Este tipo de reloj no muestra diferencias significativas cuando sus lecturas son comparadas con una medición de tiempo en un osciloscopio.

- Operación,

Una vez colocados los interruptores en los escalones elegidos, el encendido del aparato selecciona automáticamente el modo cronómetro del reloj, indicando con el encendido de un led. Se realiza la medición del tiempo de ascenso, se anota la lectura y el operador solo tiene que oprimir el botón de reestablecimiento para llevar a cabo una nueva determinación. En el caso de desperfectos de alineación de los pares emisor-sensor se enciende una indicación visual que es un segundo led, advirtiéndole al operador que debe corregir el problema antes de continuar.

Método del Estudio

- Sujetos

Se estudiaron 19 sujetos jóvenes, asintomáticos, cuyas principales características físicas se muestran en la tabla I.

- Prueba de la potencia anaeróbica

La prueba puede llevarse a cabo en cualquier escalera de edificio que tenga más de 12 escalones y un espacio libre de no menos de 2 metros en su frente. Los interruptores ópticos se colocan uno en el sexto y otro en el doceavo escalón. El sujeto a ser estudiado se encarrera con esfuerzo máximo, desde la distancia de 2 m, y asciende la escalera de 2 en 2 escalones.

La distancia vertical entre el sexto y el doceavo escalones, usualmente de 1m, es dividido entre el mejor tiempo de ascenso logrado por el sujeto en una serie de 5 repeticiones con descanso de 2 minutos entre cada ascensión. La cifra resultante es la velocidad máxima de ascenso vertical (VAV, en m/seg), que multiplicada por el peso corporal determina la potencia del sujeto (2).

- Consumo de oxígeno máximo

Se estimó mediante la prueba del escalón de Astrand (9).

- Composición corporal

Los porcentajes de peso magro y peso graso se evaluaron mediante la medición de pliegues, diámetros y circunferencias corporales, utilizando la ecuación de regresión descrita por Wilmore y cols. (10).

#### Resultados

Los sujetos estudiados se dividieron en 3 grupos, de acuerdo al consumo de oxígeno máximo. Los sujetos activos masculinos consiguieron velocidades de ascenso vertical y consumos de oxígeno mas altos, y presentaron un % de peso magro mayor, que los sujetos sedentarios, tanto masculinos como femeninos. Los promedios de las variables para cada grupo, así como los promedios generales se muestran en la tabla II.

#### Discusión.

Los estudios sobre potencia anaeróbica realizados por Cherebetiu y cols (7) y por Martínez y cols (6) fueron hechos con la plataforma de saltos. Este método carece de un sólido fundamento físico o fisiológico puesto que el tiempo para medir la potencia es el empleado en el desarrollo de la tensión muscular previa al salto, no medido directamente.

Además, este procedimiento no se ha validado mediante la correlación con otros métodos, como ha sucedido con el de Margaria. Los valores reportados por Cherebetiu en adolescentes (15 años) alcanzan los 152 kgm/seg en hombres y mujeres. Esta cifra está muy por arriba de las encontradas por nosotros en sujetos activos (115 kgm/seg). Pensamos que su método sobrevalora la potencia anaeróbica.

número de suj.	sexo	edad (años)	estatura (cm)	peso (Kg)	act. físic. rutinaria
9	M	20.6 ± 2	170.7 ± 6.5	68.4 ± 8	no
3	M	23 ± 3	165.8 ± 3.1	60.2 ± 8	si
7	F	21.8 ± 2	156.3 ± 4.7	54.4 ± 4	no

TABLA I. Características físicas de los sujetos estudiados.

	masc. sed.	masc. act.	fem. sed.	general
VEL. ASC. VERTICAL	1.735 ± 0.150	1.897 ± 0.169	1.466 ± 0.403	1.609 ± 0.346
POTENCIA	118.9 ± 17.8	115.3 ± 24.8	79.7 ± 7.9	103.91 ± 24.8
PESO MAGRO	87.1 ± 4.2	92.3 ± 3.6	83.9 ± 9.9	86.7 ± 5.1
VO <sub>2</sub> MAX/Kg	42 ± 3.8	63.2 ± 11.8	35.7 ± 3.3	43.66 ± 14.16

TABLA II. Promedios y desviaciones estándares de las variables analizadas en cada grupo y en forma general.



Este mismo autor reporta que la potencia anaeróbica de los niños es superior a la encontrada en niños europeos de la misma edad, con el mismo método. Las velocidades de ascenso vertical en nuestros sujetos están ligeramente por arriba de las descritas por Margaria. Lo anterior nos hace pensar que la potencia anaeróbica en los residentes de la altitud tiende a incrementarse, aunque falta un estudio mas extenso para corroborar lo anterior.

Cuando comparamos los valores de las potencias en los sujetos de este estudio con las descritas por Kalamen (11), éstas resultaron muy por debajo de los valores promedio, en sujetos de la misma edad y sexo. Lo anterior se puede explicar en relación a los menores pesos corporales de los mexicanos. Como el valor de la potencia en la prueba de Margaria es influido por el peso de los sujetos, intentamos hacerla más específica a la función muscular, al correlacionar con el peso magro. Esta correlación supera la encontrada con el peso corporal (0.9 contra 0.8 en la relación peso corporal-potencia). El mayor porcentaje de peso magro determina potencias anaeróbicas más altas, como lo observamos en los resultados de la tabla II. Así, una mayor cantidad de músculo probablemente posibilite una mayor cantidad de fosfatos de alta energía y por lo tanto una capacidad anaeróbica superior.

CONCLUSION

El dispositivo aquí descrito ha resultado una herramienta útil en el estudio de los esfuerzos máximos. Hasta el momento actual, el equipo para medir tiempos de ascenso no existe en forma comercial, así que cada investigador en este campo debe reunir los diversos elementos cuando desea realizar su experimentación. Nosotros hemos reunido de modo permanente esos elementos, en un equipo sencillo de muy bajo costo, aproximadamente \$ 20,000.00.

La información obtenida con el dispositivo y presentada aquí no es en modo alguno concluyente. Es claro que se debe abundar en la investigación, pero consideramos que con la discusión presentada pueden abrirse nuevas líneas de estudio.

## Bibliografía

1. Margaria, R.; R. Oliva, P. Di Prampero  
Energy utilization in intermittent exercise of supramaximal Intensity. *J. Appl. Physiol.* 26: 752-756, 1969.
2. Margaria, R.; P. Aghemo, E. Rovell  
Measurement of muscular power (anaerobic) in man  
*J. Appl. Physiol.* 21: 1662-1664, 1964
3. Margaria, R.; P. D. Prampero, P. Aghemo  
Effect of a steady state exercise on maximal anaerobic power in man *J. Appl. Physiol.* 30: 885-889, 1971.
4. D. Prampero; M. Meyer, J. Piipke  
Anaerobic energy sources in exercise  
En "Exercise Bioenergetics and Gas Exchange"  
Elsevier North Holland Bi-medica Puers. 1980
5. Mc. Ardle, W; Hatch, F.  
"Exercise Physiology"  
LEA y Tabiger, Phill 1981.
6. Martínez G.  
Potencia, anaeróbica en personas que practican artes marciales.  
*Rev. Mex. Med. Dep.* 1: 16-23, 1981.

7. Cherebetiu, G.; Jiménez, J.; Islas, A.  
Potencia anaeróbica máxima en niños y adolescentes  
Rev. Mex. Med. Dep. 1: 9-14, 1983.
8. Margaria, R.  
"Biomechanics and Energetics of Muscular Exercise"  
Clarendon Press, Oxford. 1976.
9. Astrand, P.  
"Textbook of Work Physiology"  
Mc. Graw Hill, 1977.
10. Wilmore, J.; Becknke, A.  
An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young men  
J. Appl. Physiol. 27: 25-31, 1969
11. Kalamen, J.  
"Measurement of Maximum Muscular Power in Man"  
Doctoral dissertation: The Ohio State University. 1968