

Test de esfuerzo ergométrico en sujetos normales no entrenados, nativos de altura (3.600 m)

Octavio Aparicio O. - Hilde Spielvogel
Gerardo Antezana

Departamento Cardiovascular y Bioenergética del IBBA

SUMMARY

Data from bicycle exercise tests in 20 normal, healthy, high altitude natives (3.600 m above sea level) are presented.

The mean age of the subjects was 33 years (21 -47). Bicycle exercise endurance lasted 11 minutes. No abnormal electrocardiographic changes were observed during the tests. All tests were finished by request of the subjects and no symptoms or clinical complications were noticed.

Average maximal heart rate was 160 ± 12 beats per minute.

Average maximal blood pressure was $151/85 \pm 21/11$ mm Hg.

Average oxygen consumption at rest was 308 ± 55 ml/min.

and 2085 ± 378 ml/min at the end of the exercise.

This is preliminary report that provides parameters of reference for the responses of healthy individuals, native from and living at high altitude to bicycle exercise testing.

RESUMEN

Se presentan los resultados de pruebas de esfuerzo sobre bicicleta ergométrica en 29 sujetos normales de sexo masculino, con edad media de 33 años (21 a 47 años), nativos y residentes de altura (3.600 m. La Paz, Bolivia)

Se analiza la respuesta al esfuerzo de los siguientes parámetros: frecuencia cardiaca, presión arterial, respuesta clínica, electrocardiográfica, consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$), ventilación por minuto ($\dot{V}EBTPS$), cociente respiratorio, (R), equivalente ventilatorio ($\dot{V}EBTPS/\dot{V}O_2$ STPD), pulso de oxígeno ($\dot{V}O_2$ STPD $\times 1000/FC$) anhídrido carbónico eliminado ($\dot{V}CO_2$ STPD). Este estudio proporciona parámetros de referencia de la respuesta al test de esfuerzo en pacientes normales, no entrenados, nativos de altura.

INTRODUCCION

A nivel del mar, numerosos estudios han establecido los parámetros de respuesta de sujetos normales no entrenados sometidos a test de esfuerzo ergométrico sobre cicloergometro o treadmill (1, 2, 3, 5).

Para la evaluación de las alteraciones en la respuesta al test de esfuerzo, en pacientes con insuficiencia coronaria o para evaluar el compromiso de la capacidad funcional secundariamente a diversas cardiopatías, en nuestro medio de altura (3.600 m.) se requiere de patrones de referencia de sujetos normales, no entrenados sometidos a esfuerzo graduado progresivo.

El propósito del presente trabajo es establecer los parámetros de respuesta en un grupo de personas normales, no entrenadas, nativas y residentes de altura con edades entre la segunda y cuarta década, sometidos a test de esfuerzo ergométrico.

MATERIAL Y METODO

Para el presente estudio se seleccionaron 29 sujetos adultos de sexo masculino, nativos y residentes en la altura (La Paz - 3.600 m.) con una edad promedio de 33 años \pm 7 (edades comprendidas entre 21 y 47 años), superficie corporal 1.76 ± 0.01 m²; todos fueron pacientes asintomáticos, considerados normales mediante examen clínico, electrocardiograma de reposo, pruebas funcionales respiratorias y dosificación de hemoglobina. En ninguno de los pacientes de este grupo se encontraron antecedentes de cardiopatía o patología respiratoria previa. Se excluyeron del presente estudio, los sujetos entrenados (atletas o deportistas) y aquellos con presión arterial diastólica mayor a 90 mm. Hg en reposo o con valores de hemoglobina mayores a 20 go/o.

Protocolo de Test de Esfuerzo.-

Para el test de esfuerzo, se utilizó bicicleta ergométrica marca Monark (Stockholm - Suecia), provista de freno mecánico.

Se realizaron tests de esfuerzo progresivo, definidos clínicamente como tests máximos siendo terminados los mismos a solicitud de los propios pacientes por agotamiento o incapacidad física. En todos los casos se realizó un electrocardiograma de reposo con un equipo Siemens Mingograph, se comenzó el test de esfuerzo con una carga inicial de 60 Watts (360 kg/min), incrementándose progresivamente 30 Watts (180 kg/min) cada tres minutos sin periodos de reposo intermedio.

Durante la realización del test en periodo de esfuerzo y posteriormente durante la fase de recuperación se monitorizó en forma continua el ritmo cardíaco mediante osciloscopio Siemens Mingograph de cuatro

canales. Se registró la presión arterial y electrocardiograma de doce derivaciones en un pre-amplificador Hewlett Packard de cuatro canales, diez segundos antes de finalizar cada etapa de esfuerzo y luego al minuto, tres minutos y cinco minutos durante la recuperación.

Durante el último minuto de la prueba se recolectó el aire espirado en una bolsa de Douglas. El aire espirado fue analizado por su contenido de oxígeno y anhídrido carbónico mediante un equipo Roughton Scholander. Se determinaron los parámetros standard de esfuerzo:

$\dot{V}E_{BTPS}$ ' $\dot{V}O_2$ STPD' $\dot{V}CO_2$ STPD' R, equivalente ventilatorio

($\dot{V}E_{BTPS}/\dot{V}O_2$ STPD) y pulso de oxígeno

($\dot{V}O_2$ STPD \times 1000/FC).

Para evaluar la tolerancia del paciente al esfuerzo, se observó cuidadosamente cualquier síntoma o signo que pudiera presentarse durante el esfuerzo o recuperación.

Se consideraron como indicaciones de terminación del test de esfuerzo las mencionadas en el reporte sobre Standards para Test de Esfuerzo de la American Medical Association (4).

RESULTADOS

En el presente grupo de personas normales, no entrenadas en todas ellas (n = 20) el test de esfuerzo se realizó sin complicaciones. El test fue interrumpido por agotamiento físico o falta de entrenamiento a solicitud del propio sujeto. La duración promedio del periodo total de esfuerzo fue de 11 minutos. La carga máxima alcanzada fue de 150 Watts (900 kg/min). (Cuadro I).

CUADRO I
VALORES PROMEDIO DE FRECUENCIA CARDIACA Y PRESION ARTERIAL
DURANTE ESFUERZO Y RECUPERACION

FASE	Watts	kgm/min	FC (x)	PA (x)
Reposo	—	—	69 \pm 12	109/74 \pm 13/8
I (3')	60	360	101 \pm 13	123/79 \pm 15/5
II (6')	90	540	117 \pm 15	138/81 \pm 18/8
III (9')	120	720	137 \pm 20	142/83 \pm 8/6
IV (12')	150	900	160 \pm 12	151/86 \pm 21/11
1 min.	—	—	116 \pm 20	134/75 \pm 12/7
3 min.	—	—	102 \pm 18	117/78 \pm 11/8
5 min.	—	—	98 \pm 17	111/71 \pm 9/5

No. — 20 pacientes
FC — frecuencia cardíaca

PA — Presión arterial
kgm/min — kilogrametros

kp — Kilopond
Edad — \bar{x} = 33 \pm 7.9

Respuesta Electrocardiográfica.-

El electrocardiograma de reposo fué considerado dentro de límites normales en todos los casos, no se observaron alteraciones electrocardiográficas en el segmento ST, tampoco se encontraron arritmias de ningún tipo durante la fase de esfuerzo ni en periodo de recuperación.

Respuesta Clínica.-

Los sujetos estudiados permanecieron asintomáticos durante el test de esfuerzo, no se presentaron episodios de angor, mareos ni síncope. Tampoco se auscultaron signos anormales.

Frecuencia cardíaca.-

La frecuencia cardíaca media en reposo fué de 69 ± 12 , las variaciones durante la prueba de esfuerzo fueron: un incremento hasta un promedio de 101 ± 13 al final de la primera etapa (potencia = 60 watts), hasta 117 ± 15 al final de la segunda etapa (90 Watts), hasta

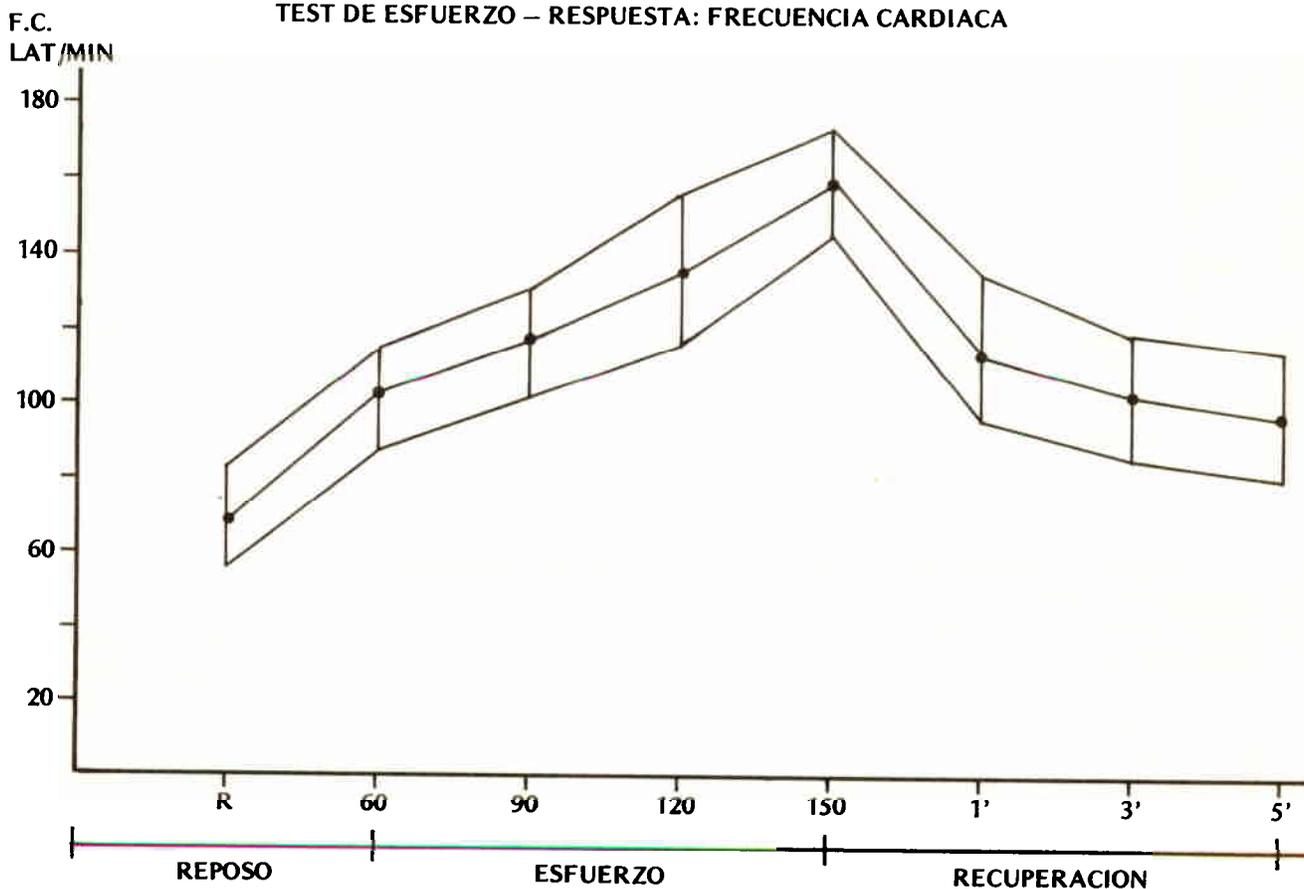
137 ± 20 al final de la tercera etapa (120 Watts), en la cuarta y última etapa (150 Watts) la frecuencia cardíaca promedio fué de 160 ± 12 latidos por minuto.

El incremento promedio de frecuencia cardíaca por cada etapa de esfuerzo (30 Watts) fué 18 latidos por minuto, observándose el mayor incremento al final de la primera etapa, equivalente a una media de 32 latidos por minuto.

La desaceleración de la frecuencia cardíaca durante la fase de recuperación mostró un descenso desde 160 latidos por minuto de media a 116 latidos por minuto durante el primer minuto ($\bar{x} = 44$ latidos en el primer minuto), al tercer minuto la frecuencia cardíaca disminuyó 14 latidos por minuto, en el quinto minuto de control la frecuencia cardíaca disminuyó 4 latidos por minuto. En todos los casos la frecuencia cardíaca controlada al quinto minuto post esfuerzo, durante la recuperación, permaneció en valores por encima de la frecuencia cardíaca basal. Siendo el incremento promedio equivalente al 42 o/o de la frecuencia cardíaca basal. (Fig. 1).

FIGURA I

TEST DE ESFUERZO – RESPUESTA: FRECUENCIA CARDIACA

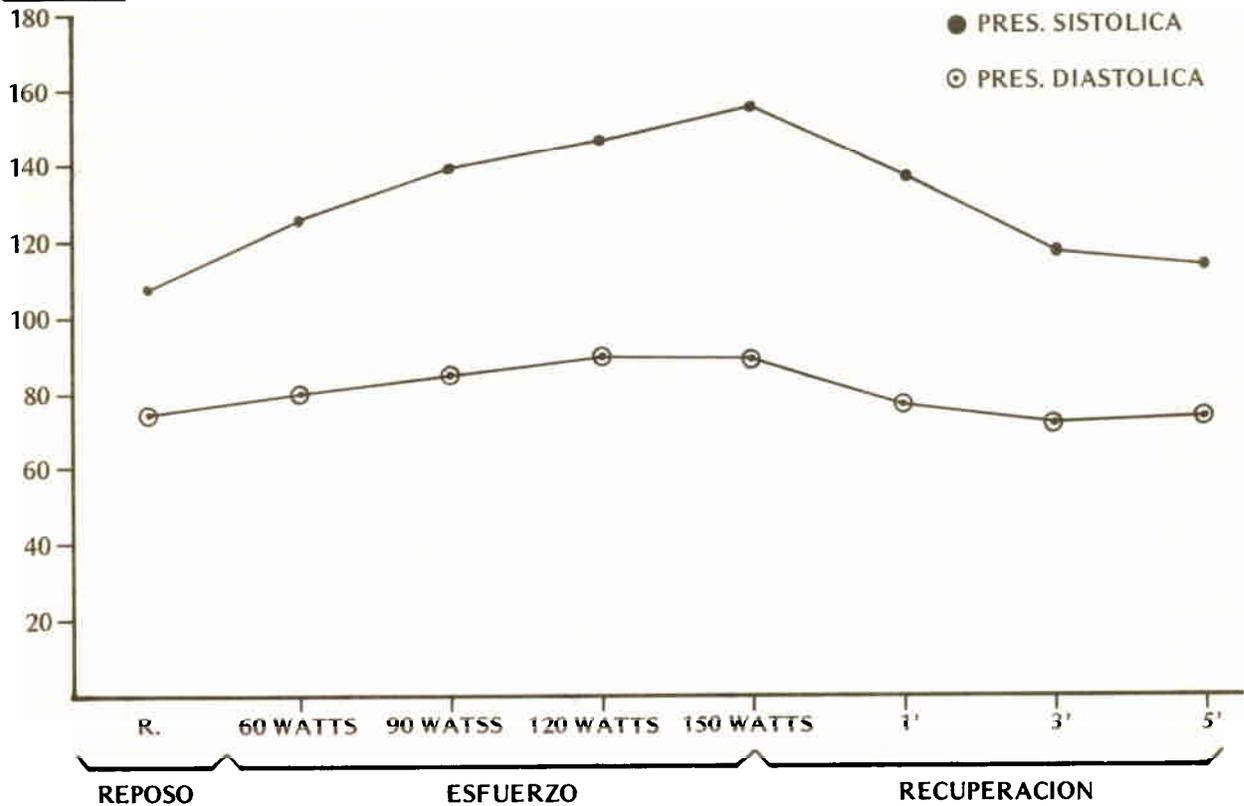


Presión Arterial Sistémica.-

Ninguno de los sujetos estudiados presentó hiperreactividad tensional ni hipotensión durante el test de

esfuerzo. El incremento promedio en cada etapa de esfuerzo (30 Watts) de la presión sistólica fué de 8.4 mm Hg, la presión diastólica tuvo un incremento promedio de 2.2 mm Hg en cada etapa de esfuerzo. (Fig. 2).

FIGURA II

RESPUESTA: PRESION ARTERIAL SISTEMICA AL TEST DE ESFUERZO (ERGOMETRIA)**FREC. CARD.**

La media de la presión arterial sistémica en reposo, en este grupo de pacientes fué $109/74 \pm 13/8$ mm Hg, la presión arterial media al final de la última etapa de esfuerzo (150 Watts), fué $151/85 \pm 21/11$ mm Hg.

El índice Tensión Tiempo o Doble Producto (ITT): presión arterial x frecuencia cardíaca tuvo un valor medio de 22.957 ± 303 . Durante el período de recuperación se observó descenso de la presión arterial por debajo de los valores basales en dos casos (11 o/o) al tercer minuto y en cuatro casos (22o/o) al quinto minuto de recuperación, en ninguno de los pacientes se presentaron síntomas o signos de bajo débito.

Consumo de Oxígeno ($\dot{V}O_2$ STPD).-

El consumo de oxígeno promedio en reposo fué 308 ± 55 ml/min., el consumo de oxígeno al final de la etapa de máximo esfuerzo fué 2085 ± 378 ml/min.

En el cuadro II, se presentan además los valores en reposo y después de máximo esfuerzo de la ventilación por minuto (\dot{V}_{EBTPS}), anhídrido carbónico eliminado ($\dot{V}CO_2$ STPD), cociente respiratorio (R), equivalente ventilatorio ($\dot{V}_{EBTPS}/\dot{V}O_2$ STPD) y pulso de oxígeno ($\dot{V}O_2$ STPD x 1000/FC).

CUADRO II
CONSUMO DE OXIGENO Y VALORES
RELACIONADOS EN REPOSO Y ESFUERZO

	REPOSO	ESFUERZO (150 Watts)
$\dot{V}O_2$ STPD (ml/min)	308.12 ± 55	2085 ± 378
$\dot{V}O_2$ STPD (ml/min/kg)	4.55 ± 0.99	31.09 ± 6.8
$\dot{V}E_{BTPS}$ (l/min)	12.92 ± 4.9	80.79 ± 23
$\dot{V}CO_2$ STPD (ml/min)	297.16 ± 86	1784.93 ± 462
R	0.90 ± 0.2	0.85 ± 0.16
$\dot{V}E_{BTPS}/\dot{V}O_2$ STPD	42.60 ± 13	42.28 ± 14
($\dot{V}O_2$ STPD × 1000) / FC	4.66 ± 1.2	12.87 ± 2.3

No. — 20 pacientes
 $\dot{V}O_2$ — consumo de oxígeno
 $\dot{V}E_{BTPS}$ — ventilación por minuto
 $\dot{V}CO_2$ STPD — Anhídrido carbónico eliminado
 R — cociente respiratorio
 $\dot{V}E_{BTPS}/\dot{V}O_2$ STPD — equivalente ventilatorio
 ($\dot{V}O_2$ STPD × 1000) / FC — pulso de oxígeno

DISCUSION

Las aplicaciones del test de esfuerzo, incluyen: a) evaluación de la capacidad funcional cardiorespiratoria; b) evaluación de la severidad y pronóstico de la enfermedad coronaria; c) ayudar en el diagnóstico etiológico del dolor precordial; d) evaluación del tratamiento médico y quirúrgico de la cardiopatía isquémica; e) evaluación de arritmias; f) determinación del nivel de ejercicio a indicarse; g) ayudar en la evaluación de enfermedades pulmonares y vasculares periféricas.

En nuestro medio (La Paz - 3.600 mt), para la interpretación de los resultados del test de esfuerzo sobre bicicleta ergométrica, se han venido aplicando los parámetros establecidos para sujetos normales a nivel del mar, sin embargo las observaciones preliminares en el

presente trabajo sugieren que en sujetos normales, no entrenados, nativos y residentes de altura, la frecuencia cardíaca máxima obtenida durante el test de esfuerzo al máximo de la capacidad física (160 ± 12 latidos por minuto); es inferior a los valores reportados a nivel del mar para un grupo etéreo semejante (5) con una carga máxima de 150 watts, se alcanzó una frecuencia cardíaca de 180 latidos por minuto.

Igualmente el valor máximo de la presión arterial sistólica obtenida con el mismo esfuerzo es inferior a la obtenida a nivel del mar (6) reportándose una presión arterial sistólica de 175 mm/Hg correspondiente al 100o/o del consumo de oxígeno máximo y un valor de 160 mm/Hg correspondiente al 75o/o del consumo de oxígeno máximo.

Los valores de consumo de oxígeno al finalizar la última etapa de esfuerzo (150 Watts), muestran similarmente un resultado promedio menor a los reportados a nivel del mar para grupos semejantes, aunque no hubo una documentación fisiológica de que este resultado corresponda a la meseta de consumo de oxígeno (7), a pesar de que el ejercicio se realizó hasta el agotamiento del paciente.

La edad, el entrenamiento físico y la experiencia previa del paciente con la bicicleta, son factores que indudablemente alteran la respuesta de los diferentes parámetros al esfuerzo.

En el presente grupo de estudio se mantiene una uniformidad de selección en cuanto a que se trata de adultos de sexo masculino, no entrenados.

Consideramos que los resultados presentados en el presente trabajo, deberán ser completados con correlaciones en diferentes grupos etéreos, sin embargo, por las características de selección del grupo, la utilidad del presente estudio como parámetro de referencia se mantiene.

BIBLIOGRAFIA

- 1.— WOLTHIUS, R., FROLICHER, V., FISHER, J., TREB-WASSER J. The response of healthy men to treadmill exercises. *Circulation*, 55: 153-158, 1977.
- 2.— SHEFFIELD, T., MALOOF, J., SAWYER, J., ROTMAN, D. Maximal heart rate and treadmill performance of healthy women in relation to age. *Circulation*, 75: 79-84, 1978.
- 3.— LESTER, F., SHEFFIELD, L., REEVES, T.J. Electrocardiographic changes in clinically normal older men following near maximal and maximal exercise test. *Circulation*, 36: 5, 1967.
- 4.— Council on Scientific affairs. Indications and contraindications for exercise testing. *JAMA* 246: 1015-1018, 1981.
- 5.— REINDELL, H.H. Blood pressure of the bicycle load. *Der Sportarzt*, 12: 336, 1961.
- 6.— ASTRAND, P.A., EKBLUM, R., MESSIN, B., et al. Intra-arterial blood pressure during exercise with different muscle groups. *J. Appl. Physiol* 20: 253, 1965.
- 7.— ASTRAND, P., RODAHL, K. Evaluation of physical work capacity on the basis of tests-Text book of Work Physiology. McGraw Hill Book Company 333-353, 1977.