

Estudio de los cambios posturales (decúbito-ortostatismo) sobre la presión arterial después de esfuerzos prolongados y repetidos realizados a temperatura ambiente elevada

Casimiro López Jimeno

C.E.S. en Biología y Medicina Deportiva (París).

RESUMEN

El autor ha medido la presión arterial, en decúbito y en ortostatismo a 8 maratonianos que han realizado, corriendo en relevos, la vuelta a Costa de Marfil en tres semanas.

La toma de presión arterial se realizaba antes de la carrera, al final y 15 minutos después de finalizada la misma, encontrándose un descenso brusco de la presión sistólica medida en ortostatismo, en comparación con la presión sistólica tomada, instantes antes, en decúbito supino. Esta hipotensión ortostática aparece en el maratoniano, al finalizar su carrera, no encontrándose en reposo, antes del inicio de la misma, y persiste, aunque de forma mucho menos marcada, 15 minutos después.

La velocidad de carrera de los maratonianos oscilaba entre 11 y 13 km/h, siendo la distancia recorrida diariamente por cada uno de ellos, de 8,6 a 17,2 km.

La temperatura exterior era de 25 a 35 °C.

Palabras clave

Esfuerzo prolongado, presión arterial, decúbito-ortostatismo

RESUM

L'autor ha mesurat la pressió arterial, en decúbit i en ortostatisme, a vuit maratonians que han realitzat, corrent en relleus, la volta a Costa d'Ivori en tres setmanes.

La presa de pressió arterial s'hi realitzava abans de la cursa, al final i quinze minuts després que s'hagués acabat aquesta, i s'hi va trobar un descens brusco de la pressió sistòlica mesurada en ortostatisme, en comparació amb la pressió sistòlica presa, uns moments abans, en decúbit supí. Aquesta hipotensió ortostàtica

apareix en el maratonianà en finalitzar la cursa, i no s'hi troba en repòs, abans de l'inici, i persisteix, si bé de manera molt menys marcada, quinze minuts més tard.

La velocitat de cursa dels maratonians oscil·lava entre onze i tretze km/h, i la distància que recorria diàriament cadascun d'ells era de 8,6 a 17,2 km.

La temperatura exterior era de 25 a 35 °C.

Paraules clau

Esforç perllongat, pressió arterial, decúbit-ortostatisme

SUMMARY

The author has measured the blood pressure in supine decubitus and orthostatism from eight marathon runners who have realised around Ivory Coast a long distance running in relay race during three weeks.

The blood pressure taking was done before, at the end, and fifteen minutes after the race. A sharp fall in the systolic blood pressure was found in pressure measured in orthostatism compared with systolic blood pressure taken minutes before in supine decubitus.

This orthostatic hypotension appears in a marathon runner, after the effort, without rest prior. The race and persisting although far less significantly fifteen minutes after the race.

The runners' race speed oscillated between 11 and 13 km/h; the distance daily covered by the runners varied from 8,6 to 17,2 km.

The ambient temperature was from 25 to 35 °C.

Introducción

La función esencial de la toma de la presión arterial, incluso en el caso del deportista, es el

despistaje de la hipertensión arterial de reposo, importante factor de riesgo. Durante el esfuerzo se observa que la presión arterial sistólica aumenta de forma marcada, y que la presión diastólica no sufre más que muy débiles modificaciones (H. Monod, 2). (Figura 1).

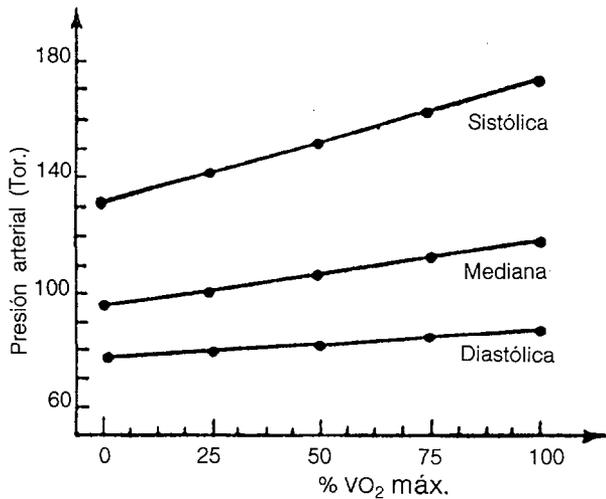


Figura 1. Presión arterial e intensidad relativa de ejercicio. La presión sistólica aumenta regularmente en función de la potencia, mientras que la presión diastólica permanece prácticamente constante (después de Flandrois y Lacour, 1976).

Muchos individuos son considerados como hipotensos de manera permanente, sin otro trastorno que una vulnerabilidad ocasional, que se expresa durante los cambios posturales del cuerpo, en particular al incorporarse de pie (ortostatismo): el cambio de la posición acostada a la posición de pie, provoca un desequilibrio hemodinámico temporal, en parte ligado al desplazamiento de la masa sanguínea bajo el efecto de la gravedad. Esta hipotensión ortostática produce una hipovasculariza-

ción cerebral muy breve, que a veces ocasiona la aparición de síntomas (mareos, palidez, sudor frío, etc.), que induce por mediación de barorreceptores un estímulo del sistema ortosimpático, y una reducción del tono parasimpático, que trae como consecuencia, además del aumento de la frecuencia cardíaca y del débito cardíaco, una elevación de la presión arterial hasta alcanzar los niveles tensionales iniciales. Para Astrand,¹ diferentes factores fisiológicos comienzan a funcionar para mantener una presión arterial adecuada, durante los cambios posturales. Si se hace pasar a un sujeto, colocado sobre una tabla basculante, de la posición de decúbito supino a una posición de pie, bajo la acción de la gravedad, la sangre se acumula en las regiones del organismo situadas por debajo del corazón; esto reduce temporalmente el retorno venoso hacia el corazón, disminuyendo el débito cardíaco y la presión arterial. Los centros cardiovasculares y el encéfalo son advertidos de las variaciones secundarias de la presión arterial gracias a los mecanorreceptores situados a nivel de cierto número de arterias. La actividad de los haces de fibras nerviosas simpáticas y parasimpáticas que se influyen por inervación recíproca, hace que la presión arterial y el débito cardíaco regresen a un valor bastante próximo del observado habitualmente en los sujetos en posición acostada (decúbito).

Presentación

Ocho corredores de maratón, en edades comprendidas entre 23 y 42 años, han realizado la vuelta a Costa de Marfil corriendo, cubriendo durante tres semanas, algo más de 2.000 km. Cada corredor recorría de 8 a 25 km en cada etapa diaria. La carrera se desarrollaba en relevos, de tal modo que cuando un maratoniano finalizaba su

Tabla 1. Media de las presiones arteriales sistólica y diastólica, en decúbito y de pie, de cada maratoniano. (M = media de todos los corredores; ET = ecart tipo; S = corredor).

PSAC = Presión sistólica antes de la carrera en decúbito.
 PDAC = Presión diastólica antes de la carrera en decúbito.
 PSAD = Presión sistólica antes de la carrera de pie.
 PDAD = Presión diastólica antes de la carrera de pie.
 PSFC = Presión sistólica al final de la carrera en decúbito.
 PDFC = Presión diastólica al final de la carrera en decúbito.

PSFD = Presión sistólica al final de la carrera de pie.
 PDFD = Presión diastólica al final de la carrera de pie.
 PSDC = Presión sistólica 15' después de la carrera, en decúbito.
 PDCC = Presión diastólica 15' después de la carrera, en decúbito.
 PSDD = Presión sistólica 15' después de la carrera de pie.
 PDCC = Presión diastólica 15' después de la carrera de pie.

	PSAC	PDAC	PSAD	PDAD	PSFC	PDFC	PSFD	PDFD	PSDC	PDCC	PSDD	PDCC
S1	10.59	6.63	10.95	6.22	17.22	7.36	11.09	7.31	11.13	7.31	10.18	7.09
S2	13.09	7.50	13.09	7.77	19.63	8.50	13.09	8.27	13.18	7.63	12.91	8.59
S3	12.02	7.25	12.50	8.05	18.29	7.25	12.65	6.70	11.65	6.90	11.15	6.90
S4	12.00	6.91	11.50	7.50	16.68	8.36	10.50	7.22	11.09	7.31	10.40	7.27
S5	11.10	6.60	10.90	7.10	16.70	7.60	11.20	7.10	11.60	7.00	9.50	6.10
S6	11.42	7.07	11.42	7.71	15.85	6.85	11.21	7.07	11.21	7.07	9.71	7.14
S7	12.40	6.80	12.70	7.95	19.15	8.25	12.55	7.75	12.60	7.60	11.15	8.05
S8	1.04	6.90	11.36	7.40	18.00	7.54	11.95	7.72	11.63	7.40	10.95	7.45
M =	11.63	6.95	11.80	7.46	17.70	7.71	11.78	7.39	11.80	7.30	10.74	7.32
E.T. =	0.78	0.28	0.78	0.55	1.22	0.55	0.86	0.46	0.71	0.25	1.01	0.70

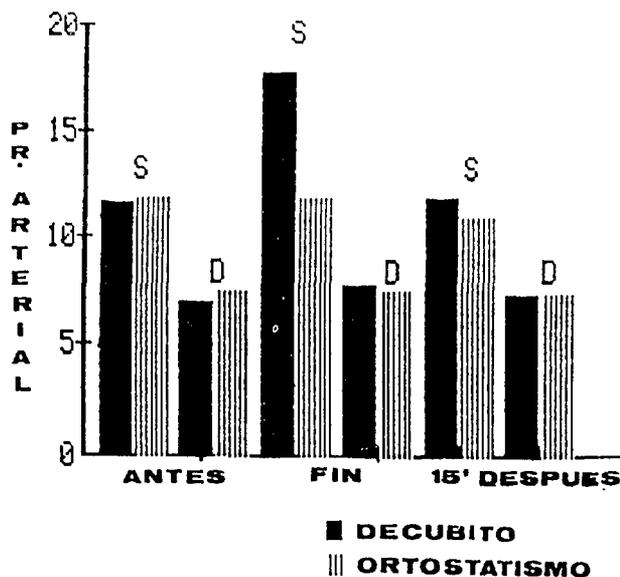


Figura 2. Histograma que muestra la media de presión arterial, de todos los maratonianos, 15' antes, al final y 15' después del esfuerzo (en decúbito-en ortostatismo). La presión arterial diastólica no varía de modo significativo, antes de la carrera, al final o después, sujeto en decúbito o en ortostatismo. La presión sistólica al final de la carrera sufre un descenso significativo en ortostatismo, que persiste, de una manera menos marcada 15 minutos después de la carrera.

recorrido, era sustituido por otro, y así sucesivamente hasta completar la distancia prevista de cada etapa.

La carrera tenía lugar en un ambiente caluroso, con temperatura exterior comprendida entre 25 y 35 °C. La velocidad de carrera era aproximadamente de 12 km/h (Tabla 3).

El objetivo de la investigación consistía en observar la repercusión que la carrera prolongada (esfuerzo de una duración comprendida entre 40 minutos y 2 horas), y repetida (durante tres semanas), en ambiente caluroso, tiene sobre las variaciones de presión arterial con los cambios posturales (decúbito-ortostatismo). Por otra parte, queríamos observar si existía alguna relación entre la presión arterial de un lado, y la velocidad de carrera, la hidratación, la pérdida de peso o la distancia recorrida por los maratonianos, por otro lado.

Material y métodos

1. Datos antropométricos de los maratonianos

	EDAD	PESO (kg)	TALLA (cm)
S1	23	60	170
S2	32	76.5	178
S3	33	66	170
S4	36	68	177
S5	33	76.5	171
S6	37	76.8	173
S7	40	80.5	182
S8	42	64.5	169

2. Protocolo experimental

La medida de la presión arterial ha sido efectuada siempre de la manera siguiente:

- 15 minutos antes de la carrera, en reposo:
 - en decúbito supino.
 - en ortostatismo.
- Al final de la carrera:
 - en decúbito supino.
 - en ortostatismo.
- 15 minutos después del final de la carrera:
 - en decúbito supino.
 - en ortostatismo.

La presión arterial al finalizar la carrera, se toma en el momento en que el corredor finaliza la misma: inmediatamente, se acuesta sobre una tela, tendida en el suelo, en decúbito supino, y se toma la presión arterial. A continuación el corredor se incorpora rápidamente de pie, y se le vuelve a tomar la presión arterial. Es decir, que nada más haber tomado la presión en decúbito supino, el corredor se incorpora rápidamente, colocándose de pie, con las piernas un poco separadas del cuerpo tomándose de nuevo la presión. El objetivo de todo ello consistía en observar las eventuales variaciones que el ortostatismo podía provocar sobre la presión arterial.

Tabla 2. Presión arterial media (PAM), y diferencia de presión arterial media entre el decúbito y el ortostatismo (DPAM), (estadísticas simples). La PAM es = Pr. Sistólica + 2 Pr. Diastólica/3.

	Media	E.T.	Coef. Disp.	Mínimo	Máximo
PAM antes en decúbito	8.58	0.80	0.09	7.16	12.00
PAM antes de pie	9.06	0.77	0.08	7.33	11.66
PAM final en decúbito	11.07	0.87	0.07	8.66	13.33
PAM final en de pie	8.86	0.92	0.10	6.66	11.66
PAM 15' después en decúbito	8.77	0.76	0.08	6.83	10.00
PAM 15' después de pie	8.55	0.93	0.10	6.66	10.66
DPAM antes de carrera	-0.63	0.55	0.88	-1.68	0.67
DPAM final de carrera	2.20	0.90	0.40	.33	4.67
DPAM 15' después carrera	0.23	0.79	3.43	-2.00	2.00

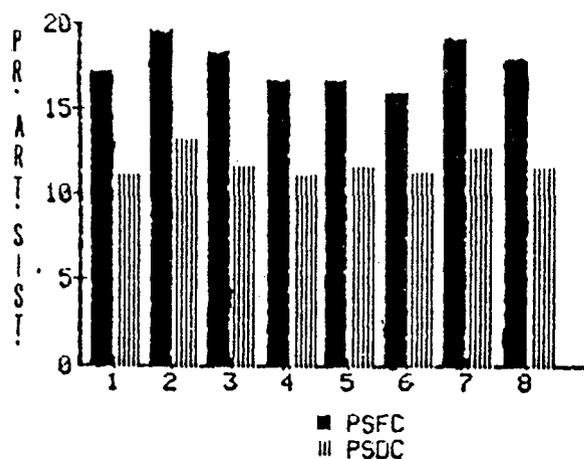


Figura 3. Valores medios individuales de la presión arterial sistólica, de los 8 maratonianos, medida nada más finalizar la carrera, en decúbito y en ortostatismo. Se constata la aparición de una hipotensión ortostática muy marcada en todos los maratonianos.

Para realizar la medida de la presión arterial, hemos empleado un esfigmomanómetro clásico aplicado alrededor del brazo, y un estetoscopio sobre la arteria humeral.

El tiempo empleado en realizar la medida de la presión arterial, en decúbito en ortostatismo, variaba entre 40 y 50 segundos, desde el momento en que comenzamos a tomar la presión, sujeto en decúbito, hasta que hemos finalizado con la medida de la presión arterial del sujeto en ortostatismo.

Resultados

- La presión arterial diastólica no varía de modo significativo, tanto si comparamos los valores obtenidos antes, al final o 15 minutos después del esfuerzo, como si comparamos los valores según la postura corporal del corredor (decúbito-ortostatismo).
- La presión arterial sistólica de reposo, sujeto acostado o de pie, tampoco varía de modo significativo.

Sin embargo la presión sistólica, tomada nada más finalizada la carrera, experimenta un descenso significativo cuando es tomada sujeto en ortostatismo, en relación a la observada en decúbito supino instantes antes. Así, en la tabla 1, observamos que la media de presión sistólica al final de la carrera, para todos los maratonianos, es de 17.7 cm de Hg en decúbito, y de 11.78 cm de Hg en ortostatismo.

Esta hipotensión ortostática persiste, de manera menos marcada, 15 minutos después de finalizar la carrera.

No obstante esta hipotensión ortostática del final de carrera, no ocasiona síntomas a los maratonianos (mareos, sudor frío, malestar, palidez), debido

probablemente a que el corredor permanecía de pie, quieto, sin mover las piernas, solamente 15-20 segundos (tiempo que se tardaba en medir la presión arterial, en ortostatismo). Por otra parte, el valor de presión sistólica en ortostatismo, al final de la carrera, nunca era inferior que el valor de presión sistólica observado en reposo, antes del comienzo de la carrera.

Todo esto puede ser apreciado fácilmente, en la tabla 1 y en los histogramas de las figuras 2 y 3, en los que llama poderosamente la atención el descenso brusco de la presión arterial sistólica, del final de carrera, tomada en ortostatismo (sujeto de pie), en relación con el valor de presión sistólica en decúbito, observado instantes antes.

- La presión arterial media, al final del esfuerzo, sujeto en decúbito, es de 11.7 cm de Hg, y la presión arterial media en ortostatismo, es de 8.86 cm de Hg (valores medios de todos los maratonianos). Es decir, que se produce un descenso de la presión media en ortostatismo muy significativo. En la tabla 2 pueden observarse los valores de las presiones arteriales medias de los maratonianos, y los delta de la presión arterial media.

Discusión

El hecho de inmovilizarse bruscamente en posición de pie (posición vertical u ortostatismo), después de un ejercicio, puede, sobre todo en ambiente caluroso, provocar un desvanecimiento debido al acúmulo de sangre en los vasos de los miembros inferiores, dilatados por el ejercicio, y en los vasos de la piel.

El cambio de la posición de decúbito a la posición de pie, provoca un desequilibrio hemodinámico temporal, en parte ligado al desplazamiento de la masa sanguínea, bajo el efecto de la gravedad.

Diferentes autores han estudiado el efecto del ortostatismo sobre la presión arterial en diferentes situaciones. Beetham y col.,³ han estudiado el efecto que la deshidratación, la aclimatación al calor y la condición física tienen sobre la presión arterial y

Tabla 3. Velocidad de carrera (Kms/h). Valores medios individuales de cada maratoniano.

	Distancia (Km)	Tiempo empleado (sg)	Vel. carrera (Km/h)
S1	14,680	4,271	12,373
S2	15,090	4,126	13,142
S3	17,200	4,845	12,780
S4	12,630	4,080	11,144
S5	8,600	2,808	11,025
S6	13,280	4,077	11,726
S7	12,410	3,403	13,117
S8	14,770	4,233	12,561

la frecuencia cardíaca durante el ortostatismo, y han podido constatar lo siguiente:

- la deshidratación no tiene efecto sobre la presión sistólica, cualquiera que sea la posición del cuerpo (decúbito-ortostatismo).
- la presión diastólica aumenta con el ortostatismo después de la deshidratación.

Para diferentes autores (Bjurstedt,⁴ By Ludwing⁵), la hipotensión ortostática puede aparecer del mismo modo después de un trabajo prolongado (endurancia), que después de un trabajo de corta duración. Los períodos de permanencia de pie post-ejercicio eran mantenidos 5 minutos y en casi un 50% de los sujetos aparecía hipotensión ortostática.

Shvart y col.⁶ utilizaron un test de ortostatismo de 20 minutos de duración, realizado inmediatamente después de un test de VO_2 máx., en laboratorio, y no encontraron ni hipotensión ortostática, ni desvanecimiento. Pero Shvartz y col. emplearon como test ortostático una permanencia activa en ortostatismo, siendo posible que contracciones musculares, voluntarias o involuntarias, de la pierna pudiesen activar la bomba muscular de la pierna, teniendo esto por resultado el ocultar toda tendencia al colapso ortostático, que podría haberse revelado en el caso de que la inclinación vertical hubiese sido pasiva.

La hipotensión ortostática post-ejercicio, en posición de pie, tiende a persistir largo tiempo después del esfuerzo, según By Ludwing.⁵ Para Shvartz,⁶ la hipotensión ortostática es más probable que aparezca en los sujetos altos y pesados con respuestas cardiovasculares lábiles.

La repetición del esfuerzo físico de modo prolongado y repetido, todos los días, y la aclimatación al calor, después de varios días de exposición al calor, producen una tendencia a la desaparición de la hipotensión ortostática y al síncope (Shvartz⁶). Esto puede ser debido al aumento del volumen plasmático y a la mejora en la conducción del calor hasta la piel (aumento de la sudoración), con un sistema cardiovascular mucho más efectivo, con aumento del retorno venoso. La hipotensión ortostática post-ejercicio puede ser debida a un descenso del retorno venoso al corazón, por acúmulo de sangre en las extremidades inferiores, debido a dos posibles hipótesis.

1. Vasodilatación marcada del árbol vascular de las piernas.
2. Fracaso del mecanismo venopresor muscular de las piernas.

Varios investigadores (By Ludwing, Beetham, Shvartz), sugieren que el fracaso del mecanismo venopresor puede ser un factor más importante que la vasodilatación extensiva, debido a que ellos han observado:

- el desarrollo retardado de hipotensión ortostática en algunos sujetos que logran permanecer de

pie, durante los primeros minutos, después del ejercicio, sin dificultad, a pesar de que la vasodilatación es en esos momentos muy importante, y que después desarrollan una hipotensión ortostática (de pie), cuando presumiblemente la vasodilatación ha disminuido.

- un retorno de la presión sanguínea a un nivel normal, cuando las piernas son movidas sin tener que desarrollar un trabajo suplementario significativo (arrodillarse, llevando el talón a los glúteos).
- la persistencia de la hipotensión ortostática varias horas después de haber finalizado el ejercicio, cuando la vasodilatación podía ser considerada como desaparecida.
- el fracaso en provocar una hipotensión similar y síncope, cuando los sujetos están de pie, en reposo, y que presentan hipotensión ortostática después de un ejercicio.

Para Bjurstedt,⁴ la tendencia a sufrir colapso ortostático, que sobreviene después de un ejercicio, no es ocasionada por el descenso del retorno venoso o del débito cardíaco, sino por un estado de acidosis metabólica incompletamente compensado, presente durante la recuperación después de un esfuerzo, y que puede, a través de una acción relajante directa sobre el músculo vascular liso, interferir la respuesta vasoconstrictora en zonas diferentes de las que afectan a los músculos que trabajan.

Además la tendencia creciente al colapso ortostático, durante el período de recuperación post-ejercicio, se encuentra asociada probablemente a una dilatación termorreguladora de los vasos de la piel, cuando la temperatura rectal es elevada.

Nuestros resultados no nos permiten confirmar ninguna de las hipótesis, pero la ausencia de correlación entre la variación de la presión arterial, por un lado, y la distancia recorrida, la variación de peso, o la pérdida hidrica, por otro lado, habla en favor de que la causa de la aparición de hipotensión ortostática post-ejercicio, es el descenso de la respuesta reguladora de los mecanismos baro y mecanorreceptores venopresores musculares, debido, bien a una falta de información, bien a una mala integración de las informaciones de los sistemas de los nervios simpáticos y parasimpáticos, que se influyen por inervación recíproca, y que deberían llevar a la presión arterial y al débito cardíaco, cuando el sujeto está de pie, a un valor bastante próximo del observado en decúbito supino.

Conclusiones

Si realizamos la medida de la presión arterial a un deportista, después de un esfuerzo prolongado, en decúbito supino y después en ortostatismo, probablemente encontraremos una presión sistólica

en ortostatismo inferior que la observada, instantes antes, en decúbito. Para evitar que la presión arterial sistólica descienda todavía más, y prevenir por tanto la aparición de síntomas relacionados con los descensos bruscos de presión arterial (sudor frío, malestar general, mareos, e incluso pérdida de conciencia), es aconsejable no permitir nunca, que el deportista permanezca de pie, quieto, sin mover las piernas, después de finalizado su esfuerzo.

La presión arterial es un parámetro que puede ser de gran utilidad para tener una idea del estado cardiocirculatorio de los deportistas, y de su adaptación al esfuerzo, siendo para ello necesario la observación del valor de presión arterial en reposo, al acabar un esfuerzo y durante el período de recuperación.

Hoy día existen en el mercado aparatos de medida de presión arterial continua e instantánea, siendo interesante observar la variabilidad de la misma durante el esfuerzo (según el tipo e intensidad del esfuerzo), así como al final y durante el período de

recuperación post-esfuerzo, con los cambios posturales (decúbito-ortostatismo).

Observando la presión arterial sistólica, en decúbito-en ortostatismo cada minuto, después de un esfuerzo, podríamos trazar una gráfica de dicha variabilidad, en el período de recuperación. De esta manera podríamos saber si la presión sistólica, medida nada más finalizar un esfuerzo, en ortostatismo, que ha experimentado un brusco descenso en relación con la presión sistólica constatada sujeto en decúbito, sigue manteniendo esa brusca diferencia con los cambios posturales, así como la evolución post-esfuerzo de las presiones sistólicas de decúbito y de ortostatismo, además del período de tiempo que tarda el organismo en no verse afectado por las variaciones de la postura corporal, manteniendo el mismo valor de presión arterial sistólica, tanto si el sujeto está en decúbito como si se encuentra de pie en el momento de la toma de la presión, tal y como sucede en reposo antes de un esfuerzo.

Bibliografía

- 1d. ASTRAND, P.O., and RODAHL, K.: Manuel de physiologie de l'exercice musculaire.
2. MONOD, H.; FLANDROIS, R.: Physiologie du sport, 1985.
3. BEETHAM, W.P. Jr.; BUSIEK, E.R.: Effects of dehydration, physical conditioning heat acclimatization on the response to passive tilting.
4. BJURSTEDT, H.; ROSENHAMER, G.; BALLDIN, V., and KATKOV, V.: Orthostatic reactions during recovery from exhaustive exercise of short duration. Acta. Physiol. Scand., 1983. 119, 25-31.
5. BY LUDWING; EICHNA, W.; STEVEN, M.D.; HURVATH, M.; PH.D.; WILLIAN, B.; BEAN, M.D.: Armored Medical Res. Labor. Fort Knox. Kentucky, June, 1947.
6. SHVARTZ, E.; MEROZ, A.; MAGAZANIK, A.; SHDENFELD, Y.; SHAPIRO, Y.: Exercise and heat orthostatism and the effect of heat acclimatization and physical fitness. Heller Inst. of Med. Resch. Tel-Aviv. Univ. Med. School. Israel.