PubliCE, (PubliCE) 1999

Monograph

Caracterización no Invasiva de la Respuesta de la Presión Sanguínea Durante el Ejercicio de Prensa de Piernas

Steven J Fleck[3], W. C Byrnes[2], R. W Gotshall[1], J. Gootman[1] y T. C Valovich[2]

[1]*Colorado State University, Exercise and Sport Science, Fort Collins, CO.*
[2]*University of Colorado, Kinesiology, Boulder CO.*
[3]*Colorado College, Sport Science, Colorado Springs, CO.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue medir la presión arterial utilizando un monitor continuo de la presión sanguínea (FBPM) Finapres[tm] el cual es no invasivo, para caracterizar de manera continua la presión sanguínea durante tres series de 10 repeticiones máximas del ejercicio de prensa de piernas. Siete levantadores de pesas recreacionales se ofrecieron en forma voluntaria para participar en este estudio. En sesiones preliminares se determinaron las 10 repeticiones máximas (10-RM) para la prensa de piernas. Los sujetos levantaron el peso de forma sincronizada utilizando para esto un metrónomo y fueron entrenados para evitar la maniobra de Valsalva. Durante la sesión experimental, los individuos fueron equipados con el FBPM para la medición de la presión arterial. El FBPM utiliza un manguito ubicado en el dedo medio de la mano derecha, la cual debía mantenerse al nivel del corazón. Los sujetos completaron tres series de 10 repeticiones. Similarmente a estudios previos en donde se midió la presión sanguínea intra-arterial, en el presente estudio se observó los siguiente: con una única repetición, se alcanzó la presión pico cuando las piernas iniciaban la acción concéntrica desde la posición de flexión; la presión más baja se produjo cuando las piernas estaban totalmente extendidas y la presión arterial se incremento con cada repetición sucesiva dentro de la misma serie. Además, la presión arterial se incrementó significativamente con cada serie sucesiva (presión sanguínea sistólica pico: serie 1- 238 ±18; serie 2- 268±18; serie 3- 293±21 mmHg). En conclusión, las respuestas de la presión sanguínea al ejercicio de prensa de piernas se incrementan con cada repetición y también con cada serie sucesiva, al menos con tres series. Por lo tanto la presión más alta durante el ejercicio de prensa de piernas fue alcanzada cuando el levantamiento era iniciado desde la posición de flexión, con incrementos posteriores a medida que se incrementaban las repeticiones y las series.

Palabras Clave: levantamiento de pesas, cardiovascular, finaprestm

INTRODUCCION

La presión sanguínea, al incrementarse por encima de valores de reposo durante el levantamiento de pesas, es variable y puede ser de magnitud considerable (1-4). Registros directos intraarteriales de la presión sanguínea (3-6) han mostrado que la presión cambia variablemente durante la fase concéntrica y excéntrica del ejercicio, y que la magnitud de la

respuesta de la presión sanguínea se incrementa con cada repetición sucesiva. Con este método se han registrado picos sistólicos que excedieron los 300 mmHg durante el ejercicio de prensa de piernas (2, 6), especialmente cuando se mantenía la maniobra de Valsalva. A causa de la naturaleza dinámica de la respuesta de la presión sanguínea al levantamiento de pesas, la determinación intermitente de la presión sanguínea mediante la utilización de esfingomanómetros estándar y auscultación no son es representativa, ni de la magnitud del cambio en la presión sanguínea, ni de la respuesta característica al ejercicio de sobrecarga (7). Mientras que determinaciones intraarteriales de la presión sanguínea pueden caracterizar por completo la respuesta de la presión sanguínea al ejercicio de sobrecarga, hay un riesgo significativo asociado con estas técnicas invasivas como pueden ser el dolor, espasmos arteriales, sangrado, coágulos y síncope vaso vagal.

Debido a las limitaciones de los dos métodos anteriormente descritos, un monitor no invasivo, y continuo seria de gran valor. El monitor de presión sanguínea Finapres[tm] (FBPM) ofrece la capacidad de ser no invasivo y monitorear la presión en forma continua, de forma similar al registro intraarterial. El FBPM esta basado en el método reportado por Penaz en 1973 (8) y su técnica fotopletismográfica aplicada no invasivamente al dedo. La presión sanguínea es registrada latido a latido con una onda de presión arterial que es indistinguible de la registrada con un catéter intraarterial (8-11). El FBPM ha sido comparado tanto con registros intraarteriales como con esfingomanómetros estándar en reposo y durante el ejercicio, con una variabilidad aceptable (12-15). Sin embargo, se ha sido sugerido que el FBPM sería mas preciso si fuese calibrado con la presión arterial braquial (16).

El objetivo de este estudio fue utilizar el FBPM para caracterizar no invasivamente la respuesta de la onda de la presión sanguínea durante tres series de 10 repeticiones máximas en el ejercicio de prensa de piernas. Se planteó la hipótesis de que la presión sistólica va a incrementarse durante las contracciones excéntricas y va a decrecer con las contracciones concéntricas y además que se incrementará con cada repetición sucesiva dentro de una serie de 10 repeticiones y con cada serie sucesiva.

METODOS

Siete hombres adultos, sanos, no fumadores, de entre 20 y 35 años de edad se ofrecieron voluntariamente para participar en este estudio. Los sujetos no tenían experiencia competitiva reciente o en el pasado en entrenamiento de la fuerza. Estaban familiarizados con el levantamiento de pesos y tenían experiencia recreacional según se determinó mediante un cuestionario. A cada participante se le explicaron los detalles del estudio y se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los mismos. El estudio fue aprobado por el Comité de Revisión Institucional de la Universidad del Estado de Colorado para el estudio de sujetos humanos.

Los sujetos fueron instruidos para que se abstuvieran de realizar cualquier actividad física extenuante en 48 horas previas a las sesiones de evaluación. Además, se les pidió que se abstuvieran de consumir alcohol o cafeína durante las 24 horas previas a todas las sesiones de evaluación. Las sesiones de evaluación preliminares fueron llevadas a cabo con el objetivo de medir las diez repeticiones máximas reales de cada sujeto para el ejercicio de prensa de piernas y para que estos se familiarizaran con el protocolo. La determinación de las 10-RM fue llevada a cabo en el mismo equipo y en la misma posición que para las evaluaciones siguientes. Las repeticiones fueron completadas siguiendo un metrónomo con una cadencia de 3 segundos para la fase concéntrica y 3 segundos para la fase excéntrica. Se controló a los sujetos para que no realizaran la maniobra de Valsalva, sin embargo esto fue difícil de evitar en las repeticiones finales de las series. Durante las sesiones preliminares, si el sujeto era capaz de completar 10 repeticiones con un peso dado, se seleccionaba un peso mayor y se le pedía al sujeto que diera el mayor esfuerzo para completar 10 repeticiones en la siguiente evaluación preliminar 2 días después. En la tercera sesión, se determinaban las 10-RM reales. El mayor peso con que cada sujeto lograra hacer 10 repeticiones era registrado como las 10-RM. Aquellos sujetos para los cuales se determinaron las 10-RM antes de la tercera sesión preliminar de todas formas completaban la segunda o tercera sesión para confirmar el peso de sus 10-RM. Los sujetos se reportaron la semana siguiente al laboratorio para la sesión experimental. La sesión experimental consistió en la realización de un protocolo de levantamiento de 10-RM en el ejercicio de prensa de piernas con el peso predeterminado anteriormente para tres series. Entre cada una de las series se permitió un período de recuperación de tres minutos. Se utilizó un protocolo de 10-RM para producir grandes cambios en la presión sanguínea.

Para el monitoreo de la presión sanguínea, los sujetos fueron equipados con el Monitor de Presión Sanguínea Finapres[tm] (Model 2300, Ohmeda, Madison, WI) con un esfingomanómetro para el dedo, el cual fue ajustado a la falange media del dedo medio de la mano derecha. Una tablilla de madera fue adherida al dedo del sujeto para prevenir la flexión del mismo y de esta manera asegurar un flujo sanguíneo ininterrumpido al esfingomanómetro debido al esfuerzo asociado con el levantamiento. El brazo derecho era situado en un apoya brazos para que el dedo quedara al nivel del corazón sujeto durante todo el protocolo. La presión arterial tomada por el Finapres[tm] fue continuamente registrada en una cinta de

registro (Gould 2400, Gould Instruments, Cleveland, OH). Los sujetos primero se sentaron en la prensa de piernas durante 10 minutos en reposo para recolectar los datos basales de todas las medidas cardiovasculares. Se determinó tanto la presión mediante la auscultación Standard como la presión arterial tomada con el Finapres[tm]. Subsecuentemente, se realizaron las 3 series de 10 repeticiones de prensa de piernas. Las presiones sanguíneas fueron registradas con Finasprestm tanto antes como durante cada serie.

La presión sanguínea tomada por el FBPM durante el levantamiento fue caracterizada por el pico y el punto más bajo de las presiones alcanzadas con cada repetición como se muestra en la Figura 1. Los datos de las diez repeticiones en cada serie fueron analizados utilizando el análisis de varianza ANOVA para mediciones repetidas y a través del promedio de las dos ultimas repeticiones entre las tres series. Si el análisis de varianza ANOVA determinaba un índice F significativo se aplicaba el test post-hoc de Fisher LSD. La significancia fue aceptada a $p<0.05$.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los valores de la presión sanguínea tomada por el Finapres[tm] en reposo antes de la serie inicial de levantamiento.

SBP	DBP	BP media
121±13	75±13	90.2±13

Tabla 1. *Valores de presión sanguínea tomados por el Finapres[tm] en reposo (mmHg) Los valores son presentados como medias±SD.*

La Figura 1 es un registro representativo de la respuesta de la presión sanguínea al ejercicio de prensa de piernas. Para mayor claridad, solo se muestra 1 repetición completa. Las presiones varían en cada repetición alcanzando ambas un pico y un punto más bajo. El pico de presión se produjo con la iniciación de la fase concéntrica del levantamiento desde la posición de flexión (ángulo de 90 grados en la rodilla), produciéndose una reducción en las presiones durante la fase concéntrica hasta que las piernas estaban en la máxima extensión. La presión sanguínea se incrementaba subsiguientemente a medida que el peso era descendido en la fase excéntrica hasta que las rodillas alcanzaban los 90 grados de flexión nuevamente.

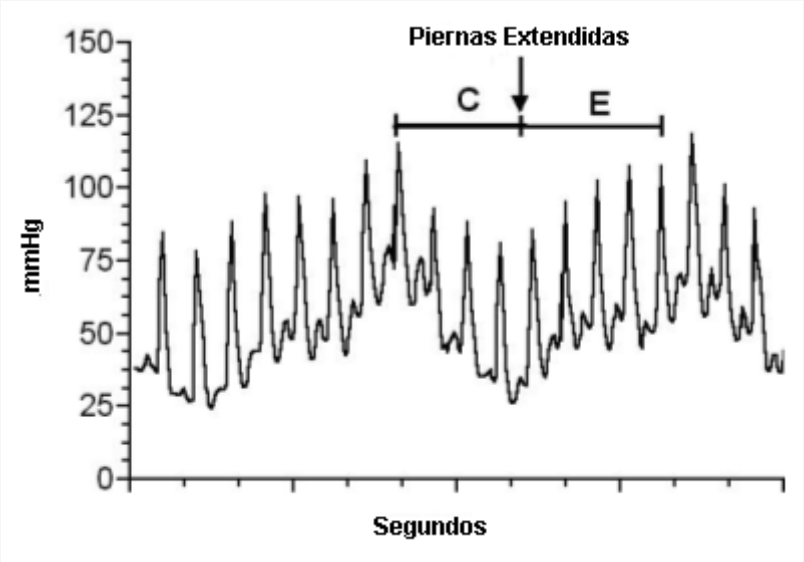


Figura 1. *Muestra de la presión sanguínea registrada durante una repetición completa. C, fase concéntrica; E, fase excéntrica; la*

flecha designa el punto del ciclo donde las piernas estaban completamente extendidas.

La Tabla 2 muestra los valores medios de la SBP y los valores medios de la presión sanguínea en reposo previos a cada serie, y nuevamente al final de cada repetición en cada serie momento en el cual se obtuvieron los mayores valores. La SBP se incrementó significativamente desde el reposo hasta el pico de ejercicio en cada serie. Los valores de la SBP de reposo se incrementaron en el período precedente a la serie final. Los valores de la SBP de ejercicio se incrementaron progresivamente entre una serie y la siguiente, alcanzando el máximo valor al final de la última serie. El mismo patrón de cambio era observado para las presiones medias. Este patrón se muestra gráficamente en las Figuras 2 y 3.

	Serie 1	Serie 2	Serie 3
SBP			
Reposo	121±13 a	128±18 a	142±18 b
Ejercicio	238±18 * a	268±18 * b	293±21 * c
BP media			
Reposo	90.2±13 a	97±18 a	105±18 b
Ejercicio	173±18 * a	182±16 * b	212±18 * c

Tabla 2. *Presión sanguínea (mmHg) para cada serie del ejercicio de prensa de piernas. Los valores son presentados como medias±DE. Las letras (a, b, c) denotan significancia dentro de cada fila para cada variable a p<0.05, letras diferentes de las anteriores muestran diferencias significativas. El asterisco (*) denota significancia entre los valores de reposo y el ejercicio para cada variable de cada serie.*

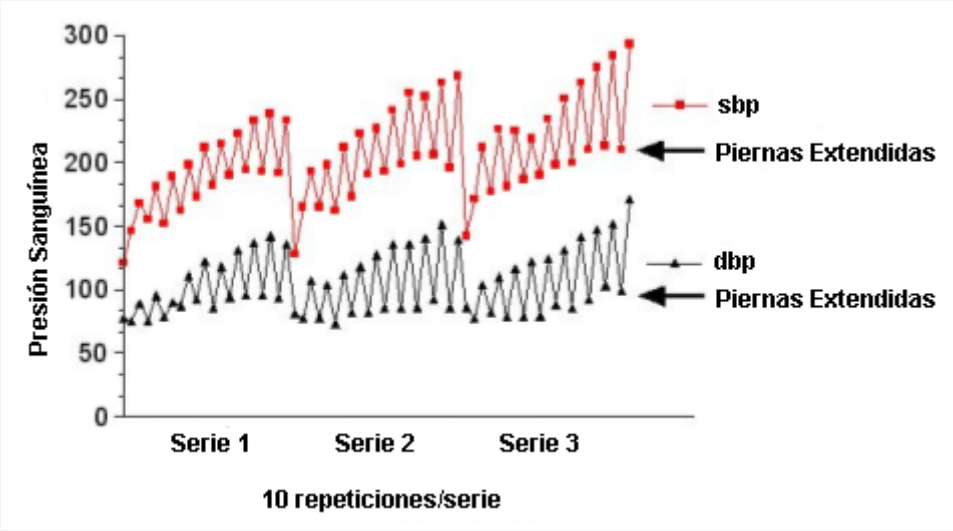


Figura 2. *Patrón de respuesta de la presión sistólica y diastólica a las 3 seres de 10-RM en el ejercicio de prensa de piernas. Los valores mas bajos que preceden a cada serie representan las presiones sanguíneas de reposo. sbp: presión sanguínea sistólica; dbp: presión sanguínea diastólica.*

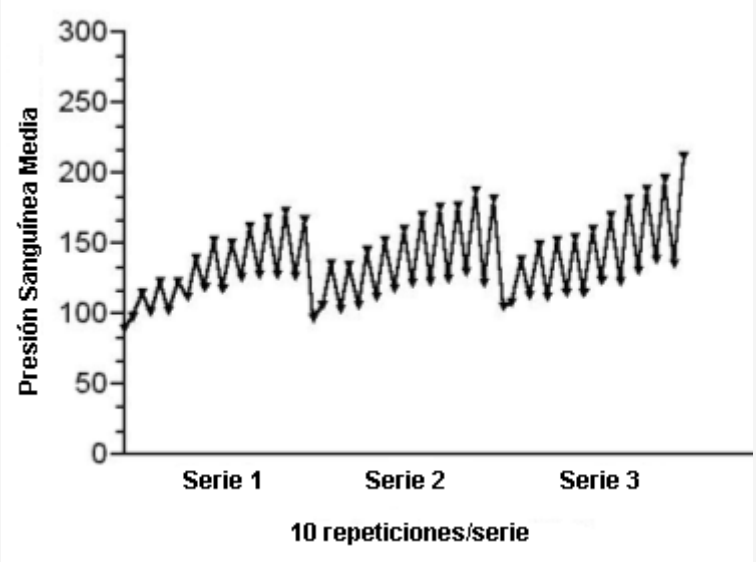


Figura 3. *Patrón de la respuesta del promedio de la presión sanguínea a las 3 series de 10-RM..*

DISCUSION

Los principales hallazgos de este estudio fueron que la presión sistólica y la presión promedio se incrementaban progresivamente en cada serie con el número de la repeticiones, y también se incrementaban con cada serie subsiguiente. También, es de interés el hallazgo de que con cada repetición la presión sanguínea variaba marcadamente. La mayor presión en una sola repetición se producía cuando se iniciaba la fase concéntrica, y la presión más baja era obtenida cuando las piernas alcanzaban el final de la fase concéntrica con las piernas completamente extendidas. Por lo tanto, la presión sanguínea declinaba durante la fase concéntrica y se incrementaba durante la fase excéntrica.

Los estudios (2, 6, 9) que han caracterizado la respuesta de la presión sanguínea continua a través del levantamiento de pesas por medio de la canulación intra arterial y por medio de registros de la presión sanguínea han mostrado los mismos patrones específicos de la presión sanguínea como lo demostró el FBPM en el presente estudio (5, 6). Los registros realizados mediante canulación intra arterial durante el ejercicio de prensa de piernas hasta el fallo muscular (2, 6) son remarcablemente similares a aquellos mostrados en la Figura 1 del presente estudio en el cual los valores fueron obtenidos con el FBPM. En dos estudios separados, MacDougall et al. (2, 6) registraron la presión sanguínea intraarterial durante la prensa de piernas. Los picos de presión ocurrieron a la iniciación de la fase concéntrica con las piernas a 90 grados y el punto más bajo de presión ocurrió cuando las piernas alcanzaban la extensión (2, 6). Esto fue confirmado midiendo los ángulos de la articulación a través del levantamiento (6). Este patrón fue idéntico al del presente estudio. Los mecanismos potencialmente responsables de estos patrones incluyen la posibilidad de que al principio de la fase concéntrica, con la rodilla a 90 grados, los extensores de la pierna están en el punto más débil de la curva de fuerza. Esto requeriría un mayor esfuerzo relativo al máximo esfuerzo y generaría una presión sanguínea mayor (17). A medida que las piernas se extienden, se acercan a la posición más fuerte a medida que la extensión es alcanzada, reduciendo el esfuerzo y reduciendo la presión sanguínea. Al bajar el peso a través de la fase excéntrica, el esfuerzo relativo se incrementa a través del tiempo, acercándose al punto más débil en la curva de fuerza, y llegando a la respuesta más alta de la presión sanguínea (17).

En estos mismos estudios usando registros intraarteriales de la presión sanguínea, el pico de la presión sanguínea se incrementaba con cada repetición sucesiva hasta el fallo (2, 6). Nuevamente, un patrón idéntico de respuesta como el medido en el presente estudio. Los picos de presión obtenidos en el estudio de MacDougall et al. (2, 6) eran generalmente más altos que los reportados en el presente estudio, sin embargo, los sujetos en el estudio previo realizaron la maniobra de Valsalva mientras realizaban el ejercicio, mientras que el presente estudio la maniobra de Valsalva era evitada. La realización de tal maniobra durante el levantamiento contribuye a la elevación de presión sanguínea durante la realización del ejercicio (2, 4, 6, 18). McDougle, McCartney et al. (6, 17) plantearon la hipótesis acerca de que estos incrementos progresivos en la presión sanguínea en una serie, están relacionados al incremento del esfuerzo en cada repetición sucesiva. A medida que el músculo llega al agotamiento, se requiere de un mayor esfuerzo relativo, músculos accesorios pueden ser reclutados, y se puede realizar una maniobra de Valsalva parcial o total estimulando los nociceptores

musculares. Estos factores en forma aislada o conjunta pueden contribuir a la elevación de la presión sanguínea.

Hasta donde sabemos, el presente estudio es el primer reporte que demuestra que el pico de la presión sanguínea durante un levantamiento se incrementa con series subsecuentes. Esto quiere decir que la presión de la serie 3 era mayor que la de la serie 1. Aunque la presión sanguínea de reposo previa a cada serie también se incrementó en la serie 3, el cambio con el levantamiento a partir de estos valores de reposo también se incrementó con cada serie subsiguiente. Por lo tanto, esto incrementos progresivos no pueden ser completamente explicados por los incrementos en los valores de reposo. Las razones potenciales para estos incrementos progresivos en series subsiguientes pueden ser similares a aquellas descritas previamente respecto del patrón similar observado en cada serie (6, 17). Sin embargo, este efecto requiere mayor investigación.

Hay limitaciones técnicas específicas que se aplican al FBPM. Primero, el esfingomanómetro para el dedo debe ser ajustado de manera apropiada. El esfingomanómetro es similar al utilizado en los brazos, así como también su ajuste. Segundo, el esfingomanómetro debe ser posicionado en forma cómoda sin estar ni muy ajustado ni muy suelto. El instrumento va a detectar condiciones en las que este muy suelto o muy ajustado. Sin embargo, para asegurar que se realizó un ajuste apropiado, se llevó a cabo un monitoreo rutinario de la presión sanguínea braquial para determinar si los valores del FBPM y los valores del esfingomanómetro coincidían.

Si no era así, el esfingomanómetro era re-tensionado hasta que el FBPM y los valores del esfingomanómetro fueran similares con un diferencia del 5%. Finalmente, hay al menos un reporte acerca de que los valores de la presión sanguínea con el FBPM pueden desviarse del valor real a lo largo del tiempo si el esfingomanómetro no es desinflado y los músculos de las manos son ejercitados (19). En el presente estudio el periodo de tiempo de medición fue corto, por lo cual no hubo desviación del valor basal. Si se utilizan protocolos de mayor duración (mayor a treinta minutos), entonces se requiere de la remoción periódica del esfingomanómetro y la realización de ejercicios con la mano. El reemplazo del esfingomanómetro y el restablecimiento de la concordancia con los esfingomanómtros manuales deberían permitir realizar un monitoreo a largo plazo. Otras posibles influencias en los valores registrados por el FBPM son el no mantener la mano al nivel del corazón, movimientos, y tensión muscular en la mano, lo cual puede comprimir la arteria. Todas estos problemas fueron obviados posicionando la mano en un apoya brazo al nivel del corazón para mantener la posición y reducir el movimiento. Además, el dedo con el esfingomanómetro fue entablillado para prevenir flexiones del mismo.

En conclusión, este estudio a realizado una caracterización de la respuesta de la presión sanguínea al ejercicio de prensa de piernas. La caracterización de la respuesta de la presión sanguínea al ejercicio de prensa de piernas muestra claramente los cambios dinámicos que ocurren durante el levantamiento de pesos. La información confirma lo que muestran estudios con registros intraarteriales en los que el pico de presión obtenido se incrementa con cada levantamiento sucesivo, y suma la observación de que el pico de presión se incrementa con cada serie subsiguiente, al menos por tres series. El efecto potencial de estas altas presiones en el corazón es indicado por los cambios en el doble producto (frecuencia cardíaca multiplicada por la SBP) a partir de los valores de reposo de 14.5×10^3 hasta 43.4×10^3 en el pico de las presiones saguíneas. Estos datos proveen información que es relevante par entender la respuesta cardiovascular al levantamiento de pesas y para la determinación eventual de la seguridad del levantamiento de pesos para poblaciones especiales (e.g., hipertensos, ancianos, pacientes cardiacos).

Dirección para el Envío de Correspondencia

Robert Gotshall, Ph.D., Colorado State University, Exercise and Sport Science, Fort Collins, CO 80523-1582 Voice: (970) 491-6374, Fax: (970) 491-0445, correo electrónico: gotshall@cahs.colostate.edu

REFERENCIAS

1. Hill DW, Butler SD (1991). Hemodynamic responses to weightlifting exercise. *Sports Med; 12:1-7*
2. MacDougall JD, Tuxen D, Sale DG, Moroz JR (1985). Arterial blood pressure response to heavy exercise. *J Appl Physiol; 58:785-90*
3. McCartney N, McKelvie RS, Martin J, Sale DG, MacDougall JD (1993). Weight-training-induced attenuation of the circulatory response of older males to weight lifting. *J Appl Physiol; 74:1056-60*
4. Narloch JA, Brandstater ME (1995). Influence of breathing technique on arterial blood pressure during heavy weight lifting. *Arch Phys Med Rehabil; 76:457-62*
5. Fleck SJ, Dean LS (1987). Resistance-trainjng experience and the pressor response during resistance exercise. *J Appl Physiol; 63:116-20*
6. MacDougall JD, McKelvie RS, Moroz DE, Sale DG, McCartney N, Buick F (1992). Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *J Appl Physiol; 73:1590-7*

7. Wiecek EM, McCartney N, McKelvie RS (1990). Comparison of direct and indirect measures of systemic arterial pressure during weightlifting in coronary artery disease. *Amer J Cardiol0 ;66:1065-9*
8. Penaz J (1973). Photoelectric measurement of blood pressure, volume and flow in the finger. *In: Albert R, Vogt WS, Helberg W, eds. Digest of the International Conference on Medicine and Biological Engineering; 104*
9. Imholz BPM, Settles JJ, Van Der Meiracker AH, Wesseling KL, Wieling W (1990). Non-invasive continuous finger blood pressure measurement during orthostatic stress compared to intra-arterial pressure. *Cardiovasc Res; 24:214-21*
10. Imholz BPM, Van Montfans GA, Settles JJ, Van Der Hoven GMA, Karemaker JM, Wieling W (1988). Continuous noninvasive blood pressure monitoring: reliability of Finapres device during Valsalva manoever. *Cardiovasc Res; 22:390-7*
11. Parati G, Casadei R, Gropelli A, DiRienzo M, Mancia G (1989). Comparison of finger and intra-arterial blood pressure at rest and during laboratory testing. *Hyperten; 13:647-55*
12. Imholz BPM, Wieling W, Van Montfans GA, Wesseling KH (1998). Fifteen years experience with finger arterial pressure monitoring: assessment of the technology. *Cardiovasc Res; 38:605-16*
13. Blum V, Carriere EGJ, Kolsters W, Mostered WJ, Schiereck P, Wesseling KH (1997). Aortic and peripheral blood pressures during isometric and dynamic exercise. *Int J Sports Med; 18:30-4*
14. Hildebrandt W, Schutze H, Stegemann J (1991). On the reliability of the Penaz cuff during systemic and local fingertip vasodilation at rest and in exercise. *Europ J Appl Occupat Physiol; 62:175-9*
15. Silke B, Spiers JP, Boyd S, Graham E, McParland G, Scott ME (1994). Evaluation of non-invasive blood pressure measurement by the Finapres method at rest and during dynamic exercise in subjects with cardiovascualr insufficiency. *Clin Autonom Res; 4:49-56*
16. Silke B, McAuley D (1998). Accuracy and precision of blood pressure determination with the Finapres: an overview using re-sampling statistics. *J Human Hyperten; 12:403-9*
17. McCartney N (1999). Acute responses to resistance training and safety. *Med Sci Sports Exerc; 31:31-7*
18. Linsenbardt ST, Thomas TR, Madsen RW (1992). Effect of breathing techniques on blood pressure response to resistance exercise. *Br J Sports Med; 26:97-100*
19. Ristuccia HL, Grossman P, Watkins LL, Lowan B (1997). Incremental bias in Finapres estimation of baseline blood pressure levels over time. *Hyperten; 29:1039-43*

Cita Original

Gotshall R.W., J. Gootman, W.C. Byrnes, S.J. Fleck y T.C. Valovich. Noninvasive characterization of the blood pressure response to the double-leg press exercise. JEPonline; Vol 2 No 4, 1999.