Article

Impacto del Ejercicio de Fuerza en la Dinámica Cardiovascular

Timothy P. Sheehan[1,2], Timothy R. McConnell[1] y Joseph L. Andreacci[1]

[1]*Departamento de Ciencias del Ejercicio, Universidad de Bloomsburg, Bloomsburg, PA, EEUU*
[2]*Departamento de Medicina, Facultad de Medicina de Penn State, Hershey, PA, EEUU*

RESUMEN

Existen investigaciones limitadas con respecto a las diferentes respuestas cardiovasculares al entrenamiento de fuerza agudo en varias posiciones corporales. Por lo tanto, el propósito de esta investigación fue determinar las diferentes respuestas del gasto cardíaco (GC), volumen sistólico (VS), frecuencia cardíaca (FC), presión arterial sistólica (PAS) y presión arterial diastólica (PAD) mientras se realiza ejercicio de fuerza. Catorce individuos sanos (8 mujeres y 6 hombres) se ofrecieron como voluntarios para participar en este estudio. Los ejercicios de fuerza realizados incluyeron press de banca, curl de bíceps sentado y press de hombros. Se utilizó un sistema no invasivo de monitorización del gasto cardíaco (NICOM) para medir GC, VS y FC. Un análisis de varianza bidireccional (ANOVA) con medidas repetidas reveló diferencias significativas ($P<0,05$) en GC, VS, FC y PAD entre diferentes posiciones corporales. No hubo interacción significativa entre los ejercicios y las series para ninguna de las variables dependientes. En conclusión, estas diferencias se produjeron debido a la relación que existe entre las respuestas cardiovasculares (GC, VS y FC).

Palabras Clave: Posición Corporal, Hemodinámica Cardiovascular, Entrenamiento de la Fuerza

INTRODUCCIÓN

La transición del reposo al ejercicio requiere ajustes en la función respiratoria y cardiovascular para cumplir con el aumento de las demandas metabólicas de los músculos que trabajan. Las respuestas cardiovasculares que ocurren durante una serie aguda de ejercicio incluyen cambios en la frecuencia cardíaca (FC), gasto cardíaco (GC), volumen sistólico (VS), presión arterial (PA) y doble producto cardiovascular (DPC) (2,5) . Aunque tanto el ejercicio aeróbico como el de fuerza resultan en estos ajustes cardiovasculares, existen algunas diferencias convincentes que permiten que continúen ambos tipos de ejercicio.

Al comienzo de un ejercicio de carga constante, hay un cambio rápido en el control del sistema nervioso central que causa un aumento rápido en la FC y la contractilidad del músculo cardíaco, los cuales resultan en un aumento del GC. Además, la bomba muscular durante el ejercicio aeróbico y un aumento en el tono vasoconstrictor en tejido no activo da como resultado que se devuelva más sangre al corazón (es decir, retorno venoso). Este aumento en la precarga en el corazón reduce la post-carga en el corazón (debido a la vasodilatación local mediada en los músculos que trabajan) y aumenta la contractilidad del ventrículo izquierdo; todo contribuye a un aumento en el VS y, posteriormente, un aumento en el GC (8).

El desafío para el sistema cardiovascular durante el ejercicio aeróbico es responder al aumento de carga del volumen colocado en el corazón. El entrenamiento de la fuerza, sin embargo, plantea un desafío diferente. A diferencia de la sobrecarga de volumen colocada en el corazón, el ejercicio de la fuerza da como resultado un aumento de la carga de presión sobre el corazón.

Al realizar ejercicio de fuerza agudo, las adaptaciones cardiovasculares están influenciadas por la fuerza de la contracción muscular y la duración del esfuerzo (es decir, el número de repeticiones) (7). Durante el ejercicio máximo de fuerza, no hay cambios relativamente en el GC y el VS en comparación con los niveles de reposo. Sin embargo, a medida que se reduce la carga y se realizan más repeticiones, el GC puede responder de manera similar a lo que se observa durante el ejercicio aeróbico (14). La respuesta del VS también depende de la intensidad y la duración del esfuerzo. Durante los ejercicios máximos de fuerza la respuesta silenciada del VS se puede explicar por las altas presiones intraabdominales e intratorácicas generadas. Este aumento en la PA da como resultado un retorno venoso reducido al corazón, una precarga posterior más pequeña en el corazón y un volumen diastólico final reducido (VDF) (9). El entrenamiento de la fuerza también da como resultado un aumento en la FC (12). De manera similar a la respuesta del GC y el VS durante el ejercicio de fuerza, los cambios en la FC dependen de la duración y la intensidad del esfuerzo.

Los valores de presión arterial sistólica pueden aumentar sustancialmente durante la realización del ejercicio de fuerza (9). Durante el entrenamiento ligero de la fuerza no hay cambio, o hay una pequeña disminución en la PAD (14). Sin embargo, el ejercicio máximo de la fuerza provoca un aumento dramático en la PAD (9). La respuesta de la presión elevada se puede explicar por la presión mecánica real de los músculos que actúan sobre los vasos sanguíneos y el reflejo presor que se produce durante la contracción estática. Además, las presiones intratorácicas e intraabdominales elevadas que se producen durante la maniobra de Valsalva pueden causar un aumento más dramático de la presión arterial (9). Sin embargo, durante el ejercicio ligero de fuerza utilizando más repeticiones, el aumento de la presión arterial es mínimo y puede no ser tan grande como el que se observa durante el ejercicio aeróbico (10).

En resumen, las respuestas del sistema cardiovascular durante el entrenamiento de la fuerza varían en función de los grupos musculares involucrados, el número de series realizadas y la intensidad del ejercicio. Dado el hecho de que el entrenamiento de la fuerza emplea ejercicios en diferentes posiciones corporales, como vertical versus supino, y por encima de la cabeza versus por debajo del corazón, es de interés examinar el impacto en la función cardiovascular. Por lo tanto, el propósito de esta investigación fue examinar si el ejercicio de fuerza en varias posiciones corporales afecta al GC, VS, FC y PA.

MÉTODOS

Sujetos

Catorce (F= 8; M= 6) voluntarios aparentemente sanos entre las edades de 18 y 23 fueron reclutados del Campus Universitario de Bloomsburg (Tabla 1). Un análisis de potencia estableció que 14 sujetos proporcionarían un 80% de posibilidades de detectar un coeficiente de correlación de r = 0,70 entre las diferentes variables cardiovasculares y las posiciones corporales como estadísticamente significativas al nivel de P=0,05.

La Junta de Revisión Institucional de la Universidad de Bloomsburg aprobó el protocolo y los métodos de estudio. Antes de la participación, todos los sujetos firmaron un documento de consentimiento informado consistente con la política de la Universidad de Bloomsburg para la protección de sujetos humanos, y respondieron un cuestionario de preparación de actividad física (PAR-Q). Los sujetos fueron excluidos si entrenaban la fuerza durante tres o más días por semana durante 30 minutos o más por día dentro de los 2 años anteriores.

Tabla 1. *Características para los Participantes del Estudio (N=14).*

Variables	Media ± DE	Rango
Edad (años)	20,4 ± 1,5	18 – 23
Altura (cm)	169,6 ± 8,4	158,1 – 182,9
Masa Corporal (kg)	77,3 ± 20,1	55,2 – 130,6
Índice de Masa Corporal ($kg \cdot m^{-2}$)	26,9 ± 6,1	21,2 – 39,1
Grasa Corporal (%)	27,4 ± 11,2	10,6 – 46,6
Masa Grasa (kg)	21,9 ± 12,2	7,5 – 45,5
Masa Libre de Grasa (kg)	55,6 ± 14,2	41,7 – 90,5
Agua Corporal Total (kg)	40,7 ± 10,4	30,5 – 66,3

PROCEDIMIENTOS

Secuencia de Prueba

Se pidió a los sujetos que llegaran bien descansados con una comida liviana dos o más horas antes de la prueba y que se abstuvieran de lo siguiente: (a) medicamentos de venta libre; (b) estimulantes tales como cafeína; (c) ducharse o bañarse dentro de las 4 horas previas; (d) uso de sauna; y (e) consumo excesivo de alimentos o bebidas. Además, se les pidió a los sujetos que eviten el alcohol y el ejercicio intenso al menos 24 horas antes de la prueba.

Todos los sujetos se sometieron a un análisis de composición corporal, realizado mediante análisis de impedancia bioeléctrica (AIB) (BC-418, Tanita Corporation of America, Inc., Arlington Heights, IL), y 3 series de ejercicios de entrenamiento de fuerza submáxima en tres posiciones corporales diferentes. Todas las pruebas se completaron con un mínimo de 24 horas entre los días de prueba. Durante la primera visita, que sirvió como un período de familiarización, se evaluó la composición corporal de los sujetos y se realizaron los tres ejercicios para determinar la cantidad adecuada de fuerza a usar durante la prueba. En el día de la prueba (visita dos), cada sujeto realizó un ejercicio de fuerza en las tres posiciones del cuerpo mientras se registraron las mediciones.

Pruebas de Ejercicio

El orden de evaluación de la posición del cuerpo fue compensado para cada sujeto. Se realizaron tres series de 8 a 12 repeticiones para cada ejercicio. La fuerza seleccionada se determinó por el peso que cada sujeto podía mover a través del rango completo de movimiento de 8 a 12 veces, que era finalizado por la fatiga. Los sujetos deberían haber calificado sus últimas repeticiones como "muy duras" (es decir, 15) en la escala de Borg del IEP (6). Hubo un período de descanso de 2 minutos entre series y un período de descanso de 15 minutos entre los ejercicios. Las posiciones corporales incluyeron supino (press de banca), vertical por arriba del corazón (press de hombros sentado), los cuales se realizaron usando la máquina Body Masters BE 218A Multipress (Rayne, Louisiana) y vertical a nivel del corazón (curl de bíceps) usando un Body-Solid GPCB329 Preacher Curl Bench (Forest Park, Illinois). Se seleccionaron tres series de 8 a 12 repeticiones para que estuvieran de acuerdo con las recomendaciones de ACSM para entrenamiento de la fuerza en adultos aparentemente sanos (1).

Mediciones Cardiovasculares

El sistema de monitoreo no invasivo del gasto cardíaco (NICOM) de Cheetah Medical, Inc. (Portland, Oregon) que utiliza bioreactancia, se usó para medir GC, VS y FC a lo largo de cada sesión de ejercicio.

Se obtuvieron mediciones en reposo con el sujeto en la posición particular del cuerpo durante ~3 min antes de cada ejercicio. Se registraron las mediciones de GC, VS y FC durante las últimas 2 repeticiones de cada serie para el ejercicio. La presión arterial se midió en la arteria braquial mediante el método de auscultación usando un esfigmomanómetro y un estetoscopio. Estas mediciones se tomaron en reposo inmediatamente después de completar la serie de ejercicios. Al finalizar cada serie, se les indicó a los sujetos que mantuvieran sus manos sobre la barra en un estado relajado hasta que se obtuviera la presión arterial.

Análisis Estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron con la versión 22.0 de SPSS (SPSS, Inc., Chicago, IL, EEUU). Todos los valores se

expresan como media ± desviación estándar a menos que se indique lo contrario. Se realizó un análisis de varianza bidireccional (ANOVA) con medidas repetidas para determinar las diferencias significativas en el P<0,05 que se produjo entre las 3 series y entre las tres posiciones de ejercicio y cualquier interacción de tratamiento. Las variables dependientes incluyeron GC, VS, FC y PA.

RESULTADOS

Las características de los 14 sujetos involucrados en este estudio se presentan en la Tabla 1. Los sujetos variaron mucho en masa corporal y composición.

El gasto cardíaco (L•min-1) fue significativamente mayor (P<0,05) durante el press de banca comparado con el curl de bíceps. El gasto cardíaco también fue significativamente mayor (P<0,05) al realizar el press de hombros en comparación con el curl de bíceps. No se observaron diferencias significativas en el GC entre el press de banca y el press de hombros (Figura 1A). El gasto cardíaco fue significativamente (P<0,05) mayor durante cada serie en comparación con los valores de reposo, obteniendo los valores más altos durante la serie 3 (Figura 1A).

El volumen sistólico fue significativamente (P<0,05) mayor durante el press de banca comparado con el curl de bíceps y con el press de hombros (Figura 1B). Hubo también una diferencia significativa (P<0,05) en el VS entre el press de hombros y el curl del bíceps con el ejercicio de press de hombro que arrojó los mayores valores (Figura 1B). Durante el curl de bíceps y press de hombros, el VS fue significativamente (P<0,05) mayor durante la serie 2 y la serie 3 en comparación con los valores de reposo (Figura 1B).

La frecuencia cardíaca fue mayor mientras se ejercitaba en una posición vertical que cuando se ejercitaba en decúbito supino. Durante el curl de bíceps, la FC de los sujetos fue significativamente mayor (P<0,05) que durante el press de banca. El press de hombros arrojó valores de FC significativamente mayores (P<0,05) que el ejercicio de press de banca. No se observaron diferencias en la FC entre los dos ejercicios verticales (Figura 1C). La frecuencia cardíaca fue significativamente mayor (P<0,05) durante cada una de las tres series de ejercicios en comparación con los valores de reposo con los valores más altos obtenidos durante la serie 3 (Figura 1C).

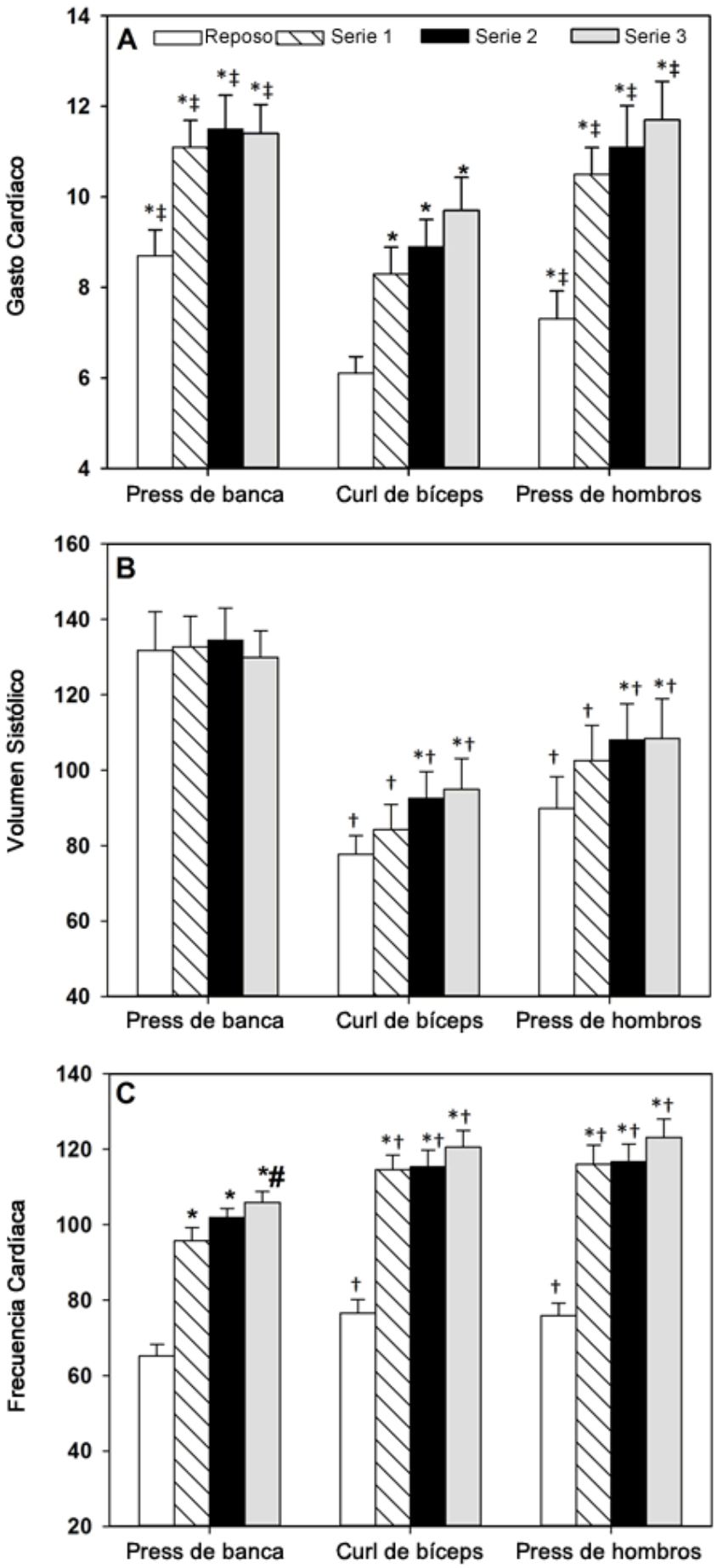
A
Reposo
Serie 1
Serie 2
Serie 3
Gasto Cardíaco
Press de banca
Curl de bíceps
Press de hombros
B
Volumen Sistólico
C
Frecuencia Cardíaca

Figura 1. *Respuestas Cardiovasculares durante Varios Tipos de Ejercicios de Fuerza para (A) Gasto Cardíaco; (B) Volumen Sistólico; y (C) Frecuencia* ***Cardíaca*** *(media ± DE). *Significativamente diferente de la línea de base; P<0,01; ‡Significativamente diferente de la Serie de Curl de Bíceps; P<0,05. †Significativamente diferente de la Serie de Press de Banca; P<0,05; #Significativamente diferente de la Serie 1; P<0,05.*

La PAS de los sujetos fue significativamente mayor (P<0,05) durante las 3 series de ejercicios de fuerza en comparación con los valores de reposo, con los valores más altos durante la serie 3 (Figura 2A). Se observó una diferencia significativa (P<0,05) en la PAD de los sujetos durante la tercer serie de curl de bíceps (Figura 2B). La PAD fue significativamente mayor (P<0,05) cuando los sujetos realizaron el curl de bíceps en comparación con el press de banca. Además, la PAD para la serie 3 de curl de bíceps fue significativamente mayor (P<0,05) que el press de hombros (Figura 2B).

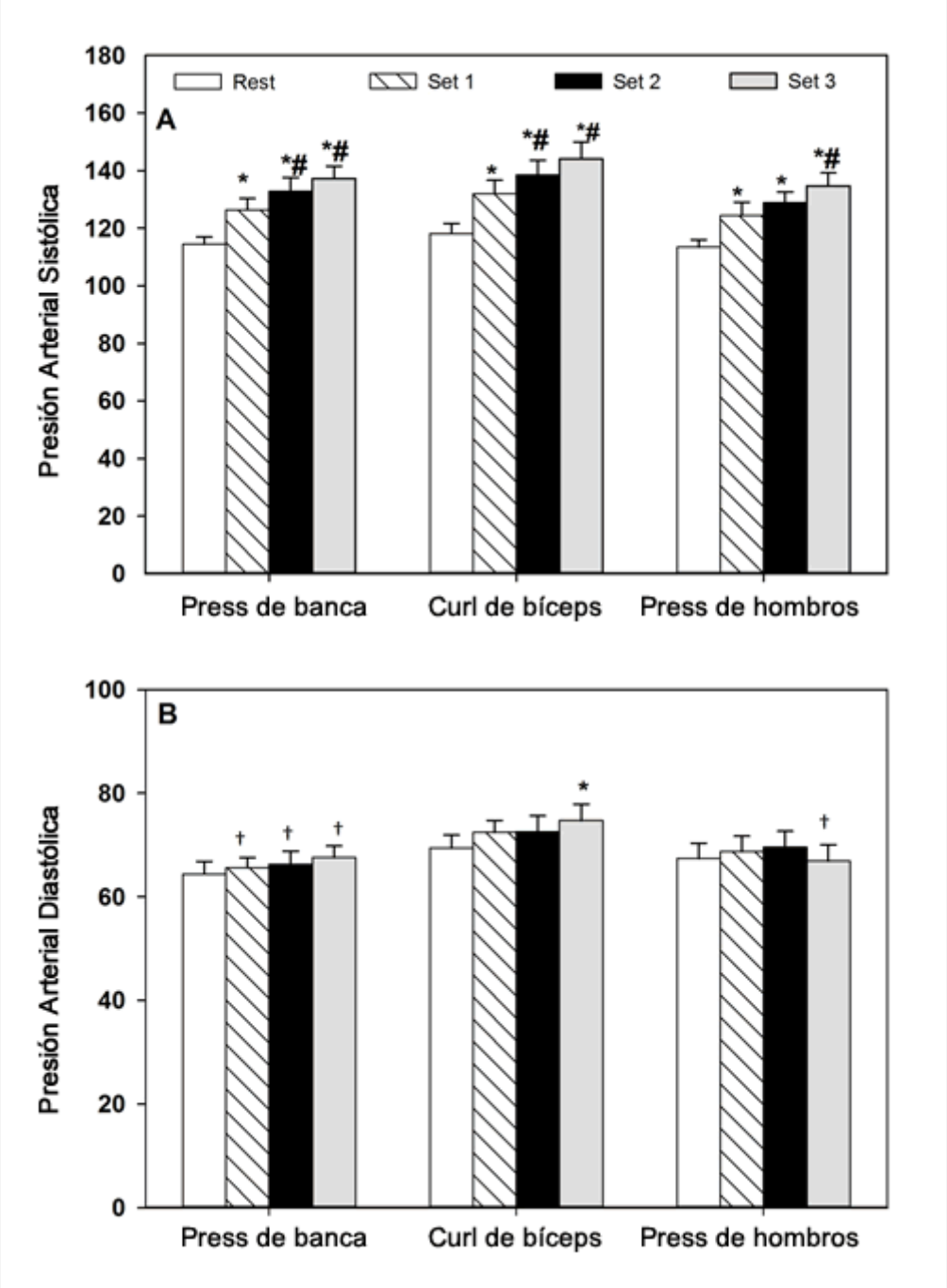

Figura 2. Respuestas de la Presión Arterial durante Varios Tipos de Ejercicios de Fuerza para (A) Presión Arterial Sistólica; y (B) Presión Arterial Diastólica *(media ± DE). *Significativamente diferente de la línea de base; P<0,05;*

#Significativamente diferente de la Serie 1; P<0,05; †Significativamente diferente de la Serie de Curl de Bíceps; P<0,05.

DISCUSIÓN

Es evidente que la respuesta cardiovascular al entrenamiento de la fuerza se ve afectada por una serie de factores, incluida la posición del cuerpo durante el ejercicio y si el ejercicio se realiza por encima o por debajo del corazón. El propósito de esta investigación fue determinar las diferentes respuestas del gasto cardíaco (GC), el volumen sistólico (VS), la frecuencia cardíaca (FC) y la presión arterial (PA) mientras se realizan ejercicios de fuerza en varias posiciones corporales tanto arriba como debajo del corazón.

El gasto cardíaco fue mayor en el decúbito supino y también en la posición vertical por encima del nivel del corazón en comparación con la posición vertical en el nivel del corazón. Un mayor GC durante el ejercicio en decúbito supino se puede atribuir a un VS significativamente mayor en comparación con el ejercicio en posición vertical (13). Al estar en decúbito supino, hay un mayor retorno venoso al corazón que da como resultado un mayor VDF del ventrículo izquierdo. Como resultado, hay una mayor contractilidad del tejido del miocardio y, posteriormente, más sangre eyectada a la aorta por contracción del corazón.

El gasto cardíaco también fue más alto mientras se ejercitaba en posición vertical por encima del nivel del corazón en comparación con la posición vertical al nivel del corazón. A pesar de que la FC fue similar en ambas posiciones verticales, el GC fue aún mayor mientras se ejercitaba por encima del nivel del corazón. Una vez más, esto puede explicarse por un mayor VS mientras se ejercita por encima del nivel del corazón. Mientras se está en esta posición, la influencia gravitacional causa menos acumulación de sangre en las porciones distales de las extremidades superiores. Como resultado, hay un mayor retorno venoso al corazón a través de la vena cava superior, un mayor VDF, una mayor contractilidad del tejido del miocardio, y un mayor VS (3,4).

El gasto cardíaco fue similar mientras se ejercitaba en la posición supina y en la posición vertical por encima del nivel del corazón. Estos hallazgos se pueden explicar por las diferencias encontradas entre la FC y el VS mientras se ejercita en estas posiciones. El volumen sistólico fue significativamente mayor durante el ejercicio en decúbito supino. Sin embargo, los valores de la FC fueron significativamente más altos durante el ejercicio vertical por encima del nivel del corazón. La compensación entre la FC y el VS permite el mantenimiento del GC.

Se encontró que el volumen sistólico era más alto en la posición supina que en las dos posiciones del cuerpo vertical. Al ejercitarse en decúbito supino hay menos acumulación de sangre en las extremidades inferiores y un mayor retorno venoso al corazón a través de la vena cava inferior. Este mayor retorno venoso da como resultado un mayor VDF y una mayor precarga del corazón (13). De acuerdo con el Principio de Frank-Starling, un aumento en la precarga del corazón producirá posteriormente un aumento del estiramiento del tejido del miocardio. Un mayor estiramiento del miocardio conduce a una mayor fuerza de contracción y, por lo tanto, a un mayor VS. Este mecanismo también podría explicar las diferencias observadas en el VS entre las dos posiciones verticales (3,4,12,15).

Hacer ejercicio en la posición vertical por encima del nivel del corazón produjo valores de VS significativamente mayores que los obtenidos durante el ejercicio en la posición vertical del nivel del corazón. Estos hallazgos se pueden atribuir a la disminución de la acumulación de sangre en las extremidades superiores mientras se ejercita por encima del nivel del corazón. Como resultado, se devuelve más sangre al corazón produciendo un mayor retorno venoso. Una vez más, un aumento en el retorno venoso produce un mayor VDF, una mayor contractilidad del ventrículo izquierdo y, por lo tanto, un VS aumentado. Los cambios en el VS pueden ayudar a explicar las diferencias encontradas en la FC entre las diferentes posiciones corporales.

Mientras se ejercitaba en posición supina, la FC era significativamente más baja que cuando se ejercitaba en ambas posiciones verticales. Esto se puede explicar por la relación entre GC, VS y FC. A medida que la demanda metabólica de los músculos que trabajan aumenta con el ejercicio, el GC también debe aumentar para suministrar a los músculos activos una cantidad adecuada de oxígeno de la sangre arterial para satisfacer esa demanda. El gasto cardíaco es el producto de la FC y el VS. Por lo tanto, cualquier aumento en el GC debe ser provocado por un aumento en la FC, el VS o ambos. Debido a que el VS fue significativamente más alto en la posición supina en comparación con ambas posiciones verticales, la FC debe elevarse en menor grado para mantener un GC adecuado en posición supina (3,12,15,16).

El ejercicio realizado en la posición vertical al nivel del corazón produjo valores de FC similares a los de un ejercicio por encima del nivel del corazón. Hubo una necesidad de un mayor GC en la posición vertical por encima del nivel del corazón

que en la posición vertical al nivel del corazón. Esto se logró mediante el aumento del VS mientras se ejercitaba por encima del corazón, que era lo suficientemente grande como para mantener un GC adecuado que era necesario para suministrar a los músculos activos. Como resultado, no fue necesario ningún aumento adicional en la FC en posición vertical por encima del nivel del corazón.

Aunque las diferencias no fueron significativas, la PAS fue más alta mientras se ejercitaba en posición vertical al nivel del corazón. La presión arterial diastólica fue significativamente mayor en la posición del cuerpo vertical al nivel del corazón en comparación con la posición supina. Se encontraron valores similares de PAD entre la posición del cuerpo supina y la posición vertical por encima del nivel del corazón y también entre las dos posiciones verticales (11, 12, 16, 17).

Los valores más altos de presión arterial (tanto sistólica como diastólica) durante el ejercicio vertical a nivel del corazón se pueden atribuir al ejercicio elegido para esta posición. Durante el curl de bíceps sentado, la contracción del músculo bíceps aumenta la presión mecánica dentro de la arteria braquial (9). Dado que las mediciones de la presión arterial se tomaron en la arteria braquial, se cree que esto afectó tanto a los valores de la PAS como a los de la PAD. Esto es especialmente cierto debido al hecho de que las mediciones de presión se tomaron inmediatamente después de completar las series de ejercicios.

CONCLUSIONES

Realizar ejercicios de fuerza en varias posiciones corporales alteró la respuesta CV al ejercicio. Estas diferencias observadas se pueden atribuir a la relación entre el GC, el VS y la FC. En general, el GC y el VS fueron más altos mientras se ejercitaba en posición supina y en posición vertical por encima del nivel del corazón. La frecuencia cardíaca fue mayor mientras se ejercitaba en la posición vertical. La presión arterial sistólica fue similar entre las tres posiciones del cuerpo, y la PAD fue más alta en la posición vertical al nivel del corazón.

Las implicaciones prácticas de esta investigación son que el entrenamiento de la fuerza en diferentes posiciones puede afectar la forma en que algunas personas toleran el entrenamiento de la fuerza. Los pacientes con deterioro de la función del ventrículo izquierdo pueden tener dificultades para tolerar la precarga mejorada en el corazón que ocurre durante el ejercicio en decúbito supino. Además, aquellos que sufren de cardiopatía isquémica pueden alcanzar su umbral isquémico de forma precoz durante el ejercicio en posición vertical. Por lo tanto, los profesionales de la fisiología del ejercicio deben tener precaución cuando prescriben ejercicio para personas con enfermedad cardíaca y educar a los pacientes con respecto a su tolerancia al ejercicio mientras se encuentran en diferentes posiciones.

Nuestros hallazgos son similares a los informados en investigaciones previas (12,16). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la mayoría de las investigaciones previas realizadas se han llevado a cabo utilizando cicloergómetros. Hay investigación muy limitada que ha estudiado las diferencias CV durante el ejercicio de fuerza en diferentes posiciones corporales. Se requieren más investigaciones sobre el ejercicio de la fuerza en varias posiciones corporales y deben enfocarse en diferentes poblaciones, ejercicios e intensidades.

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer a todos los sujetos por su participación en esta investigación. Esta investigación fue apoyada por una Escuela de Graduados de la Universidad de Bloomsburg Graduate Thesis Award (TS).

Dirección de correo: Joseph L. Andreacci, PhD, Department of Exercise Science, Bloomsburg University, Bloomsburg, PA, USA 17815. Email: jandreac@bloomu.edu

REFERENCIAS

1. American College of Sports Medicine. (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. *(9th Edition). Philadelphia, PA: Lippincott, Williams and Wilkins.*

2. Battazza RA, Martins das Neves F, Evangelista AL, Bocalini DS, Figueira AJ, Ribeiro HQ, Marocolo M, Fabiana Costa E, Ribeiro da Mota G, Moreno MA, Lopes CR. (2014). Acute hemodynamic responses in resistance exercise: Effect of number of sets. *J Exerc Physiol. 2014;17:53-59.*
3. Bevegard S, Freyschuss U, Strandell T. (1966). Circulatory adaptation to arm and leg exercise in supine and sitting position. *J Appl Physiol. 1966;21:37-46.*
4. Bevegard S, Holmgren A, Jonsson B. (1963). Circulatory studies in well trained athletes at rest and during heavy exercise, with special reference to stroke volume and the influence of body position. *Acta Physiol Scand. 1963;57:26-50*
5. Bhambhani YN. (1995). Prediction of stroke volume during upper and lower body exercise in men and women. *Arch Phys Med Rehabil. 1995;76:713-718.*
6. Borg G. (1998). Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. *Champaign, IL: Human Kinetics.*
7. D'Assuncao W, Daltro M, Simao R, Polito M, Monteiro W. (2007). Acute cardiovascular responses in strength training conducted in exercises for large and small muscle groups. *Rev Bras Med Esporte. 2007;13:103e-106e.*
8. Elstad M, Nadland I, Toska K, Walloe L. (2009). Stroke volume decreases during mild dynamic and static exercise in supine humans. *Acta Physiol Scand. 2009;195:289-300.*
9. MacDougall J, Tuxen D, Sale D, Moroz J, Sutton J. (1985). Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J Appl Physiol. 1985;58:785-790.*
10. National Strength and Conditioning Association. (2000). Essentials of Strength Training and Conditioning. *(2nd Edition). Champaign, IL: Human Kinetics.*
11. Pederson JM, Andersen TB. (2013). Physiological response to static muscle contractions in standing and supine positions. *J Exer Physiol. 2013;16:24-31.*
12. Poliner L, Dehmer G, Lewis S, Parkey R, Blomqvist C, Willerson J. (1980). Left ventricular performance in normal subjects: A comparison of the responses to exercise in the upright and supine positions. *Circ. 1980;62:528-534.*
13. Rowland T, Potts J, Potts T, Sandor G, Goff D, Ferrone L. (2000). Cardiac responses to progressive exercise in normal children: A synthesis. *Med Sci Sports Exerc. 2000; 32:253-259.*
14. Steele J, Fisher J, McGruff D, Bruce-Low S, Smith D. (2012). Resistance training to momentary muscular failure improves cardiovascular fitness in humans: A review of acute physiological responses and chronic physiological adaptations. *J Exerc Physiol. 2012;15:53-80.*
15. Stenberg J, Astrand PO, Ekblom B, Royce J, Saltin B. (1967). Hemodynamic response to work with different muscle groups, sitting and supine. *J Appl Physiol. 1967;22:61-70.*
16. Thadani U, Parker JO. (1978). Hemodynamics at rest and during supine and sitting bicycle exercise in normal subjects. *Am J Caridol. 1978;41:52-59.*
17. Wilborn C, Greenwood M, Wyatt F, Bowden R, Grose D. (2004). The effects of exercise intensity and body position on cardiovascular variable during resistance exercise. *J Exerc Physiol. 2004;7:29-36.*

Cita Original

Sheehan TP, McConnell TR, Andreacci, JL. Impacto del Ejercicio de Fuerza en la Dinámica Cardiovascular. JEPonline 2018;21(1):122-132.