

Efecto agudo del orden de ejecución de ejercicios contra resistencia sobre la presión arterial en jóvenes estudiantes normotensos

Acute effect of the order of execution of resistance exercises on blood pressure in normotensive young students

Engell Quesada Valle, Andrea Solera Herrera
Universidad de Costa Rica

Resumen. Objetivo: El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto del orden de ejecución de ejercicios contra resistencia (CR) sobre la presión arterial (PA) en reposo de jóvenes estudiantes normotensos. Método: Para el estudio se contó con la participación de 14 hombres sanos, familiarizados con el ejercicio de contra resistencia con edad promedio de 23.3 ± 1.4 años. Las condiciones experimentales fueron realizadas en orden aleatorizado, en diferentes días de trabajo y consistieron en: (1) iniciar el ejercicio CR con grupo muscular grande y terminar con pequeños (G-Peq), (2) iniciar con grupos musculares pequeño y finalizar con grandes (P-Gde) y (3), condición control. La rutina de ejercicio constó de ocho ejercicios los cuales se trabajaron al 60% de 1 repetición máxima (RM), se realizaron 3 series de 10 repeticiones para cada ejercicio, las mediciones de presiones arteriales se tomaron antes del ejercicio, al terminar el ejercicio y cada 10 minutos luego de terminar la rutina durante 1 hora. Resultados: En la PA sistólica se encontraron disminuciones importantes durante 30 min tanto de la condición G-Peq como de la P-Gde en comparación con el grupo control ($p < 0.001$), no obstante, la magnitud de la disminución fue mayor posterior a G-Peq (6-11 mm Hg) en comparación con P-Gde (4-10 mm Hg). Para la PA diastólica no se encontró interacción significativa ($p=0.39$). Conclusión. Existe efecto hipotensor posterior a ambas rutinas, sin embargo, se observó una disminución mayor de la PA sistólica al finalizar la rutina con grupos musculares grandes.

Palabras claves: presión arterial, efecto hipotensor, ejercicio contra resistencia.

Abstract. Objective: The aim of this study was to determine the effect of the order of execution of resistance training exercises (RT) on blood pressure (BP) in normotensive young students at rest. Method: 14 healthy men (mean age of 23.3 ± 1.4 years) who were familiar with resistance training participated in this study. The order of participation for the experimental conditions was randomized; the different conditions consisted in: (1) RT starting with large muscles groups and finishing with small ones (L-S), (2) RT starting with small muscles groups and ending with large ones (S-L) and (3) the control condition. RT routine consisted of eight exercises with intensity of 60% of one repetition maximum (RM). The participants performed 3 sets of 10 repetitions for each exercise. Blood pressure measurements were taken before exercise, at the end of the year, and every 10 minutes after finishing the routine for 1 hour. Results: systolic BP reduction was found for 30 min both in L-S and S-L compared with the control group ($p < 0.001$), although the magnitude of the decrease was higher after L-S (6-11 mmHg) compared with S-L (4-10 mmHg). For diastolic BP no significant interaction was found ($p=0.39$). Conclusion There exists a hypotensive effect after both routines; however, there was a greater decrease of systolic BP at the end of the routine with large muscle groups.

Keywords: blood pressure, hypotensive effect, resistance training.

Introducción

La hipertensión arterial (HTA) es una enfermedad crónica que se caracteriza por la elevación mantenida de la presión arterial sistólica (PAs) mayor a 140 mm Hg y/o presión arterial diastólica (PA_d) mayor a 90 mm Hg (Arsa, Santos, Rodríguez & Braga, 2006). Se estima que aproximadamente 1.000 millones de personas (26.4% de la población mundial) poseen HTA y que esta enfermedad afecta a un 25% de los adultos mayores de 18 años en la población estadounidense. En Costa Rica, se estima que la prevalencia de la hipertensión es del 37,8%, de los cuales el 31,5% se encuentra diagnosticada y 6,3% no diagnosticada, lo anterior se traduce en que 4 de cada 10 personas de 20 años son hipertensos en este país, esto según Trejos (2014). Por otro lado, es importante indicar que este padecimiento es considerado como uno de los principales factores de riesgo para desarrollar enfermedad arterial coronaria, accidente cerebrovascular, insuficiencia cardíaca, enfermedad arterial periférica e insuficiencia renal crónica (Simão, Serra, Albuquerque, Rebelo & Mello, 2007; Prat, 2006).

Tomando en cuenta la relevancia de esta patología y el impacto que tiene sobre la sociedad actual, se ha hecho necesario la invención y prescripción de un elevado número de fármacos antihipertensivos con el objetivo de atenuar los síntomas de esta enfermedad; sin embargo, el control de la HTA sigue siendo muy bajo en el mundo; no supera, en la mayoría de los casos, un 40% de los pacientes tratados, a pesar de que el 75% recibe por lo menos tres medicamentos antihipertensivos, generando uno de los más altos costos de atención en salud pública. En Costa Rica, la HTA es la enfermedad con el costo más alto en consulta externa. Durante el año 2004 se gastaron aproximadamente ¢12.000 millones de colones (alrededor de 22 millones de dólares), en el tratamiento de la HTA y para el 2005 este monto aumentó a ¢ 13.600

millones de colones (alrededor de 25 millones de dólares) (Fuchs, 2005).

A nivel cardiovascular la poca actividad física está relacionada directamente a esta enfermedad. Diversos autores como Salinas, Cocca, Mohamed & Viciano (2010) e incluso instituciones importantes como la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE) (Del Valle, Manonelles, Galván, Bonafonte, Fernández & Gaztañaga, 2015) y el American College of Sports Medicine (ACSM) (Pescatello, Franklin, Fagard, Farquhar, Kelley G & Ray, 2004), recomiendan que, para reducir la HTA se deben realizar cambios importantes en el estilo de vida que incluyan una mejor alimentación, mayor actividad física diaria dirigida a la reducción de peso corporal y continuar con el tratamiento farmacológico controlado. De esta forma se infiere que el ejercicio físico es una herramienta efectiva para lograr efectos benéficos, especialmente en la reducción de la HTA (Oviedo, Niño, Bellomío, González, & Guerra, 2015; Muntaner, Palou, & Vidal, 2016) sin embargo, es importante poder evaluar las respuestas cardiovasculares asociadas a un programa de ejercicio determinado, pudiendo así manipular variables como intensidad, frecuencia, volumen y tipo de ejercicio. Autores como Del Valle et al. (2015), indican que el ejercicio de fuerza, dinámico o isométrico, debe trabajarse como actividad complementaria al trabajo aeróbico, con cargas que no superen el 50-70% de 1RM.

El objetivo de este tipo de estudios es determinar la forma en que se debe realizar la práctica del ejercicio físico, optimizando así sus potenciales beneficios. El ejercicio contra resistencia ha mostrado de forma aguda resultados prometedores para reducir la HTA, a través de una disminución de la PAs y la PA_d de hasta 9 y 5 mm Hg, respectivamente (Anunciação, Poton & Szytko, 2012), y de entre 2 y 4 mm Hg al realizar este tipo de ejercicio de forma rutinaria o crónica (Kelley & Kelley, 2000).

Como se mencionó anteriormente, es importante manipular distintas variables que componen una rutina específica de un programa de ejercicios contra resistencia. Así, Anunciação, Casonatto & Polito (2011), estudiaron la intensidad óptima relativa a una repetición máxima o 1RM (i.e., 40% 1RM, 60% 1RM y 80% 1RM), y no encontraron diferencias estadísticamente significativas siempre y cuando las cargas

estuvieran equiparadas. Por su parte, Battagin, Dal Corso, Rondon, Ferreira, Agnes, De Souza, & Malaguti (2010), investigaron el efecto agudo del ejercicio contra resistencia de manera progresiva en diferentes segmentos corporales sobre la presión arterial (PA) de pacientes con HTA. Los hallazgos del estudio indicaron que el ejercicio contra resistencia progresivo de diferentes segmentos corporales promueve aumentos modestos en la PAs y parece ser seguro, sin repercusión en la PAD.

Por otro lado, Polito & Farinatti (2009) realizaron un estudio para determinar la respuesta de la PA luego de realizar ejercicio contra resistencia utilizando masas musculares diferentes. Para el estudio, sometieron a entrenamiento el bíceps braquial (músculo pequeño) y los cuádriceps femorales (músculo grande). El protocolo además incluyó 2 volúmenes de entrenamiento diferente (6-10 series) con lo que encontraron que existen mayores disminuciones de la presión arterial cuando se ejercitan un músculo grande con mayor cantidad de volumen de trabajo. Sin embargo, esa investigación toma en cuenta solamente dos músculos, lo cual reduce su validez para aplicarlo en otras situaciones que se asemejen más a lo que realizan las personas en los centros de musculación.

En este contexto, lo que la presente investigación pretende determinar es el efecto del orden de ejecución de ejercicios contra resistencia sobre la PA en reposo de jóvenes estudiantes normotensos a través de una rutina específica de 8 ejercicios; 4 para grandes grupos musculares y 4 para pequeños grupos musculares.

Metodología

Participantes

Se contó con la participación de 14 voluntarios masculinos, normotensos y sanos, todos estudiantes de la Escuela de Educación Física y Deportes de la Universidad de Costa Rica. Los participantes reportaron ser físicamente activos y estaban familiarizados con el ejercicio contra resistencia. La edad, peso, estatura, porcentaje de grasa corporal e índice de masa corporal (IMC) promedio de los participantes fue de 23.3 ± 1.4 años, 75.2 ± 9 kg, 176.5 ± 7 cm, $20 \pm 4\%$ de grasa, y 23.5 ± 2 kg/m², respectivamente.

Se establecieron los siguientes criterios de inclusión para poder participar en el estudio: a) ser normotenso, con el objetivo de evitar una influencia de algún medicamento antihipertensivo en los resultados; b) sexo masculino, ya que en las mujeres no se sabe con exactitud el efecto que podría tener el ciclo menstrual sobre la hipotensión post ejercicio; c) ser físicamente activos, es decir, que practicaran ejercicio de contra resistencia de manera rutinaria, con el fin de que la persona estuviera familiarizada con la realización de ejercicio y pudiera completar la sesión planificada de acuerdo a la intensidad de trabajo; d) no ser fumadores, con el objetivo de evitar un posible efecto de la nicotina sobre la PA.

Instrumentos de medición

Para medir la PA se utilizó un monitor automático para el antebrazo marca Omron modelo BP785 (Omron Healthcare, Inc., Bannockburn, IL, USA), cuyo grado de precisión en la lectura es de ± 3 mmHg. Se utilizó un reloj marca Polar modelo FT4 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia), con una precisión de la medición de la frecuencia cardíaca de ± 1 latido por minuto. Para la realización del programa de ejercicios contra resistencia, se utilizaron máquinas biomecánicas marca CYBEX (Cybex International, Inc., Medway, MA, USA) y Matrix (Matrix Fitness, Cottage Grove, WI, USA); esta última sólo se utilizó para el ejercicio de extensión de pierna. En cuanto a la condición control se usó un video documental llamado Misterios del Universo con Morgan Freeman: ¿Estamos solos? (Discovery), el cual fue el mismo para todos los participantes, con el objetivo de convertir esta variable en una constante, y además permitiera mantenerlos entretenidos durante los 60 min que tardó la condición control.

Procedimientos

En la primera semana, se contactó a los sujetos que querían partici-

par en el estudio, seguidamente se les citó a la semana siguiente para explicarles con detenimiento el propósito del estudio y realizar mediciones antropométricas y de la PA en reposo para conocer el comportamiento de la misma en cada sujeto. De igual manera, se les dio una cita para realizar la prueba de 1RM para cada ejercicio de la rutina del estudio teniendo en cuenta que la intensidad de la rutina de entrenamiento propuesta fue del 60% de 1RM (Anunciação, Casonatto, & Polito, 2011), ya que representa una carga factible para trabajar con esta población y utilizando el protocolo para 1RM del ACSM (2014)

La semana siguiente se realizaron las mediciones de 1RM y se determinó la carga con la cual iban a ejercitarse. Al tener todas las rutinas establecidas para cada sujeto se procedió a rifar por tómbola el orden de sesiones o condiciones en que iban a realizar el ejercicio de la siguiente manera: a) condición 1: iniciar el entrenamiento con grandes grupos musculares y terminar con pequeños grupos musculares (G-Peq); b) condición 2: iniciar el entrenamiento con pequeños grupos musculares y terminar con grandes grupos musculares (P-Gde); y c) condición 3: observar el video en posición sentado.

De esta manera, el participante llegaba a la sala de pesas, reposaba sentado 5 min, luego se medía la PA pre ejercicio. Posteriormente, se colocaba el monitor de frecuencia cardíaca (FC) y se calentaba en bicicleta estacionaria durante 5 min a un 60% FC máxima (obtenida mediante la fórmula de 220-edad). Al terminar el calentamiento, se continuaba con la condición (1, 2 o 3) según le correspondía ese día. Los ejercicios realizados fueron seleccionados para satisfacer la categoría de pequeños (i.e., press militar, extensión de codo con polea en máquina, flexión de codo con polea, elevación de talones) o grandes (i.e., remo, extensión de rodilla máquina, flexión de rodilla, press pierna) grupos musculares.

Inmediatamente al terminar la rutina, a cada participante se le midió la PA post ejercicio y seguidamente se mantuvo sentado durante los siguientes 60 min, dentro de los cuales se le volvió a medir la PA cada 10 min. Este protocolo fue utilizado con todos los participantes bajo las mismas condiciones (Tabla 1). Cabe mencionar que cada sujeto fue medido en 3 días no consecutivos con el propósito de proporcionar un descanso mínimo de 48 h. Además, las mediciones de la PA de cada día se realizaron a la misma hora para cada participante.

Tabla 1.
Protocolo utilizado para la medición de la presión arterial en cada una de las condiciones experimentales.

G-Peq	Reposo 5'	PApre	Sesión de entrenamiento	PApost	10'	20'	30'	40'	50'	60'
P-Gde	Reposo 5'	PApre	Sesión de entrenamiento	PApost	10'	20'	30'	40'	50'	60'
Control	Reposo 5'	PApre	Video (control)	PApost	10'	20'	30'	40'	50'	60'

Nota: G-Peq: rutina grupo muscular grande-pequeño; P-Gde: rutina grupo muscular pequeño-grande; Control: condición control; PA pre: Presión arterial pre ejercicio; PApost: presión arterial post ejercicio.

Análisis estadístico

Para la estadística descriptiva se obtuvieron promedios y desviaciones estándar ($M \pm DE$). Seguidamente, se procedió a calcular la estadística inferencial, que consistió en determinar el efecto agudo de las diferentes condiciones sobre la PA, utilizando dos pruebas de ANOVA de 2 vías con medidas repetidas en ambos factores (3 condiciones x 8 mediciones), para las variables dependientes PAs, PAD y PA media (PAm) en mm Hg ($PAm = PAD + 1/3 (PAs-PAD)$) (Poletti & Barrios, 2007). Además, se calcularon los análisis post-hoc de Tukey en los casos donde se encontraron interacciones significativas. Los análisis fueron realizados con el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA) versión 15.0. La significancia estadística se estableció a priori en $p < 0.05$.

Resultados

En la tabla 2 se muestran los promedios y desviaciones estándar de la PA de acuerdo a la condición de ejercicio realizada. En el estado de reposo antes de cada sesión, la PA no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre cada condición ($p > 0.05$), lo que indica que los sujetos iniciaron las 3 sesiones con valores de PA similares.

Tabla 2. Estadística descriptiva de la presión arterial según la condición y momento de medición (n = 14).

Condiciones Experimentales	Mediciones de presión arterial							
	Pre	Post (0 min)	+10 min	+20 min	+30 min	+40 min	+50 min	+60 min
G-Pequeño								
PAs (mmHg)	117.2 ± 6.2	125.2 ± 8.2	107.2 ± 4.9	106.0 ± 6.6	106.9 ± 5.1	111.2 ± 6.2	107.5 ± 5.6	110.1 ± 4.2
PAd (mmHg)	68.1 ± 6.2	68.9 ± 8.2	61.7 ± 4.9	62.0 ± 6.6	61.6 ± 5.1	64.2 ± 6.2	65.2 ± 5.6	67.2 ± 4.2
PAm (mmHg)	84.2 ± 6.4	87.0 ± 7.6	77.1 ± 4.3	76.7 ± 6.5	77.7 ± 6.7	79.5 ± 6.7	78.9 ± 6.2	81.3 ± 5.6
P-Grande								
PAs (mmHg)	115.3 ± 9.4	127.4 ± 9.4	111.1 ± 8.3	106.0 ± 12.1	103.7 ± 8.0	110.3 ± 10.1	105.3 ± 8.8	111.2 ± 12.3
PAd (mmHg)	66.6 ± 6.3	70.2 ± 6.2	61.2 ± 6.4	62.0 ± 4.6	62.6 ± 5.8	67.3 ± 7.3	66.0 ± 7.2	66.5 ± 6.5
PAm (mmHg)	83.4 ± 7.1	87.7 ± 6.5	78.0 ± 5.4	76.7 ± 5.9	76.8 ± 6.1	81.3 ± 8.0	79.1 ± 7.3	81.5 ± 8.3
Control								
PAs (mmHg)	111.5 ± 12.4	114.3 ± 10.0	111.2 ± 11.1	111.9 ± 6.5	111.2 ± 11.5	112.2 ± 10.3	111.2 ± 11.1	114.2 ± 9.0
PAd (mmHg)	67.2 ± 7.2	70.0 ± 6.7	65.4 ± 7.5	65.0 ± 6.1	65.9 ± 6.6	66.9 ± 6.1	67.2 ± 4.1	69.0 ± 6.4
PAm (mmHg)	81.7 ± 8.1	84.4 ± 6.8	80.5 ± 7.9	80.4 ± 5.3	80.7 ± 7.5	81.7 ± 6.6	81.5 ± 5.4	84.0 ± 6.5

Nota: G-Pequeño: rutina grupo muscular grande-pequeño; P-Grande: rutina grupo muscular pequeño-grande; Control: condición control; PAs: presión arterial sistólica; PAd: presión arterial diastólica; PAm: presión arterial media.

Tabla 3. Tabla resumen de ANOVA.

Variable	Fuente de varianza	F =	p =
PAs	Condiciones	0.245	0.784
	Mediciones	29.389	0.001
	Condiciones x Mediciones	6.346	0.001
PAd	Condiciones	2.768	0.081
	Mediciones	9.511	0.001
	Condiciones x Mediciones	1.071	0.387
PAm	Condiciones	1.357	0.275
	Mediciones	14.479	0.001
	Condiciones x Mediciones	2.115	0.013

Simbología: PAs: presión arterial sistólica, PAd: presión arterial diastólica, PAm: presión arterial media.

La prueba de ANOVA mostró interacciones significativas entre las condiciones experimentales y las mediciones ($p < 0.001$) en la PAs (Tabla 3). Al realizar la sesión de entrenamiento iniciando con grupos musculares grande y luego pequeño ($p < 0.05$), entre la medición antes del ejercicio (PA pre) y la medición posterior al ejercicio (PE) expresando una PAs menor en la medición PA post (PA pre: 117 ± 6.2 mmHg, PE: 106 ± 5.1 mmHg), representando esto una disminución de 11 ± 1.1 mmHg. Ahora bien, esta reducción de la PA se mantiene hasta los 30 min posteriores a la finalización de la rutina de ejercicios contra resistencia de grupo muscular grande a pequeño (Figura 1).

Por otro lado, al realizar ejercicio contra resistencia iniciando con grupo muscular pequeño y terminando con grupo muscular grande se observó una disminución significativa en la PAs ($p < 0.01$) en compara-

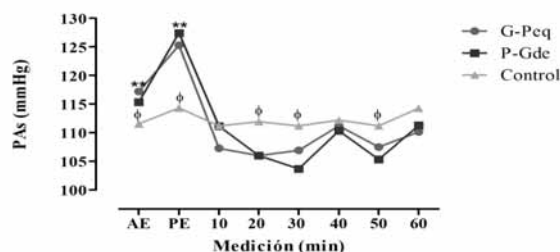


Figura 1. Presión arterial sistólica antes del ejercicio, posterior al ejercicio y promedio de cada 10 min después de terminada la sesión, en las 3 condiciones experimentales (n = 14)

Nota: G-Pequeño: condición Grande-Pequeño; P-Grande: condición Pequeño-Grande; AE: antes del ejercicio; PE: posterior al ejercicio.

? valores de la condición control estadísticamente diferente de los valores de las condiciones de ejercicio.

** Valores de las condiciones de ejercicio antes y después del ejercicio, fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) de los valores a partir de los 10 min.

ción con todos los demás momentos de medición excepto con post ejercicio (PA post). En promedio, la PAs disminuyó 7.3 mmHg. El grupo control se mantuvo estable, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones.

No se encontró una interacción significativa entre las tres condiciones experimentales y las mediciones en los valores de la PAd. Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas al inicio de la sesión, lo cual indica que los sujetos comenzaron las 3 condiciones en estados similares de PAd (Figura 2); además el análisis de efectos simples indica que indistintamente de la condición, la PAd se eleva significativamente debido a los diferentes tratamientos, y luego disminuye durante 30 min, para volver a los valores iniciales a partir de los 40 min.

En cuanto a la PAm, se encontró una interacción significativa ($p < 0.01$) entre las condiciones experimentales y las mediciones. El análisis de efectos simples indicó que no existen diferencias significati-

vas entre las condiciones antes del ejercicio. Esta semejanza se mantiene hasta los 10 min posteriores a la finalización del ejercicio (Figura 3). De igual forma se muestran reducciones importantes de la PAm alrededor de los 30 min posteriores a la finalización del ejercicio, para luego mostrar valores similares a los valores de la PA antes de iniciar el ejercicio. Es importante indicar que al analizar las PA de cada momento del tiempo, dentro de cada condición se reveló que existe aumento significativo de la PAm ($p \hat{A} 0.05$) posterior a la condición control.

Discusión

Los resultados de la presente investigación indican que existe una disminución importante de la PA al realizar ambas rutinas de ejercicio, ya sea empezar trabajando grupos musculares grandes y terminar con pequeños o bien iniciar ejercitando grupos musculares pequeños para luego finalizar con grupos musculares grandes. Este hallazgo concuerda con lo encontrado por Cornelissen & Smart (2013), quienes indican en su meta análisis que el ejercicio contra resistencia logra reducir

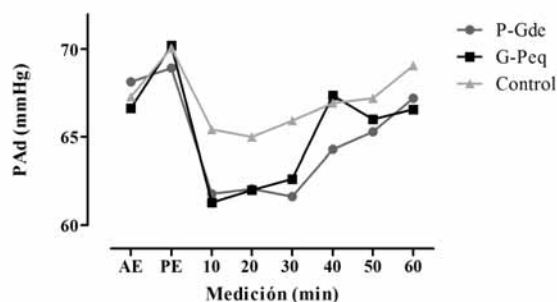


Figura 2. Presión arterial diastólica antes del ejercicio, posterior al ejercicio y promedio de cada 10 min después de terminada la sesión, en las 3 condiciones experimentales (n = 14).

Nota: G-Pequeño: condición Grande-Pequeño; P-Grande: condición Pequeño-Grande; AE: antes del ejercicio; PE: posterior al ejercicio.

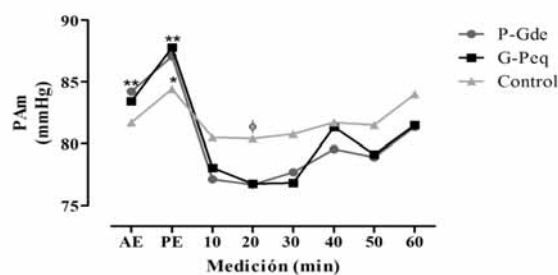


Figura 3. Presión arterial media antes del ejercicio, posterior al ejercicio y promedio de cada 10 min después de terminada la sesión, en las 3 condiciones experimentales (n = 14).

Nota: G-Pequeño: condición Grande-Pequeño; P-Grande: condición Pequeño-Grande; AE: antes del ejercicio; PE: posterior al ejercicio.

** Valores de las condiciones de ejercicio antes y después del ejercicio, fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$), que los valores a partir de los 10 min

* Valor de la PAm post condición es significativamente diferentes de los otros valores dentro de la condición

los valores de PA. De igual manera, los hallazgos del presente estudio coinciden con lo expuesto en el meta análisis realizado por Carpio, Moncada, Salazar & Solera (2016), quienes revisaron el efecto agudo de ejercicio sobre la PA y reportaron que existe un efecto hipotensor provocado por el ejercicio. Ahora bien, el efecto hipotensor es un mecanismo fisiológico que demuestra la relación que puede tener la ejecución de ejercicio físico y la hipotensión arterial, ya que posterior al ejercicio ocurre una disminución del volumen sistólico (dado por la depreciación del volumen diastólico final), lo que genera una disminución del retorno venoso y reducción de volumen de sangre posterior a la sesión de entrenamiento, disminuyendo por tanto el gasto cardiaco, lo que a su vez permite la disminución de la PA (Brandao, Alves, Braga, Teixeira, Barreto, Krieger, & Negro, 2002).

En el presente estudio, el efecto hipotensor mostró ser significativo para la PAs como se observa en la tabla 3, manteniendo una tendencia importante al realizar la rutina de grupo muscular pequeño-grande. Esto concuerda con los hallazgos de Cornelissen & Smart (2013), quienes indican que al trabajar grupos musculares grandes como lo son las piernas se obtiene mayor efecto hipotensor. En contra posición a esto, MacDonald, MacDougall & Hogben (2000), indican que no existe diferencia, ya que la masa muscular que trabaja no afecta directamente la magnitud del efecto hipotensor, pero puede influir en la duración de la respuesta. Esto lo demostraron al realizar ejercicio en un ergómetro para brazos durante 30 min y un ergómetro para pierna durante el mismo tiempo a intensidades similares y midiendo la PA antes, post y 50 min posteriores a la finalización del ejercicio.

En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas entre las dos condiciones experimentales, aunque como se mencionó anteriormente, existe una tendencia a la disminución cuando se termina con músculos grandes, lo cual es similar a lo encontrado por Polito & Farinatti (2009), quienes evaluaron el efecto del ejercicio sobre la PA al realizar flexiones y extensiones de pierna tanto en 6 series como en 10 series. Los investigadores indican que se observa una disminución de la PAs al realizar extensión de rodilla con 10 series. Este hallazgo se explicaría por la producción de sustancias vasodilatadoras como el óxido nítrico. Mediano, Paravidino, Simão, Pontes, & Polito, (2005), afirman que cuanto mayor sea el número de conjuntos desarrollados para un grupo de músculos, más fuerte debe ser la acción del flujo de sangre sobre la región endotelial de los grupos musculares, con lo que se explica el efecto logrado en nuestro estudio ya que la rutina constaba de cuatro ejercicios de piernas.

La disminución de la PAs y PAD se mantuvo por debajo de los valores iniciales de cada sujeto durante los primeros 30 min posteriores al ejercicio, para luego volver a sus valores normales. Este hallazgo concuerda con lo encontrado por Gamboa & Solera (2014), quienes evaluaron el efecto hipotensor en dos intensidades de ejercicio aeróbico al 70% y al 50% de la frecuencia cardiaca de reserva, reportando esta última intensidad reducciones durante 30 min posteriores al ejercicio.

En este estudio, la PAD no mostró cambios estadísticamente significativos. Este resultado está en consonancia con la literatura porque la mayoría de los estudios que han identificado el efecto hipotensor causado por el ejercicio contra resistencia indican disminuciones más evidentes para la PAs cuando se compara con la PAD (Fisher, 2001; Simão, et al 2007; Rezk, Marrache, Tinucci, Mion, & Forjaz, 2006).

La PA en la condición control mostró valores estables en la mayoría de las mediciones; sin embargo, se notó una leve elevación la PA al finalizar el video mostrado, lo que se podría entender como nivel de estrés aumentado. Se debe recordar que los sujetos permanecieron sentados en reposo durante 47 min, lo que puede representar estrés agudo, lo que repercutiría en la liberación de catecolaminas que pueden elevar los niveles de la PA en personas de cualquier edad (Campo, Reyes, Ortiz, Quintero, & Herrera, 2006).

En conclusión, el presente estudio comprueba el efecto hipotensor al realizar ejercicio contra resistencia sin importar el orden de ejecución de los mismos, además se puede observar una tendencia a la disminución de la PAD al finalizar la rutina con grupos musculares grandes, por lo que lo que se recomienda replicar el estudio personas hipertensas, ya que como se mencionó en apartados anteriores la población utilizada en este estudio fueron normotensos.

Recomendaciones

Para futuros proyectos de investigación en esta línea, se recomienda incluir otros ejercicios en la rutina contra resistencia tanto para músculos grandes como para pequeños. Por otro lado, se podría manipular las variables de intensidad y volumen de ejercicio, así como utilizar otro tratamiento para el grupo control o bien tener más condiciones experimentales.

Conflicto de intereses

Los autores afirman no tener conflicto de intereses.

Agradecimientos

Se agradece al Centro de Investigación del Movimiento Humano de la Universidad de Costa Rica (CIMOHU) y su director al Ph.D José Moncada Jiménez por la colaboración brindada para el presente estudio.

Referencias

- anuniação, P., Poton, R., Szytko, A., & Polito, M. (2012). Cardiovascular Behavior After Resistance Exercise Performed in different work models and volume. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 18(2), 117-121.
- Anuniação, P., Casonatto, J., & Polito, M. (2011). Blood pressure responses and heart rate variability after resistance exercise with different intensities and same workload. *International Sportmed Journal*, 12(2), 53-67.
- Arsa, G., Santos, A., Rodríguez, J., Braga, P., Grubert, C., Simões, H. & Dompietro, L. (2006). Post-exercise hypotension in hypertensive individuals submitted to aerobic exercises of alternated intensities and constant intensity-exercise. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 12(6), 281-284.
- Battagin, A., Dal Corso, S., Rondon, L., Ferreira, S., Agnes, L., De Souza, C. & Malaguti, C. (2010). Pressure Response after Resistance Exercise for Different Body Segments in Hypertensive People. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 95(3), 405-411.
- Brandao, M., Alves, M., Braga, A., Teixeira, O., Barretto, A., Krieger, E. & Negrao, C. (2002). Postexercise Blood Pressure Reduction in Elderly Hypertensive Patients. *Journal of the American College of Cardiology*, 39(4), 676-682.
- Campo, J., Reyes, J., Ortiz, C., Quintero, L. y Herrera, J. (2006). Niveles de la presión arterial y de estrés psicosocial en estudiantes de la Facultad de Salud, Universidad del Valle. Cali, Colombia, 2003-2004. *Colombia Médica*, 37(2), 21-25.
- Carpio-Rivera, E., Moncada-Jiménez, J., Salazar-Rojas, W., Solera-Herrera, A. (2016). Acute Effects of Exercise on Blood Pressure: A Meta-Analytic Investigation. *Sociedade Brasileira de Cardiologia*, 106 (5), 422-433.
- Cornelissen, V. & Smart, N. (2013). Exercise Training for Blood Pressure: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of the American Heart Association*, 2 (1.) 1-8.
- Del Valle, M., Manonelles, P., Galván, C., Bonafonte, L., Fernández, E., & Gaztañaga, T. (2015). Prescripción de ejercicio físico en la prevención y tratamiento de la hipertensión arterial. Documento de Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE). *Archivos de Medicina del Deporte*. 32 (5), 281-312
- Fisher, M. (2001). The effect of resistance exercise on recovery blood pressure in normotensive and borderline hypertensive women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15 (2), 210-216.
- Fuchs, J. (2005). Hipertensión Arterial. *Acta Médica Costarricense*. 47(3).
- Gamboa, M., & Solera, A. (2014). Efecto agudo de dos intensidades de ejercicio aeróbico sobre la presión arterial en reposo de personas normotensas. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 7(3), 101-105.
- Kelley, G. & Kelley, S. (2000). Progressive Resistance Exercise and Resting Blood Pressure: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Hypertension*, 35 (3), 838-843.
- MacDonald, J., MacDougall, J., & Hogben, C. (2000). The effects of exercising muscle mass on post exercise hypotension. *Journal of Human Hypertension*, 14 (5), 317-320.
- Mediano, M., Paravidino, V., Simão, R., Pontes, F. & Polito, M. (2005). Subacute behavior of the blood pressure after power training in controlled hypertensive individuals. *Brazilian journal of sports medicine*, 11(5), 307-309.
- Muntaner, A., Palou, P. & J Vidal, J. (2016). Efectos de un programa de entrenamiento presencial vs prescripción a través de una aplicación móvil en personas mayores. *Retos*, 29, 32-37
- Oviedo, G., Niño, O., Bellomío, C., González, R., & Guerra, M. (2015). Entrenamiento, presión arterial y lípidos en adultos con prehipertensión. *Retos*, 27, 67-72.
- Pescatello, L., Franklin, B., Fagard, R., Farquhar, W., Kelley G., & Ray, C. (2004). American College of Sport Medicine, position stand: Exercise and Hypertension. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36 (3), 533-553.
- Prat, H. (2006). Daño de Órganos Blanco en Hipertensión Arterial. *Centro Cardiovascular, Hospital Clínico Universidad de Chile* 6(2) doi: 10.5867/medwave.2006.02.2489.
- Poletti, O. & Barrios, L. (2007). Obesidad e hipertensión arterial en escolares de la ciudad de Corrientes, Argentina. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 105 (4), 293-298.
- Polito, M. D. & Farinatti, P. T. (2009). The effects of muscle mass and number of sets during resistance exercise on postexercise hypotension. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2351-2357.
- Rezk, C., Marrache, R., Tinucci, T., Mion, J. & Forjaz, C. (2006). Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: Influence of exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 98 (1), 105-112.
- Salinas, F., Cocca, A., Mohamed, K., & Viciania, J. (2010). Physical activity and sedentary lifestyle: Impact on health and quality of life of older people. *Retos*, 17, 126-132.
- Simão, R., Serra, R., Albuquerque, M., Rebelo, P., & Mello, A. (2007). Effect of physical training program developed in space wellness of Cempes/Petrobras on blood pressure in hypertense non-medicated. *Fitness & Performance Journal*, 6(4), 213-219.
- Simão, R., Fleck, S., Polito, M., Monteiro, W., & Farinatti, P. (2005). Effects of resistance training intensity, volume, and session format on the postexercise hypotensive response. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 853-858.
- Trejos, M (2014). Ministerio de Salud Dirección de Vigilancia de la Salud: Análisis de Situación de Salud en Costa Rica. Disponible en: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/vigilancia-de-la-salud/analisis-de-situacion-de-salud/2618-analisis-de-situacion-de-salud-en-costa-rica/file>. Consultado agosto 2016.