



RESPUESTAS CARDIOVASCULARES AL ENTRENAMIENTO DE FUERZA BAJO OCLUSIÓN VASCULAR

Cardiovascular responses to strength training under occlusive training

Sergio Benito Hernández Mail: sergio_behe@hotmail.com
Graduado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, NSCA-CPT, CSCS

Recibido: 16/07/2013
Aceptado: 24/10/2013

Iván Chulvi Medrano Mail: ivanchulvimedrano@gmail.com
Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, NSCA-CPT, CSCS, FNCSA
IVESLAS, Asesores de Movimiento y Salud

Correspondencia:

Iván Chulvi Medrano
Mail: ivanchulvimedrano@gmail.com

Resumen

El entrenamiento de la fuerza bajo oclusión vascular se muestra como una alternativa al entrenamiento de alta intensidad. El presente estudio muestra las respuestas cardiovasculares a este tipo de entrenamiento. 10 sujetos fueron sometidos a dos protocolos de entrenamiento oclusivo diferenciados por el peso levantado, (30% del peso máximo, post30, y 70% del peso máximo, post70). Se registraron los valores de tensión arterial sistólica (TAS), diastólica (TAD) y frecuencia cardiaca (FC). Los resultados evidencian disminución significativa en TAS y TAD en el grupo post30 en 7 y 13 mm Hg respectivamente en referencia a los valores basales ($p < 0.05$), resultando un descenso muy significativo en el grupo post70, 14 y 20 mm Hg respectivamente ($p < 0.005$). Los valores de la FC no se vieron alterados por ninguno de los protocolos experimentales ($p > 0.05$). Los efectos de tamaño para todos los grupos resultaron triviales ($d < 0.25$). En conclusión los resultados del presente estudios presentan una tendencia a la reducción de la tensión arterial significativa en TAS y TAD en los protocolos de entrenamiento oclusivo, resultando más notable cuando se aplica la mayor intensidad de entrenamiento. Resultan necesarios más estudios que examinen el comportamiento de los parámetros cardiovasculares tras el entrenamiento de fuerza bajo oclusión vascular.

Palabras clave: entrenamiento oclusivo, tensión arterial, presión sanguínea, hipotensión diastólica post-esfuerzo, entrenamiento neuromuscular.

Abstract

Occlusive strength training is shown like an alternative to intensive training. Present study shown cardiovascular responses to this training. 10 subjects were subjected to two occlusion training protocols, differentiated by the weight lifted (30 % of maximum weight lifted, *post30*, and 70 % of maximum weight lifted, *post70*). The values of arterial systolic tension (TAS), diastolic (TAD) and heart rate (FC) were recorded. The results showing a significant decline in TAS and TAD after *post30* of 7 and 13 mm Hg respectively from basis values ($p < 0.05$), resulting a very significant decline in *post70* group, 14 and 20 mm Hg respectively ($p > 0.005$). Heart rate (FC) values do not change from the basal value by any protocol ($p > 0.05$). Trivial effect size ($ES < 0.25$) were observed for all groups. In conclusion, results from present study shown a significant reduction in TAS and TAD in occlusive training protocols, resulting in more pronounced when is applied the greatest intensity of training. Further studies are needed to examine the behaviour of cardiovascular parameters after occlusive strength training.

Key words: occlusive training, arterial tension, blood pressure, diastolic post hypotension effort, neuromuscular training.

Introducción

Los beneficios del entrenamiento neuromuscular son ampliamente conocidos (Ratamess et al., 2009; Pollock et al., 2000), tanto para la mejora de la condición física como para la salud. A nivel de condición física, se pueden obtener beneficios sobre la mejora de la fuerza máxima y relativa, sobre el gesto técnico y la prevención de lesiones (Zatsiorsky & Kraemer, 2006). A nivel de salud, además de los beneficios sobre los diversos sistemas biológicos, destaca la atenuación del ritmo de pérdida de fuerza, de potencia y de masa muscular con el envejecimiento (Reid & Fielding, 2012), ante situaciones conocidas como sarcopenia y dinapenia (Clark & Manini, 2008). Adicionalmente, el entrenamiento de fuerza puede ejercer un efecto protector e incluso terapéutico en otras situaciones degenerativas como el caso de la osteoporosis (Colado & Chulvi, 2008). En el conjunto, se puede decir que el entrenamiento de la fuerza, puede colaborar activamente en la capacidad de realizar actividades cotidianas, reduciendo las lesiones por caídas, la dependencia y la discapacidad física (Cruz-Jenfoft et al., 2010).

El ejercicio contra resistencias, es el único estímulo, no farmacológico que permite mantener la estructura y la función del sistema neuromuscular (Cruz-Jenfoft et al., 2010). Diversas instituciones conformadas por investigadores referentes en el campo del entrenamiento han puesto de manifiesto la importancia crucial de diseñar y planificar los programas de entrenamiento contra resistencia manteniendo un patrón progresivo para poder disfrutar de sus múltiples beneficios (ACSM, 2009; Beachle & Earle, 2007). Así, encontramos que el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) recomienda cargas entre el 70-85% 1RM, 8-12 repeticiones para trabajar sobre la masa muscular en sujetos novatos o con poca experiencia y sugiere progresar para sujetos avanzados hacia un rango de cargas es del 70-100% de 1RM, 1-12 repeticiones, 3 a 6 series 1-3 minutos de descanso entre series (ACSM, 2009). Sin embargo, existen condiciones de evolución biológica o situaciones patológicas en las que mantener el principio de progresión puede resultar poco eficaz, contraproducente e incluso podría implicar un riesgo asumible. En este grupo se incluyen personas con limitaciones ortopédicas, patologías y/o lesiones (Chulvi, 2011). Consecuentemente, resulta de vital importancia investigar métodos alternativos, con los que se pueda llevar a cabo el estímulo neuromuscular para mejorar su salud. En este sentido, recientemente se ha sugerido una alternativa basada en el entrenamiento de fuerza con oclusión vascular superimpuesta (Chulvi, 2011), conocido con otros nombres como ejercicio oclusivo o ejercicio con restricción del flujo sanguíneo (Martín-Hernández et al., 2012) o Kaatsu®, que es el nombre comercial del aparato en Japón, país donde se originó (Sato, 2005).

En síntesis, se puede exponer que el entrenamiento con oclusión vascular consiste en la colocación de un manguito de compresión alrededor de la parte proximal de la articulación, que es inflado durante el ejercicio, a una presión mayor que la presión sanguínea sistólica braquial. La presión del brazalete ocluye el retorno venoso y causa que el flujo sanguíneo arterial se vuelva turbulento, causando una reducción en la velocidad de la sangre que se muestra en la zona distal al brazalete (Manini & Clarck, 2009). Los beneficios que se atribuyen a este tipo de entrenamiento son i) aumento de la fuerza, ii) la hipertrofia muscular (Abe et al., 2012; Yasuda et al., 2010; Moore et al., 2004), iii) aumento de la concentración de glucógeno muscular (Burgomaster et al., 2003), iv) respuestas elevadas del sistema endocrino por medio de una elevada concentración de hormonas anabólicas (Yasuda et al., 2010; Loenneke & Pujol, 2009; Suga et al., 2009), v) mayor reclutamiento de fibras tipo II con cargas bajas debido a la reducción de

disponibilidad de oxígeno (Suga et al., 2012; Suga et al., 2010; Loenneke & Pujol, 2009) y vi) escasos cambios en los marcadores sanguíneos de daño muscular valorado con creatina fosfoquinasa (CPK) y mioglobina (Loenneke et al., 2010; Yasuda et al., 2010).

Como cualquier otro entrenamiento, también tiene posibles riesgos asociados a su práctica. El entrenamiento con carga baja más oclusión vascular no mejora la rigidez y las propiedades específicas de los tendones, debido a la carga baja de entrenamiento (Kubo et al., 2006), así mismo, también está asociado a dolor muscular agudo e intenso durante la contracción muscular. Adicionalmente requiere de altos niveles de motivación para entrenar (Wernborn et al., 2009; Wernbom et al., 2006; Ohta et al., 2003; Takarada et al., 2000). No obstante, sobre este respecto, Nakijama et al. (2006) recogieron datos sobre posibles complicaciones que pueden surgir en el entrenamiento con oclusión vascular y destacan las siguientes incidencias: a) hemorragia subcutánea (13,1%), b) entumecimiento temporal (1,3%); c) trombosis venosa (1,3%), d) daño o enfermedad isquémica del corazón (0,016%), e) infarto cerebral (0,008%), f) rabdomiólisis (0,008%); g) embolia pulmonar (0,008%).

Por tanto, concluye, el entrenamiento con oclusión parcial superimpuesta es seguro, conclusión que ha sido corroborada recientemente por el excelente artículo de revisión de Loenneke et al. (2011a). Aunque resulta destacable que Nakajima et al. (2006) aconseja tener cuidado cuando se trata con pacientes con hipertensión y también con aquellos que hayan tenido hemorragias cerebrales así como enfermedades cardíacas. Existen pocos datos que pongan de manifiesto los efectos que este tipo de entrenamiento provoca sobre el sistema cardiovascular, y aunque se ha sugerido que los cambios son similares a los que estimula un entrenamiento tradicional de alta intensidad (Loenneke et al., 2011b), hay una carencia de investigaciones que describan el comportamiento de la variable de tensión arterial ante diferentes condiciones de entrenamiento de fuerza con oclusión vascular parcial superimpuesta. Por esa razón, se plantea la hipótesis inicial que al realizar ejercicio bajo condiciones de oclusión sanguínea, habrá un aumento de la tensión arterial como respuesta al finalizar el entrenamiento, por encima de los valores de un entrenamiento con resistencias convencionales debido a la naturaleza del entrenamiento (ejercicio de fuerza dinámico), el grupo muscular entrenado y la oclusión superimpuesta. De esta manera, el objetivo principal de esta investigación ha sido registrar el comportamiento de las variables cardiovasculares (tensión arterial sistólica, (TAS), tensión arterial diastólica (TAD) y frecuencia cardíaca (FC) durante un programa de entrenamiento de fuerza a baja intensidad (30% de 1RM) e intensidad moderada (70% de 1RM) con oclusión vascular parcial superimpuesta (correspondiente al 130% de la TAS).

Método

Sujetos

Los sujetos que participaron en la investigación fueron 10 sujetos sanos, todos varones ($21 \pm 1,3$ años de edad; $24 \pm 2,1$ índice de masa corporal). Los criterios de exclusión incluyeron, cualquier antecedente de problemas cardíaco, cualquier problema ortopédico que impida la realización correcta del ejercicio. Los criterios de inclusión fueron que el sujeto declarará poseer más de un año de experiencia en el entrenamiento de fuerza y además no presentar ninguna de las condiciones excluyentes anteriormente expuestas. Los valores iniciales de las variables de todos los sujetos aparecen en la tabla 1.

Tabla 1. Valores iniciales de todos los sujetos incluidos en la investigación.

	TAS (mm Hg)	TAD (mm Hg)	FC (Latidos por minuto)	Presión del manguito en mm Hg
<i>Sujeto 1</i>	120	61	68	156
<i>Sujeto 2</i>	130	50	58	169
<i>Sujeto 3</i>	141	72	77	183
<i>Sujeto 4</i>	152	63	68	198
<i>Sujeto 5</i>	134	65	58	174
<i>Sujeto 6</i>	119	71	59	154
<i>Sujeto 7</i>	149	59	54	194
<i>Sujeto 8</i>	128	73	61	166
<i>Sujeto 9</i>	125	38	63	162
<i>Sujeto 10</i>	116	60	47	151

TAS: Tensión arterial sistólica; TAD: Tensión arterial diastólica; FC: Frecuencia cardíaca; mm Hg: milímetros de Mercurio.

Diseño experimental

Previo al protocolo experimental y a la recolección de datos, todos los sujetos fueron informados sobre los riesgos y beneficios del estudio. Así mismo se les administró un consentimiento informado. El proyecto de investigación mantuvo presente la Declaración de Helsinki y fue aprobado por un Comité Ético para estudios con Humanos.

El estudio requirió de 3 sesiones para cada sujeto. En la primera sesión se llevó a cabo una familiarización del sujeto con el entrenamiento neuromuscular con oclusión vascular parcial superimpuesta para el ejercicio *curl* de bíceps unilateral con mancuerna en bipedestación. Dicho ejercicio fue seleccionado porque el objetivo fue medir la respuesta de la tensión arterial braquial, además de conocer que se trata de un ejercicio muy usual en las salas de entrenamiento así como fácil para la aplicación del entrenamiento oclusivo. En la segunda sesión se realizó un test de fuerza máxima. La última sesión incluyó la realización del protocolo experimental 1 (post30) y 2 (post70) a cada sujeto, con 20 minutos de pausa entre los dos protocolos, con el objetivo de minimizar los posibles efectos residuales entre protocolos. El orden de realización de los protocolos experimentales en la última sesión fue aleatorio. Al final del protocolo experimental fueron registradas todas las variables para el estudio.

Protocolo experimental

La sesión experimental estaba compuesta por dos protocolos, post30 (aplicación del 30% de una repetición máxima) y post70 (aplicación del 70% de una repetición máxima) que fueron aplicados en toda la muestra. El orden de experimentación de los protocolos fue aleatorizado, seguidamente, se obtuvieron los valores basales de TAS y TAD, en el brazo derecho, así como la FC. Fue calculado el 30% de la tensión arterial sistólica y sumado a la TAS en reposo, se obtuvo el valor de oclusión, siendo este del 130% de la TAS en reposo, siguiendo las recomendaciones de ensayos anteriores (Suga et al., 2010; 2009; Cook et al., 2007). Fue aplicada una carga correspondiente al 30% de una repetición máxima para el ejercicio de *curl* de bíceps. Ajustadas estas variables e instrumentando el brazo derecho se solicitaba al sujeto la correcta ejecución de 3 series de 30 repeticiones (o hasta fallo muscular), dejando 60 segundos de reposo entre series. Durante el descanso entre series se desinflaba el manguito. Para estandarizar la cadencia de ejecución, se solicitó a los sujetos mantener el ritmo de 2 segundos para la fase excéntrica y 2 segundos para la fase concéntrica, monitorizando en todo momento con un metrónomo digital. Finalizado el procedimiento experimental se volvía a registrar las variables cardiovasculares intentando reducir al máximo el tiempo de medición con el tiempo de liberación de manguito. Para mantener la consistencia en las mediciones, el registro de la tensión arterial se volvió a llevar a cabo en el brazo derecho, y por tanto el que había estado sometido a la oclusión.

Finalizado el primer protocolo experimental, se permitía un descanso de 20 minutos antes de comenzar el segundo protocolo, el cual consistía en realizar con la misma oclusión parcial y el mismo ejercicio, un protocolo de entrenamiento de 3 series hasta el fallo muscular con el 70% de una repetición máxima. Al igual que el protocolo anterior la cadencia de ejecución fue la misma 2:2, siempre monitorizado con un metrónomo. La elección del protocolo de baja intensidad estuvo basada en la producción científica disponible, y la mayoría de estudios que estudian el objeto de nuestra investigación utilizan un protocolo de entre 20-50% de 1 repetición máxima, 3 a 5 series, con un ritmo de ejecución de dos segundos en la fase concéntrica y dos segundos la fase excéntrica y un descanso entre series de 30-60 segundos (Martín-Hernández et al., 2012; Manini & Clark, 2009).

Material

Tensión arterial. La tensión arterial se monitorizó con un tensiómetro automático Omron® aplicado sobre el brazo derecho. Para realizar la medición en condiciones de reposo se solicitó a los sujetos que, no realizaran ejercicio, no ingiriesen alimentos, ni estimulantes en los 30 minutos previos a la medición. Una vez en el laboratorio, los sujetos se tumbaban y permanecían 5 minutos tumbados antes del registro.

Frecuencia cardíaca. La frecuencia cardíaca se controló mediante un cardiotacómetro portátil marca Polar®, modelo FT7 (Kempele, Finlandia). Una vez llegaba el sujeto al laboratorio era instrumentado con el cardiotacómetro y se conectaba para mantener el registro durante todo lo que duraba el estudio, y posteriormente extraer los datos necesarios. Específicamente, se anotó la frecuencia cardíaca registrada inmediatamente al finalizar cada serie de repeticiones de los protocolos experimentales.

Oclusión vascular. La oclusión vascular parcial era aplicada mediante un compresímetro, (Riester Komprimeter, Riester, Jungingen, Germany), de alta precisión en la monitorización de la oclusión. Las dimensiones del manguito fueron 57 de largo cm x 9 de ancho.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se ha llevado a cabo mediante el software informático *Statgraphics Centurion* XV. Se ha aplicado un análisis descriptivo (medias y desviaciones estándar) para todas las variables del estudio. Con el objetivo de constatar la existencia de diferencias significativas entre las condiciones experimentales se ha realizado un análisis de datos paramétrico mediante un Análisis de la Varianza Multifactorial de efectos fijos y factores cruzados (MANOVA). En el caso de detectar diferencias significativas fue aplicado el estudio post hoc LSD Fisher para determinar exactamente que medias son diferentes entre sí. Se estableció un criterio de significación de $p \leq 0.05$. Con el objetivo de normalizar las diferencias entre grupos con una muestra pequeña (<20 sujetos) se aplicó el estudio de tamaño (*effect size*) utilizando el delta de Cohen ($[\text{media post-test} - \text{media pre-test}] / \text{desviación estándar pre-test}$). Para determinar el tamaño del efecto de la intervención se aplicaron los valores para sujetos entrenados publicados por Rhea (2004): efecto trivial $d < 0.25$; efecto pequeño $d = 0.25-0.50$; efecto moderado $d = 0.50-1.0$; efecto grande $d > 1.0$.

Por último, se ha comprobado que se cumplen las asunciones para utilizar este método (*normalidad, homocedasticidad e independencia*) y se ha evaluado la presencia de datos anómalos, todo ello mediante el análisis de los residuos, tanto gráfico como analítico.

Resultados

La tabla 2 muestra una respuesta significativa al entrenamiento en los valores de TAS. Tal como se puede ver los valores en *post30* se encuentra una bajada respecto a los valores basales en 7 mm Hg. La reducción más significativa resulta en *post70*, rebajándose en 14 mm Hg de media respecto a los valores basales igualmente tomados los datos al finalizar el ejercicio. Sin embargo, el estudio de *effect size* se aprecia que la intervención produjo efectos triviales ($d < 0.25$) (tabla 2).

Tabla 2. Valores obtenidos para la tensión arterial sistólica de la muestra.

Sujetos	TASbasal (mm Hg)	TASpost30 (mm Hg)	TASpost70 (mm Hg)
Sujeto 1	120	91	95
Sujeto 2	130	133	117
Sujeto 3	141	130	140
Sujeto 4	152	143	121
Sujeto 5	134	140	124
Sujeto 6	119	133	123
Sujeto 7	149	136	106
Sujeto 8	128	119	107
Sujeto 9	125	110	126
Sujeto 10	116	109	113
Media (desviación estándar)	131.40 (12.50)	124.40 (16.64)*	117.20 (12.61)**
Effect Size (d)		-0.56	-1.13

TAS: Tensión arterial sistólica. mm Hg: milímetros de mercurio. d: Delta.

* $p \leq 0,05$ Diferencia significativa entre preesfuerzo y post30.

** $p \leq 0,005$ Diferencia muy significativa entre preesfuerzo y post70.

La tabla 3 muestra una respuesta significativa en los valores de TAD a los protocolos sugeridos. Se puede ver como en *post30*, se detecta una bajada respecto a los valores de reposo de 13 mm Hg ($48,80 \pm 12,8$ mm Hg), siendo todavía más significativa en *post70* de 20 mm Hg ($41,6 \pm 7,6$ mm Hg) respecto a los niveles basales. Al igual que para la TAS, el estudio de *effect size* se aprecia que la intervención produjo efectos triviales ($d < 0.25$) (tabla 3).

Tabla 3 Valores obtenidos para la tensión arterial sistólica de la muestra.

Sujetos	TADbasal (mm Hg)	TADpost30 (mm Hg)	TADpost70 (mm Hg)
Sujeto 1	61	23	31
Sujeto 2	50	51	42
Sujeto 3	72	63	64
Sujeto 4	63	47	45
Sujeto 5	65	64	46
Sujeto 6	71	40	38
Sujeto 7	59	40	28
Sujeto 8	73	54	44
Sujeto 9	38	62	32
Sujeto 10	60	44	46
Media (desviación estándar)	61.20 (10.74)	48.80 (12.84)*	41.60 (10.33)**
Effect Size (d)		-1.15	-1.82

TAD: Tensión arterial diastólica. mm Hg: milímetros de mercurio. d: Delta.

* $p \leq 0,05$ Diferencia significativa entre preesfuerzo y post30.

** $p \leq 0,005$ Diferencia muy significativa entre preesfuerzo y post70.

La respuesta de la FC a los protocolos sugeridos no es significativa en ninguno de los protocolos ($p > 0.05$), y el tamaño de efecto de la intervención también resultó trivial ($d < 0.25$) (tabla 4).

Tabla 4 Valores obtenidos para la tensión arterial sistólica de la muestra.

Sujetos	FCbasal (ppm)	FCpost30 (ppm)	FCpost70 (ppm)
Sujeto 1	68	62	60
Sujeto 2	58	59	62
Sujeto 3	77	76	70
Sujeto 4	68	77	69
Sujeto 5	58	50	49
Sujeto 6	59	57	68
Sujeto 7	54	56	58
Sujeto 8	61	54	59
Sujeto 9	63	74	72
Sujeto 10	47	49	53
Media (desviación estándar)	61.3 (8.3)	61.4 (10.6)	62 (7.7)
Effect Size (d)		0.01	0.08

FC: frecuencia cardiaca. ppm: pulsaciones por minuto. d: Delta.

Discusión

El principal objetivo de este trabajo fue describir las variables cardiovasculares al entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo a dos intensidades diferentes, post30 y post70 en varones jóvenes sanos. Los resultados obtenidos en el presente estudio ponen de manifiesto la existencia de una reducción tanto en los niveles de tensión arterial sistólica (figura 1) como en la tensión arterial diastólica (figura 2), en respuesta al entrenamiento muscular con oclusión vascular superimpuesta. Rossow et al., (2011) comprobaron en su investigación solo una reducción significativa de la tensión arterial sistólica a los 60 minutos de realizar el protocolo de alta intensidad en prensa de piernas. Por el contrario que al realizar el protocolo con oclusión vascular, al 20% de 1 RM y con una oclusión de 200 mm Hg que resultó sin cambios significativos a los 30 y 60 minutos después de realizar el ejercicio. De acuerdo con Rossow et al. (2011), consideran que su protocolo de oclusión no fue lo suficientemente intenso para desarrollar la hipotensión postesfuerzo ya que nuestro estudio muestra una relación directa entre aumento de la resistencia a vencer y respuesta hipotensiva, siendo a mayor carga, mayor bajada en las variables de tensión arterial (figura 1 y figura 2). De la misma manera, en un estudio posterior llevado a cabo por el mismo grupo (Rossow et al. 2012), se realizó un protocolo de oclusión sanguínea al 130% de la TAS, mismo nivel de oclusión que nuestra investigación, 20% 1RM y un protocolo 30 repeticiones, 30 segundos de descanso, 15 repeticiones, 60 segundos de descanso, 15 repeticiones, 30 segundos de descanso, 15 repeticiones (Rossow et al., 2012). Los cambios de tensión arterial postesfuerzo no fueron significativos ni a los 5 minutos después ni a los 15. La diferencia entre resultados obtenidos podría venir por la diferencia a la hora de realizar el ejercicio, puesto que en los estudios de Rossow et al. (2012, 2011) realizan su protocolo de oclusión en las piernas y en posición sentado. Sin embargo, en la presente investigación fue ocluido un miembro superior en posición de bipedestación. En este sentido, Willmore & Costill (2007) afirman que debido a la menor masa muscular y al menor número de vasos sanguíneos de la parte superior del cuerpo en comparación con la parte inferior se produce un incremento en la tensión sanguínea a causa de un aumento de la resistencia del flujo sanguíneo con la consecuencia del aumento de la tensión sanguínea para superarlo, unido a que el uso del brazaletes, crea una vasoconstricción de los capilares sanguíneos que irrigan el músculo, al igual que al realizar las últimas repeticiones de cada serie aumentando la tensión arterial intraesfuerzo (Manini & Clarck, 2009; Macdougall et al., 1985). Un ejemplo de esta respuesta fisiológica se encuentra en los resultados del estudio de Wiley et al. (1982), que utilizando un método de entrenamiento isométrico mostró valores de reducción de la tensión arterial post-esfuerzo en 13,5 mm Hg para la TAS y 6,1 mm Hg para la TAD, citado en Cornelissen et al. (2011). MacDougall et al. (1985) sometió a sus sujetos a 2 protocolos de entrenamiento isométrico en los bíceps resultando en una respuesta hipotensiva de la tensión arterial en reposo. Consecuentemente se puede hipotetizar que en el momento de su finalización y su posterior liberación del brazaletes, se produce el fenómeno de hipotensión post-esfuerzo debido a una vasodilatación capilar y al retorno venoso.

Los resultados obtenidos para la otra variable cardiovascular en el presente estudio aportan que la frecuencia cardíaca no se ha modificado de manera significativa al finalizar ningún protocolo. Otros estudios como el de Rossow et al. (2012, 2011) los valores de frecuencia cardíaca sí que aparecen incrementados significativamente. En los resultados se puede apreciar un aumento en los parámetros 5 y 15 minutos postesfuerzo, diferencia de los valores post-esfuerzo de nuestro estudio que no son significativos.

Más estudios al respecto serían necesarios para poder comprobar si esta hipótesis es válida. El estudio posee limitaciones que deben ser expuestas, en primer lugar indicar que el estudio se llevó a cabo sobre una masa muscular pequeña, y por tanto, refleja los cambios hemodinámicos acontecidos por su esfuerzo, y por tanto, no resultaría extrapolable a masas musculares mayores como por ejemplo la del cuádriceps. La siguiente limitación fue el dispositivo de registro de la frecuencia cardiaca, en este caso se registró solamente la frecuencia, cuando proporcionaría posiblemente más información el estudio de la variabilidad cardiaca. Finalmente la muestra utilizada también muestra una limitación al tratarse de una muestra pequeña y aparentemente sana, por lo que no podrá asumirse las conclusiones del estudio para otro tipo de poblaciones. Así mismo, tal y como se puede apreciar, el tamaño de efecto obtenido para todas las variables y todos los grupo resultó trivial. Como futuras líneas de investigación, resultaría de gran interés, reproducir el mismo estudio presentado, pero añadiendo un grupo de entrenamiento con las mismas directrices de entrenamiento pero sin oclusión vascular parcial superimpuesta, y añadiendo el estudio de la variable de velocidad de flujo sanguíneo con un estudio de ultrasonidos Doppler, y poder monitorizarla durante todas las repeticiones experimentales así como tras el estudio experimental.

Conclusión

En conclusión los resultados del presente estudio demuestran que en sujetos varones jóvenes sanos, la TAS y la TAD tienden a disminuir después de los dos protocolos de entrenamiento de fuerza con oclusión vascular, siendo este descenso más notable con el aumento del peso levantado, aunque el efecto de tamaño que produjo la intervención resultó trivial. Resultan necesarios más estudios que examinen el comportamiento de los parámetros cardiovasculares tras el entrenamiento de fuerza bajo oclusión vascular.

Referencias

- Abe, T., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Thiebaud, R. S. & Bemben, M. G. (2012), Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow–restricted limbs and non-restricted muscles: a brief review. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 32, 247–252. doi: 10.1111/j.1475-097X.2012.01126.x.
- American College of Sports Medicine Position Stan. (2009), Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41, 687-708.
- Beachle, T.R., & Earle, R.W. (2007). *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico*. Madrid: Panamericana.

- Burgomaster, K., Moore, D., Schofield, L., Phillips, S., Sale, D., & Gibala, M. (2003). Resistance training with vascular occlusion: metabolic adaptations in human muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(7), 1203-1208.
- Chulvi-Medrano, I. (2011). Entrenamiento de fuerza combinado con oclusión parcial superimpuesta. Una revisión. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(3), 121-128.
- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2008). Sarcopenia ≠ dynapenia. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 63(8), 829-834.
- Colado, J.C., Chulvi, I. (2008). Los programas de acondicionamiento muscular en las diferentes etapas de desarrollo madurativo y en determinadas alteraciones orgánicas. En: Rodríguez P.L. (2008). *Ejercicio físico en salas de acondicionamiento muscular: bases científico-médicas para una práctica segura y saludable*. Madrid: Panamericana, pp 128-153.
- Cook, S., Clark, B., & Ploutz-Snyder, L. (2007). Effects of exercise load and blood-flow restriction on skeletal muscle function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(10), 1708-1713.
- Cornelissen, V. A., Fagard, R. H., Coeckelberghs, E., & Vanhees, L. (2011). Impact of Resistance Training on Blood Pressure and Other Cardiovascular Risk Factors a Meta-Analysis of Randomized, Controlled Trials. *Hypertension*, 58(5), 950-958.
- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., et al. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and Ageing*, 39(4), 412-423.
- Kubo, K., Komuro, T., Ishiguro, N., Tsunoda, N., Sato, Y., Ishii, N. & Fukunaga, T. (2006). Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon. *Journal of Applied Biomechanics*, 22(2), 112-119.
- Loenneke, J.P., & Pujol, T.J. (2009). The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *Strength and Conditioning Journal*, 31(3), 77-84.
- Loenneke, J., Wilson, J., Wilson, G., Pujol, T., & Bembien, M. (2011a). Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(4), 510-518. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01290.x.
- Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Wilson, J. M., & Bembien, M. G. (2011b). Blood flow restriction: the metabolite/volume threshold theory. *Medical Hypotheses*, 77(5), 748-752.
- Loenneke, J., Wilson, G., & Wilson, J. (2010). A mechanistic approach to blood flow occlusion. *International Journal of Sports Medicine*, 31(1), 1-4. doi:10.1055/s-0029-1239499.
- MacDougall, J. D., Tuxen, D. S. D. G., Sale, D. G., Moroz, J. R., & Sutton, J. R. (1985). Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 58(3), 785-790.
- Madarama, H., Neya, M., Ochi, E., Nakazato, K., Sato, Y., & Ishii, N. (2008). Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(2), 258-263. doi:10.1249/mss.0b013e31815c6d7e.
- Manini, T., & Clark, B. (2009). Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(2), 78-85. doi:10.1097/JES.0b013e31819c2e5c.
- Martín-Hernández, J. & Herrero, A. (2012). Respuestas y adaptaciones al entrenamiento oclusivo de baja intensidad. *EfDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires*, Año 16, Nº 164, Enero de 2012, disponible en <http://www.efdeportes.com/efd164/entrenamiento-de-fuerza-occlusivo-de-baja-intensidad.htm>.

- Moore, D., Burgomaster, K., Schofield, L., Gibala, M., Sale, D., & Phillips, S. (2004). Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion. *European Journal of Applied Physiology*, 92(4-5), 399-406.
- Ohta, H., Kurosawa, H., Ikeda, H., Iwase, Y., Satou, N., & Nakamura, S. (2003). Low-load load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthopaedica*, 74(1), 62-68.
- Pollock, M. L., Franklin, B. A., Balady, G. J., Chaitman, B. L., Fleg, J. L., Fletcher, B., et al. (2000). Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription an advisory from the committee on exercise, rehabilitation, and prevention, council on clinical cardiology, American Heart Association. *Circulation*, 101(7), 828-833.
- Reid, K.F., & Fielding, R.A. (2012). Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 40(1), 4-12.
- Rhea, M.R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4),918-920.
- Rossow, L. M., Fahs, C. A., Sherk, V. D., Seo, D. I., Bemben, D. A., & Bemben, M. G. (2011). The effect of acute blood-flow-restricted resistance exercise on postexercise blood pressure. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 31(6), 429-434.
- Rossow, L. M., Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Sherk, V. D., Abe, T., & Bemben, M. G. (2012). Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 32(5), 331-337.
- Sato, Y. (2005). The history and future of KAATSU training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 1-5.
- Suga, T., Okita, K., Morita, N., Yokota, T., Hirabayashi, K., Horiuchi, M., et al. (2010). Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 108(6), 1563-1567. doi:10.1152/jappphysiol.00504.2009.
- Suga, T., Okita, K., Takada, S., Omokawa, M., Kadoguchi, T., Yokota, T., et al. (2012). Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3915-3920. doi:10.1007/s00421-012-2377-x.
- Suga, T., Okita, K., Morita, N., Yokota, T., Hirabayashi, K., Horiuchi, M., et al. (2009). Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 106(4), 1119-1124. doi:10.1152/jappphysiol.90368.2008.
- Sumide, T., Sakuraba, K., Sawaki, K., Ohmura, H., & Tamura, Y. (2009). Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 12(1), 107-112.
- Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 88(6), 2097-2106.
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2006). Effects of vascular occlusion on muscular endurance in dynamic knee extension exercise at different submaximal loads. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 372-377.

- Wernbom, M., Järrebring, R., Andreasson, M. A., & Augustsson, J. (2009). Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extensions at low load. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2389-2395.
- Willmore, J. H., & Costill, D. L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Yasuda, T., Fujita, S., Ogasawara, R., Sato, Y., & Abe, T. (2010). Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 30(5), 338-343. doi:10.1111/j.1475-097X.2010.00949.x.
- Zatsiorsky, V. M. & Kraemer, W. J., (2006). *Science and Practice of Strength Training*, 2n edition. Champaign, IL: Human Kinetics.

Referencia del artículo:



Benito, S., y Chulvi, I. (2013). Respuestas cardiovasculares al entrenamiento de fuerza bajo oclusión vascular. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte* 9(3), 161-172.
<http://www.e-balonmano.com/ojs/index.php/revista/index>