

Sport Performance

Relación Entre la Masa Muscular Apendicular y la Repetición Máxima en Sujetos Físicamente Activos

Relationship Between Apendicular Muscle Mass and Maximum Repetition in Physically Active Subjects

Bustos Viviescas, Brian Johan.¹, Acevedo Mindiola, Andrés Alonso.¹, Rodríguez-Acuña, Leidy Estefanía.¹

¹Universidad de Pamplona, Extensión Villa del Rosario, Colombia

Dirección de contacto: bjbv12@hotmail.es

Brian Johan Bustos Viviescas

Fecha de recepción: 24 de mayo de 2017

Fecha de aceptación: 20 de diciembre de 2017

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la relación entre la masa muscular appendicular y la repetición máxima (RM) en sentadilla con barra (ST), press banca plano (PB) y peso muerto (PM) en sujetos físicamente activos que practican musculación. Este estudio correlacional se desarrolló con un enfoque cuantitativo y un diseño de campo, veinte sujetos sanos capacitados (14 hombres y 6 mujeres) en el entrenamiento con sobrecargas participaron voluntariamente en este estudio. El análisis estadístico consistió en aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y el coeficiente correlacional de Pearson, para ello se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS V.22 con un nivel de confianza del 95% por lo que el p-valor empleado fue de 0,05. Los hombres tuvieron una masa muscular en miembros superiores (MMMS) de 6,49+1,37 kg y una masa muscular en miembros inferiores (MMMI) de 11,98+1,43 kg. En cambio, las mujeres mostraron una MMMS de 3,90+0,63kg, y en MMMI de 8,43+1,05kg. Los hombres obtuvieron un promedio en el 1RM ST 122,09+28,54 kg, 1RM PB 83,07+24,54 kg y 1RM PM 94,58+16,49 kg, mientras que las mujeres tuvieron 1RM ST 93,40+24,60 kg, 1RM PB 28,13+13,38 kg y 1RM PM 71,81+8,75 kg, por lo cual los hombres presentaron mejores resultados de MMMS, MMMI y 1 RM con respecto a las mujeres. Por otro lado, se obtuvo una distribución normal de los datos ($p>0,05$), aunque no se evidenció una relación significativa entre la MMMS y MMMI con el 1 RM de los ejercicios evaluados ($p>0,05$). Por consiguiente, se concluye que no existe relación significativa entre la masa muscular appendicular y la repetición máxima en los ejercicios ST, PB y PM en practicantes de musculación.

Palabras Clave: Estudio correlacional, fuerza, masa muscular appendicular, repetición máxima

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the relationship between appendicular muscle mass and maximum repetition (RM) on squat with bar (SB), bench press (BP) and deadlift (DL) in subjects physically active practicing bodybuilding. This correlational study was developed with a quantitative approach and design of field, twenty trained healthy subjects (14 men and 6 women) in training with overloading voluntarily participated in this study. Statistical analysis consisted of applying the Shapiro-Wilk normality test and the Pearson correlation coefficient, was used the statistical package SPSS IBM V.22 with a 95% confidence level so that the employee p-value was 0,05. The men had a muscle mass in upper limbs (MMUL) of 6,49+1,37 kg and a muscle mass in the lower limbs (MMLL) of 11,98+1,43 kg. On the other hand, women showed a MMUL of 3,90+0,63 kg, and at MMLL of 8,43+1,05 kg. The men obtained an average in the 1RM in SB of 122,09+28,54 kg, 1RM BP of 83,07+24,54 kg and 1RM DL of 94,58+16,49 kg, while women had 1RM SQ of 93,40+24,60 kg, 1RM PB of 28,13+13,38 kg and 1 RM DL of 71,81+8,75 kg, which men presented MMUL best results, position and 1 RM with regard to women, on the other hand was a normal distribution of data ($p>0,05$), Although was not evidence a significant relationship between the MMUL and MMLL with 1 RM of the evaluated exercises ($p>0,05$). Therefore, it is concluded that not significant relationship between appendicular mass muscle and maximum repetition in the exercises SQ, BP and DL practitioners of bodybuilding.

Keywords: Correlational study, strength, muscle mass appendicular, maximum repetition

INTRODUCCIÓN

La fuerza representa un lugar esencial para cualquier ser humano, ya sea como capacidad física fundamental, limitante del rendimiento, o bien para garantizar la realización de cualquier acción motora (Galicia, 2014), además actualmente se acepta su relevancia dentro de los programas de planificación deportiva, con el fin de que el atleta pueda desarrollar su máximo potencial (Sánchez-Sánchez, Pérez, Yagüe, Royo & Martin, 2015), por tal motivo, el papel de la fuerza muscular en la práctica física está siendo objeto de atención durante los últimos años (Rosa, 2013), debido a que la fuerza es un factor determinante del éxito competitivo (Galicia, 2014), en este sentido los métodos del entrenamiento de la fuerza son muy eficaces al ofrecer adaptaciones muy interesantes a un amplio campo de poblaciones de diferentes edades y características (Orquín, Torres-Luque & Ponce de León, 2009).

Así mismo la ciencia del deporte moderno se caracteriza por el propósito de su esfuerzo para mejorar los atletas de élite y descubrir talentos tan precisamente como sea posible para lograr la excelencia en el deporte (Singh, Chakraborty & Verma, 2016), entre sus aplicaciones se encuentra el estudio de las características morfológicas, el cual posibilita entender la estructura del cuerpo con relación al rendimiento deportivo (Lozano, Bustos-Viviescas, Acevedo-Mindiola y Bautista, 2017), partiendo de lo anterior la masa muscular total hace parte de las características morfológicas más estudiadas por los profesionales del deporte, a su vez escasas investigaciones han identificado la relación entre este parámetro y la repetición máxima (Gómez et al., 2015a), sin embargo la masa muscular total no es un elemento suficiente para determinar y predecir el rendimiento deportivo de los sujetos, a diferencia de la segmentación de la masa muscular que permite comparar de mejor forma la manera en que se distribuye este componente en las distintas disciplinas deportivas permitiendo comprender de qué manera la musculatura es predominante en cada disciplina estudiada (Rodríguez et al., 2014), por lo tanto, el estudio de la masa muscular apendicular es un parámetro mucho más objetivo para establecer la distribución de la masa muscular con relación a las demandas de la práctica deportiva.

En consecuencia es indudable que determinadas características físicas están ligadas al máximo desempeño deportivo dando fundamento a un llamado prototipo morfológico, y por lo cual su divulgación resulta de suma importancia a los profesionales y los ejecutores de la actividad física (Lentini et al., 2006), en consecuencia algunos estudios sugieren que el aumento de la masa magra provoca un aumento de la fuerza máxima (Gómez et al., 2015a), dado a que existe una relación positiva entre la magnitud del tamaño de la masa muscular y el desempeño deportivo (Esper, 2005).

Cabe mencionar que son pocas las investigaciones que se pueden encontrar en la literatura científica con respecto a la masa muscular apendicular (Rodríguez et al., 2010; Rodríguez et al., 2012a; Rodríguez et al., 2012b; Jorquera et al., 2012; Abe et al., 2014), no obstante estas se limitan a describir la masa muscular apendicular de diferentes disciplinas deportivas y no específicamente a establecer la relación existente entre este parámetro con otros indicadores del rendimiento deportivo como la fuerza máxima.

Por lo tanto, los estudios correlacionales entre la masa muscular apendicular y la repetición máxima aportará información

valiosa para establecer la distribución muscular según el deporte y su especialidad, aunque principalmente en aquellos que requieren un alto grado de fuerza para alcanzar sus objetivos. Por otro lado, según Bustos-Viviescas, Lozano-Zapata y Justacaro-Portillo (2016) en los programas de entrenamiento de la fuerza para optimizar la preparación física, rehabilitación física, entrenamiento o en investigaciones científicas se encuentran entre los ejercicios más utilizados el press banca, sentadilla con barra y el peso muerto, ya que pueden ser empleados por sujetos entrenados y no entrenados.

Teniendo en cuenta lo anterior, es probable que exista una relación entre la masa muscular apendicular y la fuerza máxima, por tal motivo el propósito de este estudio fue determinar la relación entre la masa muscular apendicular y la repetición máxima en los ejercicios sentadilla con barra, press banca plano y peso muerto en sujetos físicamente activos que practican musculación.

MÉTODO

Diseño del estudio

La investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo y un diseño de campo debido a que los datos se recolectaron directamente de los sujetos investigados sin manipular o controlar variable alguna (Arias, 2011), igualmente fue de tipo correlacional dado que se buscaba determinar el grado de relación existente entre las variables (Ary, Jacobs y Razavieh, 1989), en este caso la masa muscular apendicular y la repetición máxima.

Participantes

En este estudio veinte sujetos sanos capacitados (14 hombres y 6 mujeres) en el entrenamiento con sobrecargas participaron voluntariamente en este estudio, estos sujetos fueron por divididos por sexo, hombres (edad de $20\pm 3,3$ años, talla de $171,28\pm 5,81$ cm, peso corporal de $71,14\pm 11,45$ kg, frecuencia de entrenamiento de $4,5\pm 0,3$ sesiones semanales, experiencia en el entrenamiento con sobrecargas de $3,04\pm 0,6$ años) y mujeres (edad $20,83\pm 2,32$ años, talla $163,5\pm 6,25$ cm, peso corporal de $49,5\pm 4,72$ kg, frecuencia de entrenamiento de $4,8\pm 0,7$ sesiones semanales, experiencia en el entrenamiento con sobrecargas de $2,95\pm 0,3$ años).

Todos los sujetos fueron informados del objetivo del estudio así como de los métodos a ser usados durante el mismo, adicionalmente cada uno firmo un consentimiento informado donde cede sus datos con fines de investigación de los resultados obtenidos siempre que se respetara la confidencialidad del participante.

Los criterios de inclusión para participar en el estudio fueron los siguientes:

- Participación voluntaria.
- Experiencia mínima de 2 años en el entrenamiento de la fuerza con sobrecargas.
- Los criterios de exclusión para no participar en el estudio fueron los siguientes:
- Presentar alguna lesión o patología osteomuscular, metabólica o cardiorrespiratoria, así como el consumo de algún medicamento que impidiera el normal desarrollo del estudio.
- Tener sensación de molestia o dolor durante la evaluación.

Procedimiento

Para la realización de los diferentes test a evaluar con los participantes, se dividió en dos días las pruebas con una separación de 48 horas con el fin de garantizar la adecuada recuperación muscular, de la siguiente manera:

Primer día: Mediciones antropométricas durante la jornada de la mañana en ayunas, luego se determinaría el 1RM en sentadilla con barra.

Segundo día: Determinación de 1RM en press banco plano y por último en peso muerto.

Teniendo en cuenta lo anterior, los datos de peso y talla fueron recolectados con la menor cantidad de ropa posible y después del vaciado urinario, así mismo para la medición de los perímetros, pliegues y diámetros se siguió los lineamientos expuestos en el manual de cineantropometría del grupo español de cineantropometría (GREC) (Esparza, 1993), y para la estimación de la masa muscular apendicular se utilizó las ecuaciones desarrolladas por Rodríguez, Almagià y Berral de la Rosa (2010), a continuación se puede observar la ecuación mencionada:

Masa muscular de miembros superiores (MMES) = $((T - LT) \times (0,043 \times (PBR)^2)) P / 1000$

Donde, T= Talla; PLT = Pliegue tricaptal; PBR = Perímetro brazo relajado; P = Peso corporal

$$\text{Masa muscular de miembros inferiores (MMMI)} = (((T - SPMP) \times (DF)^2) + (PMM + PP))/1000$$

Donde, T= Talla; SPMP = Sumatoria de pliegues del muslo medio y pierna; DF = Diámetro femoral; PMM = Perímetro muslo medio; PP = Perímetro de la pierna.

Para el test de repetición máxima se aplicó el protocolo establecido por Gregory & Travis (2015), este finalizaba cuando se fallara la repetición o cuando se realizara sin la técnica correcta, en el cual se aumentaba progresivamente la carga de 5kg, para ello el descanso entre repetición y repetición era lo suficientemente prolongado para evitar la acumulación de fatiga en el evaluado, en lo cual el periodo de descanso utilizado fue entre dos a tres minutos como se ha establecido en diferentes estudios (Whisenant, Pantou, East & Broeder, 2003; Hutchins & Gearhart, 2010). Cabe resaltar que se realizó una entrada en calor del organismo u calentamiento con los participantes del estudio, ejecutando primero movilidad articular y luego de los ejercicios a evaluar de cada uno 4 series de 15 repeticiones con pesos ligeros seguido de una pausa de 2 minutos de recuperación entre serie.

Instrumentos de recolección de datos

Para la toma de medidas de las variables antropométricas se utilizó los siguientes instrumentos:

- *Báscula TANITA BC-730*: Utilizada para obtener el peso corporal de cada deportista, precisión de 100 g.
- *Tallímetro de pared Seca 206*: Empleado para medir la estatura (0-220 cm), precisión 1 mm.
- *Plicómetro Slim Guide*: Para la medición de los pliegues cutáneos (0-80 mm), precisión de 0,5 mm.
- *Cinta antropométrica Seca 201*: Utilizada para la toma de perímetros corporales (0-205 cm), precisión 1 mm.
- *Paquímetro Holtain*: Para la medición de diámetros óseos (0- 140 mm), precisión 1 mm.

Medidas

Las medidas que se recolectaron en el estudio fueron:

- Talla (cm): altura del sujeto desde posición de pie.
- Peso (kg): medida de la fuerza gravitatoria que actúa sobre el sujeto.
- IMC (kg/m²): medida de asociación entre la masa y la talla de un sujeto.
- 1RM (kg): máximo peso que se puede levantar en una repetición.
- Masa muscular de miembros superiores (MMMS) (kg): cantidad de masa muscular esquelética en los miembros superiores.
- Masa muscular de miembros inferiores (MMMI) (kg): cantidad de masa muscular esquelética en los miembros inferiores.

Instrumentos de análisis de datos

Los datos recolectados se tabularon y analizaron en el paquete estadístico IBM SPSS V.22 ® (Chicago, EE.UU.), en este se fijó un nivel de confianza del 95% y un p-valor de 0,05, para establecer la distribución normal de la muestra se efectuó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, mientras que para determinar las posibles relaciones entre la masa muscular apendicular y la repetición máxima se empleó el coeficiente de correlación de Pearson (r).

Normas éticas

Esta investigación se desarrolló de acuerdo con la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (2013) y los estándares éticos establecidos para investigaciones en ciencias del deporte y del ejercicio (Harriss & Atkinson, 2013).

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los valores promedio y desviaciones estándar de la edad, talla, peso e índice de masa corporal (IMC) por sexo.

Tabla 1. Características generales

	Sexo	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)	IMC (kg/m²)
Hombres (14)	Promedio	20,00	171,28	71,14	24,25
	Desv. Est.	3,30	5,81	11,45	3,11
Mujeres (6)	Promedio	20,83	163,50	49,50	18,52
	Desv. Est.	2,32	6,25	4,72	5,72

En la Tabla 2 se puede observar la masa muscular de miembros superiores (MMMS) y la masa muscular de miembros inferiores (MMMI) por sexo, se puede identificar que los hombres presentan mayor MMMS y MMMI con respecto a las mujeres.

Tabla 2. Masa muscular de miembros superiores (MMMS) e inferiores (MMMI)

	Sexo	MMMS (kg)	MMMI (kg)
Hombres (14)	Promedio	6,49	11,98
	Desviación Estandar	1,37	1,43
Mujeres (6)	Promedio	3,90	8,43
	Desviación Estandar	0,63	1,05

Por otra parte en la Tabla 3 se evidencia que la distribución de la MMMS y MMMI fue normal de acuerdo a la Prueba de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$), en consecuencia para ambos sexos se obtuvo una distribución simétrica de la MMMS y MMMI.

Tabla 3. Prueba de normalidad de la masa muscular de miembros superiores (MMMS) e inferiores (MMMI)

	Sexo	MMMS	MMMI
Hombres (14)	Normalidad (Shapiro-Wilk)	0,36	0,54
Mujeres (6)	Normalidad (Shapiro-Wilk)	0,36	0,55

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la repetición máxima (1 RM) para los ejercicios sentadilla con barra (ST), press banca plano (PB) y peso muerto (PM) por sexo, es posible identificar que los hombres obtuvieron mayores valores de 1 RM en los ejercicios evaluados con relación a las mujeres, y más destacablemente en el PB.

Tabla 4. Resultados de la repetición máxima

	Sexo	1 RM ST (Kg)	1 RM PB (Kg)	1 RM PM (Kg)
Hombres (14)	Promedio	122,09	83,07	94,58
	Desviación Estandar	28,54	24,54	16,49
Mujeres (6)	Promedio	93,40	28,13	71,81
	Desviación Estandar	24,60	13,38	8,75

Por otro lado, en la Tabla 5 se presenta la distribución de la repetición máxima en todos los ejercicios la cual fue normal ($p>0,05$), consecuentemente para ambos sexos se obtuvo una distribución simétrica del 1 RM en los ejercicios ST, PB y PM.

Tabla 5. Prueba de normalidad de la repetición máxima

	Sexo	1 RM ST	1 RM PB	1 RM PM
Hombres (14)	Normalidad (Shapiro-Wilk)	0,90	0,33	0,13
Mujeres (6)	Normalidad (Shapiro-Wilk)	0,05	0,17	0,78

En la Tabla 6 y los Figuras 1 al 12 se puede observar que los resultados obtenidos en el coeficiente de correlación indican que no existe una correlación lineal significativa entre la MMMS y MMMI con la repetición máxima en los ejercicios ST, PB y PM en ningún sexo ($p>0,05$).

La MMMS presentó una relación positiva con el 1 RM en PB en los hombres ($r = 0,52$) (Figura 2) y las mujeres ($r = 0,33$) (Figura 8), igualmente el 1 RM en ST solamente obtuvo relación negativa en las mujeres ($r = -0,52$) (Figura 7), por ende, se puede identificar que una mayor MMMS puede estar asociada a un mejor rendimiento en el 1 RM en PB para ambos sexos, no obstante aquellas mujeres que tenían menor MMMS tuvieron valores más altos del 1 RM en ST.

Por otra parte la MMMI como resultado importante se puede observar que en los hombres está relacionada positivamente con el 1 RM en ST ($r = 0,20$) (Figura 4) y el PB ($r = 0,30$) (Figura 5), mientras que en las mujeres se presentó una relación negativa con el 1 RM en ST ($r = -0,66$) (Figura 10) y positiva con el 1 RM en PM ($r = 0,13$) (Figura 11), por lo cual se evidencia que en los hombres la MMMI influye de forma positiva el 1 RM en los ejercicios ST y PB, no obstante, en el caso de las mujeres una elevada MMMI no genera un mayor RM en la ST, sin embargo si puede favorecer positivamente en el 1 RM en PM.

Tabla 6. Resultados del coeficiente de correlación y significancia

Sexo	Masa muscular apendicular		ST	PB	PM
Hombres	MMMS	Coef. Pearson (r)	0,08	0,52	-0,06
		Sig. Bilateral (p)	0,77	0,06	0,85
	MMMI	Coef. Pearson (r)	0,2	0,3	0,1
		Sig. Bilateral (p)	0,48	0,3	0,73
	MMMS	Coef. Pearson (r)	-0,52	0,33	0,02
		Sig. Bilateral (p)	0,29	0,52	0,97
Mujeres	MMMI	Coef. Pearson (r)	-0,66	0,04	0,13
		Sig. Bilateral (p)	0,15	0,93	0,81

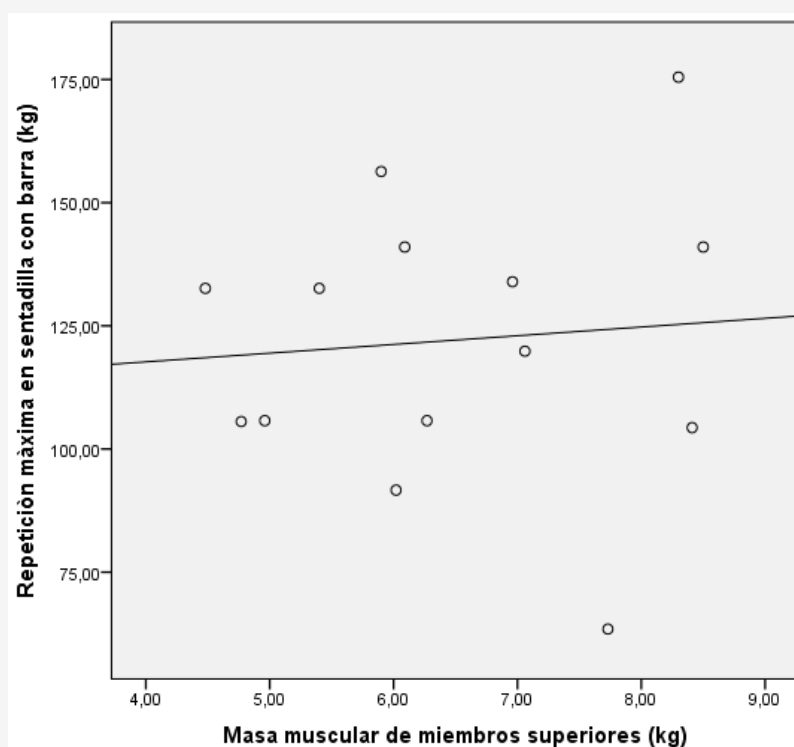


Figura 1. Correlación entre la MMMS y la repetición máxima en sentadilla con barra de los hombres

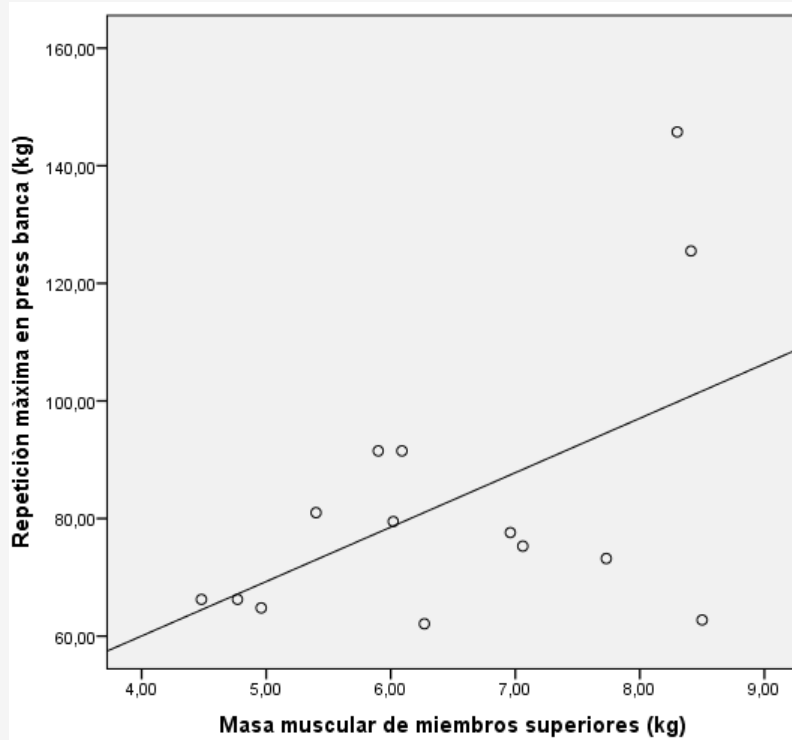


Figura 2. Correlación entre la MMMS y la repetición máxima en press banca de los hombres

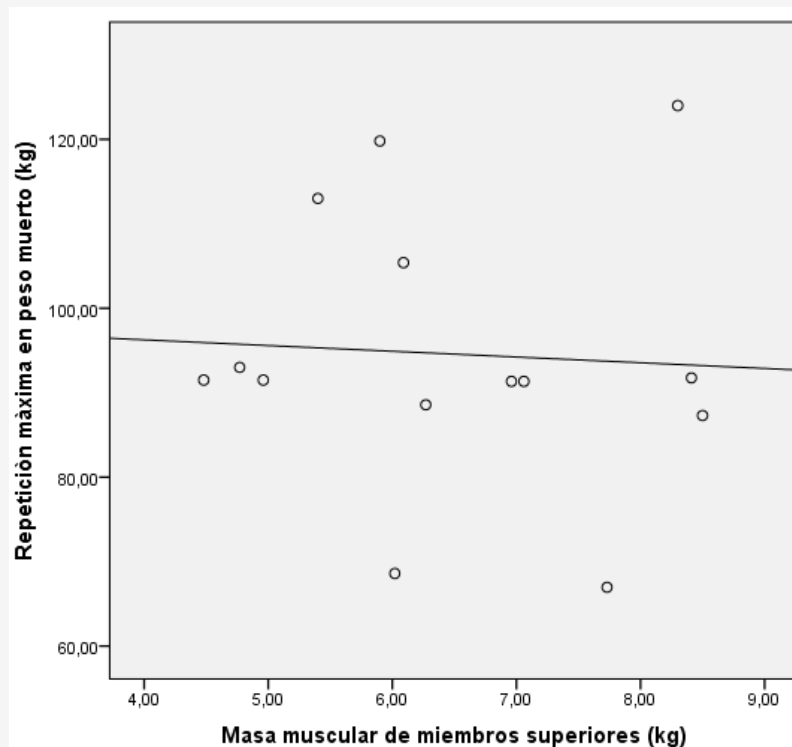


Figura 3. Correlación entre la MMMS y la repetición máxima en peso muerto de los hombres

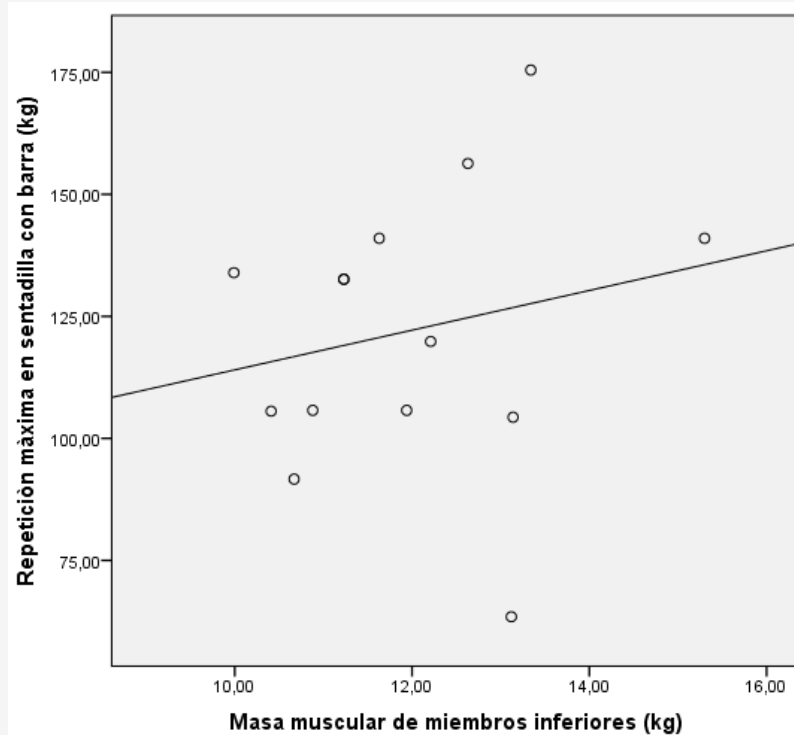


Figura 4. Correlación entre la MMMI y la repetición máxima en sentadilla con barra de los hombres

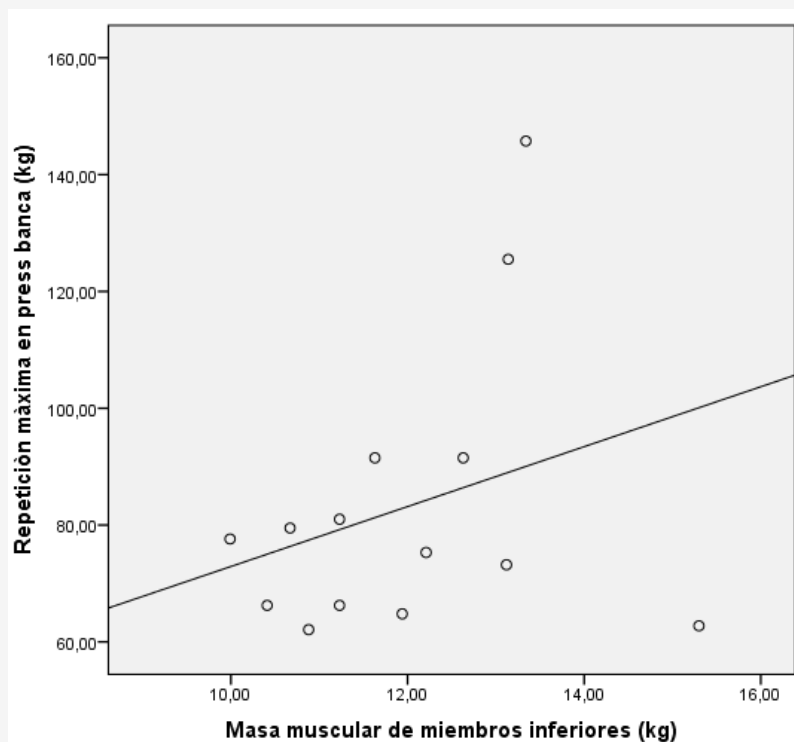


Figura 5. Correlación entre la MMMI y la repetición máxima en press banca de los hombres

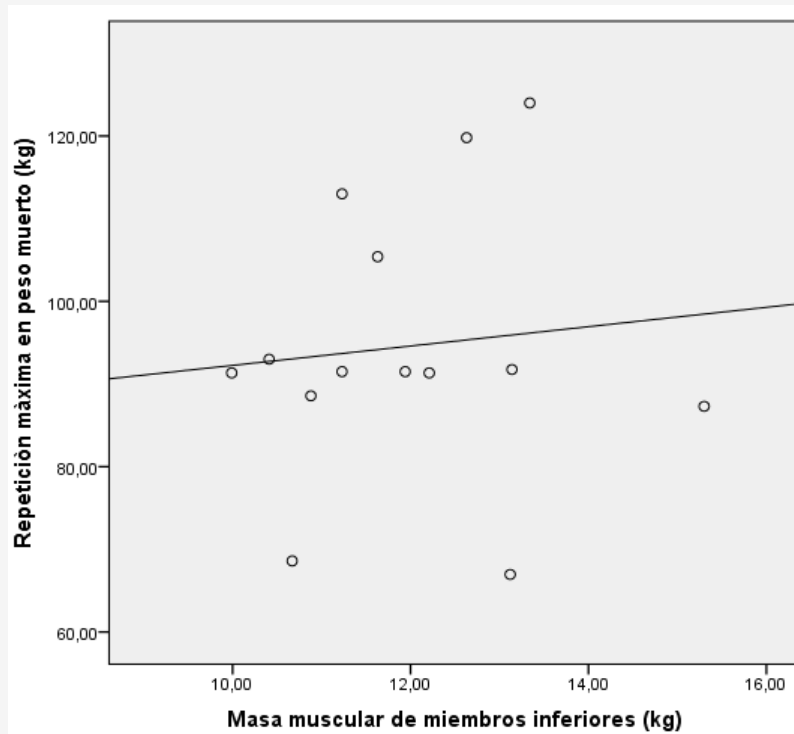


Figura 6. Correlación entre la MMMI y la repetición máxima en peso muerto de los hombres

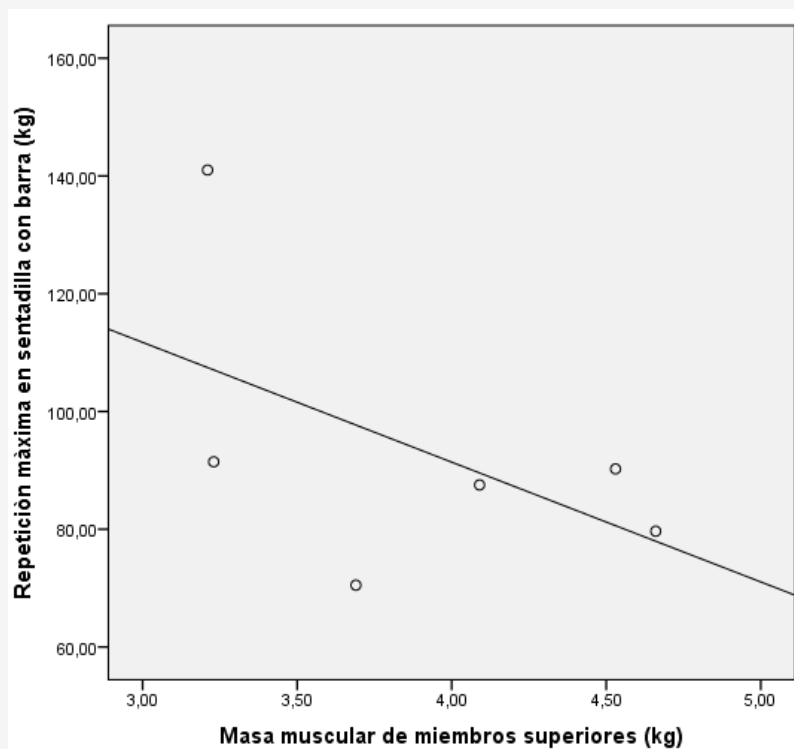


Figura 7. Correlación entre la MMMS y la repetición máxima en sentadilla con barra de las mujeres

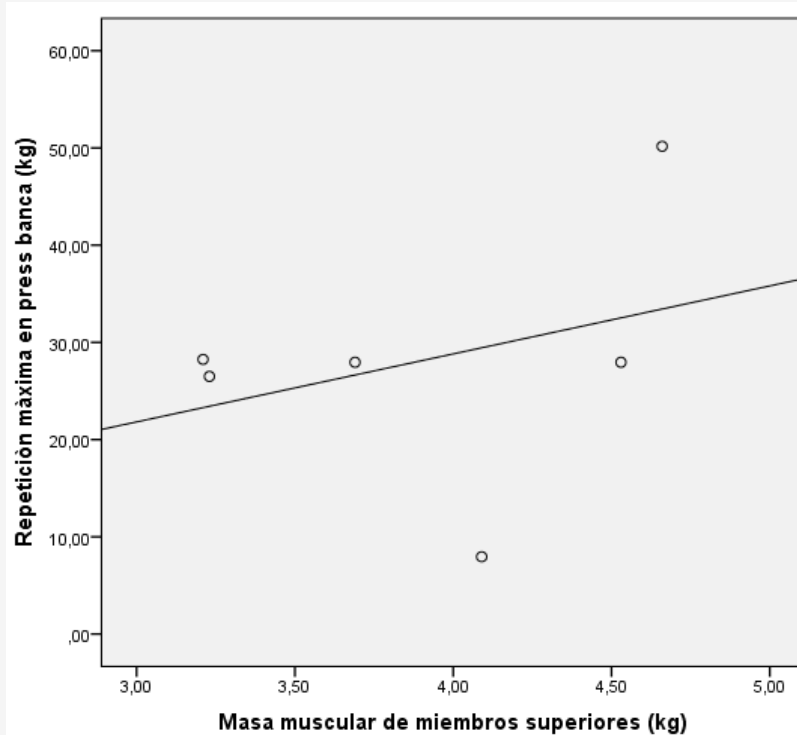


Figura 8. Correlación entre la MMMS y la repetición máxima en press banca de las mujeres

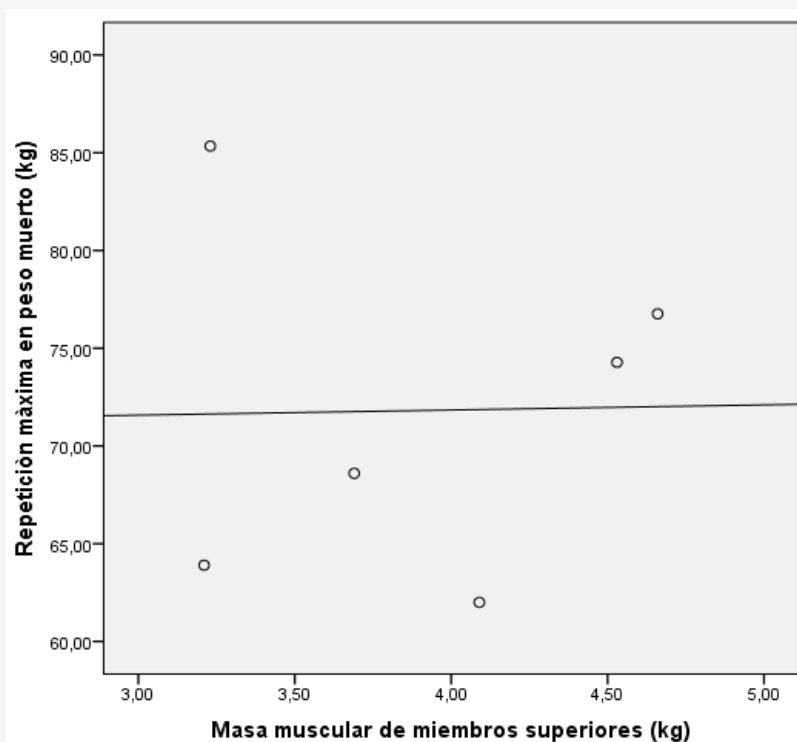


Figura 9. Correlación entre la MMMS y la repetición máxima en peso muerto de las mujeres

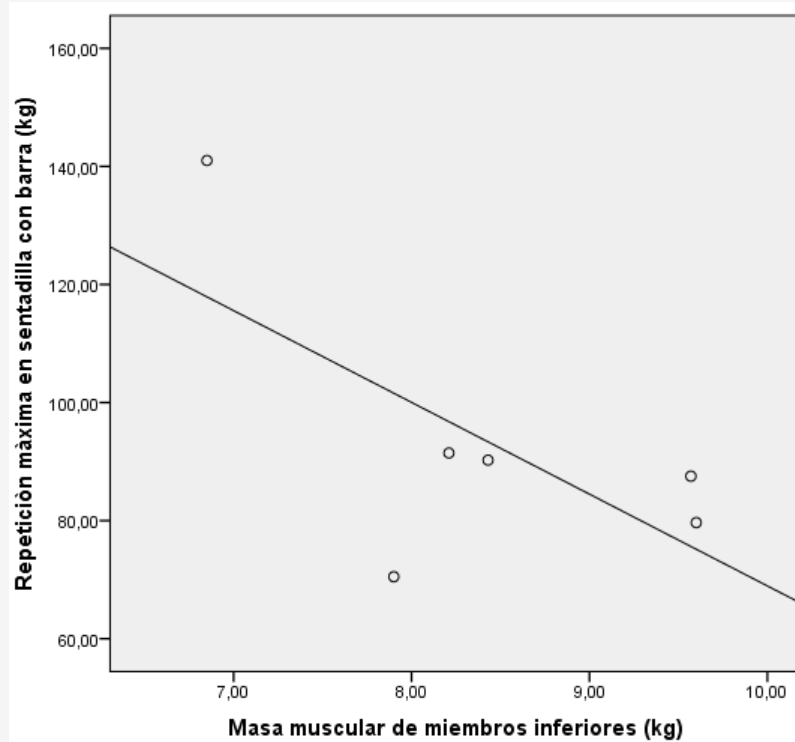


Figura 10. Correlación entre la MMMI y la repetición máxima en sentadilla con barra de las mujeres.

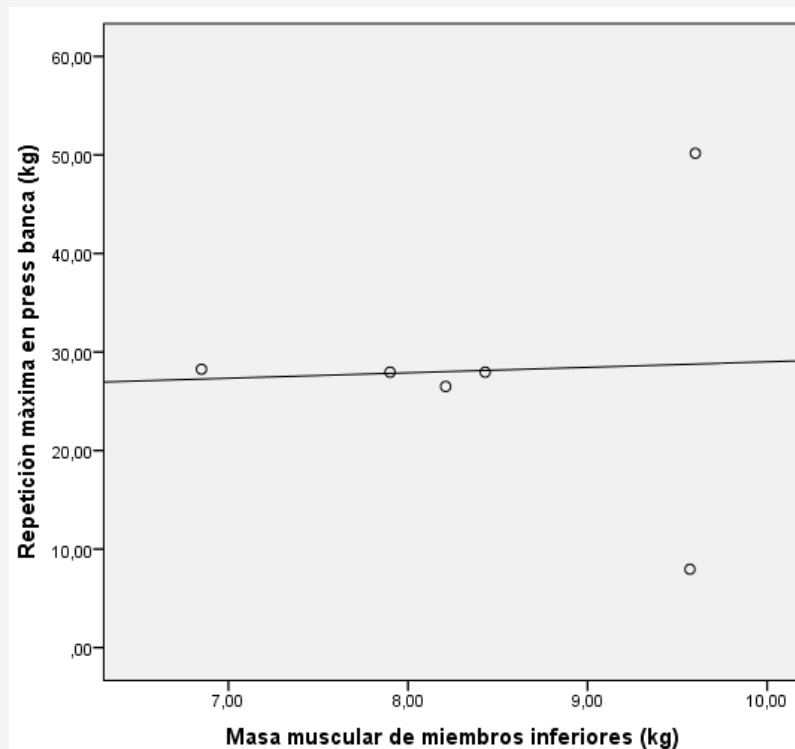


Figura 11. Correlación entre la MMMI y la repetición máxima en press banca de las mujeres.

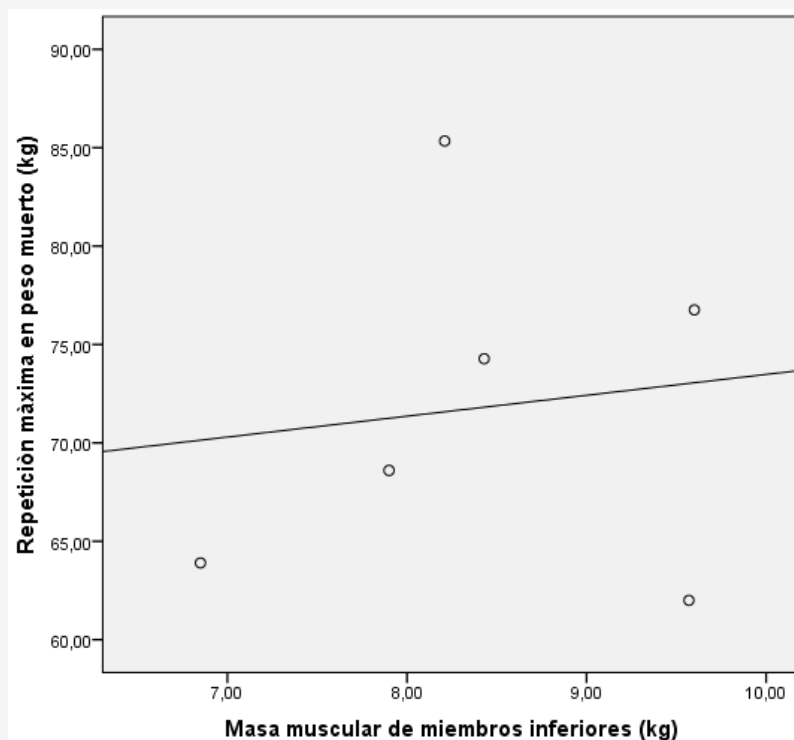


Figura 12. Correlación entre la MMMI y la repetición máxima en peso muerto de las mujeres.

DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue determinar la relación entre la masa muscular apendicular y la repetición máxima en los ejercicios sentadilla con barra, press banca plano y peso muerto en sujetos físicamente activos que practican musculación, entre los resultados más destacables de esta investigación se pudo identificar que no existió relación significativa entre la masa muscular apendicular y la repetición máxima en los ejercicios evaluados ($p > 0,05$), sin embargo si se evidenció una influencia positiva y negativa de la MMMS y MMMI con el 1 RM de los ejercicios evaluados.

En un estudio que evaluó la fuerza muscular total por medio de la suma de los picos de torque de flexión y extensión de hombro, tronco y rodilla con dinamómetro isocinético se pudo identificar que la masa magra corporal tuvo una alta relación con este parámetro (Moraes et al., 2017), por ende, aquellos ejercicios que obtuvieron una relación positiva con la MMMS y MMMI deben su tendencia a una mayor hipertrofia muscular de estos segmentos, ya que el incremento en la hipertrofia muscular provoca mejoras en los niveles de fuerza aún sin presencia de cambios en el sistema contráctil (Storer, Magliano, Woodhouse, Lee, Dzekov, Dzekov, Casburi, y Bhasin, 2003), a su vez la masa muscular es el elemento estructural fundamental que determina la fuerza muscular (Shephard, 2007), dado a que los valores de fuerza máxima se han relacionado con el tejido magro (Gómez et al., 2015b), también que el descenso de la masa muscular conduce a una pérdida de fuerza muscular (Baechle y Earle, 2007) y viceversa (Pastor, 2007), así mismo que al mismo nivel de entrenamiento son capaces de desarrollar más fuerza aquellos sujetos con mayor masa muscular (Cuadrado, Abella y García-Manso, 2006).

Por otro lado, aquellos ejercicios que presentaron una relación negativa con la MMMS y MMMI es probable que la fuerza de estos segmentos musculares tiene como base la sección transversal, ya que cuando se enfoca netamente al desarrollo de la hipertrofia (sección muscular) se descuidan otros factores que son imprescindibles para producir un aumento de la fuerza, considerando que la ganancia en masa muscular no siempre implica una ganancia de fuerza (Cuadrado, Abella y García-Manso, 2006), por ende, la capacidad de un músculo de producir fuerza depende de su sección transversal y no de su sección muscular (González-Badillo y Ribas, 2002; Rodríguez, 2008).

Por otra parte, se observó que los valores de la repetición máxima en las mujeres eran inferiores al compararlos con los hombres, esto se asimila a lo evidenciado en otros estudios (Goodpaster et al., 2001; Newman et al., 2006), debido a que principalmente las mujeres tienen una superficie de grasa subcutánea mayor y además tienen menor masa muscular tanto

en extremidades superiores como inferiores en relación a los hombres. Por tanto, se demuestra que las características antropométricas y fisiológicas que diferencian a hombres de mujeres tendrá una clara influencia en la producción de los niveles de fuerza máxima más bajos en las mujeres (Cotterman, Darvy & Skelly 2005; García y Requena, 2011), debido a que los hombres obtuvieron también mayores valores de MMMS y MMMI.

Cabe mencionar que, debido al auge que existe en las temáticas relacionadas con la composición corporal y la imagen (Vargas, 2015) los programas de entrenamiento con sobrecargas comúnmente empleados por los asistentes de los centros de acondicionamiento físico se caracterizan por desarrollar principalmente la masa muscular, dado a que su mayor volumen de entrenamiento genera un aumento del estrés metabólico del músculo, el cual por su mayor acidez puede mediar la respuesta hipertrófica adaptativa ya que aumenta la degradación de la fibra muscular y generara un mayor estímulo de la actividad nerviosa simpática (Buresh et al., 2009), así mismo este estrés metabólico ha demostrado mediar la liberación aguda de la Hormona de Crecimiento (Hoffman et al., 2003), por ende, este tipo de entrenamiento dará mayor masa muscular sin aumentos significativos en la fuerza (Siff & Verkhoshansky, 1999).

Por otra parte, los mecanismos relacionados con las ganancias de fuerza son muy complejos, dentro de lo que se tiene en cuenta que no solo el aumento del tamaño muscular produce ganancias de fuerza, sino también se ha encontrado que los cambios en el control neural de los músculos entrenados permitirá que el sujeto tenga una mayor fuerza, de la misma forma otros factores que pueden provocar mejoras en la fuerza es el reclutamiento de unidades motoras y la frecuencia de estimulación (Kenney, Wilmore y Costill, 2014), por lo cual con otras disciplinas deportivas que requieran altos niveles de activación neuromuscular en breves periodos de tiempo como el powerlifting posiblemente obtengan una relación negativa entre la MMMS y MMMI con el 1 RM en los ejercicios ST, PB y PM, debido a que los altos grados de tensión muscular inducen adaptaciones neurales sin hipertrofia resultante (Vissing et al., 2008), y, que es bien sabido que este tipo de manipulación variable afecta a los efectos agudos y a las adaptaciones crónicas del sistema neuromuscular (Gori et al., 2017).

Por último, es necesario recalcar que actualmente no se tiene conocimiento sobre la relación entre la masa muscular apendicular y la repetición máxima en sujetos físicamente activos, en vista de ello no fue posible comparar los resultados de esta investigación con respecto a otras, por ende, se sugiere para futuras investigaciones comparar la relación de ambas variables con diferentes disciplinas deportivas que se caracterizan por desarrollar altos niveles de fuerza en cortos periodos de tiempo, así mismo resultaría interesante relacionar la masa muscular apendicular con otras variables del rendimiento deportivo como el salto, el sprint, la fuerza prensil de la mano y la flexibilidad, debido a que la divulgación de esos resultados sería de gran importancia para interpretar la relación del cuerpo con el máximo rendimiento de estas variables lo cual posibilitará estructurar el programa de entrenamiento y las pautas dietético nutricionales para modificar este componente de acuerdo a cada deporte y sus necesidades específicas.

CONCLUSIÓN

Después de realizar esta investigación, hemos podido constatar que la masa muscular apendicular no se relaciona significativamente con la repetición máxima en ejercicios sentadilla con barra, press banca plano y peso muerto, por tal motivo los principales hallazgos obtenidos en este estudio indican que la hipertrofia muscular de miembros superiores e inferiores no está asociada al máximo peso levantado en una repetición en los ejercicios evaluados, en consecuencia se evidencia que la masa muscular apendicular no es un factor relevante del entrenamiento de la fuerza cuando el objetivo a lograr es elevar la repetición máxima.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los participantes de este estudio y a la Universidad de Pamplona por el apoyo para llevar a cabo esta investigación.

REFERENCIAS

- Abe, T., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Fahs, C. A. & Sekiguchi, O. (2014). Influence of strength training on distribution of trunk and appendicular muscle mass. *J Aging Res Clin Pract*, 3, 28-30. Recuperado de: <http://www.jarcp.com/425-influence-of-strength-training-on-distribution-of-trunk-and-appendicular-muscle-mass.html>
- Arias Odón, F. G. (2011). Metodología de la investigación en las ciencias aplicadas al deporte: un enfoque cuantitativo. *Revista Digital EFDeportes*, Año 16 - N° 157. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/efd157/investigacion-en-deporte-enfoque-cuantitativo.htm>
- Ary, D., Jacobs, L. y Razavieh, A. (1989). Introducción a la investigación pedagógica (2 ed.). México: McGraw-Hill.
- Asociación Médica Mundial (2013). Declaración de Helsinki de la AMM-Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Recuperado de: <http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-investigacion/fd-evaluacion/fd-evaluacion-etica-investigacion/Declaracion-Helsinki-2013-Esp.pdf>
- Baechle, T. R. y Earle, R. W. (2007). Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico (2 ed.). Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Buresh, R., Berg, K. & French, J. (2009). The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. *J Strength Cond Res* 23, 62-71. doi: <https://doi.org/10.1519/14433.1>
- Bustos-Viviescas, B. J., Lozano-Zapata, R. E. y Justacaro-Portillo, G. A. (2016). Incremento de la fuerza dinámica máxima a través de un protocolo de acción recíproca con deportistas amateurs. *Revista Impetus*, 10 (1 y 2), 119-126.
- Cotterman, M. L., Darby, L. A., & Skelly, W. A. (2005). Comparison of muscle force production using the smith machine and free weights for bench press and squat exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 169-176. doi:10.1519/14433.1
- Cuadrado Sáenz, G., Abella, C. P. y García-Manso, J. (2006). Aspectos metodológicos y fisiológicos del trabajo de hipertrofia muscular. España: Editorial Wanceulen.
- Esparza Ros, F. (1993). Manual de Cineantropometría. Pamplona, España: FEMEDE.
- Esper, A. (2005). Fuerza muscular, composición corporal y saltabilidad. *Revista Digital EFDeportes*, Año 10 - N° 88. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/efd88/fuerza.htm>
- Galicia Reyes, A. A. (2014). Conceptos básicos sobre la fuerza muscular. *Revista Digital EFDeportes*, Año 18, N° 190. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/efd190/conceptos-basicos-sobre-la-fuerza-muscular.htm>
- García, I., y Requena, B. (2011). La repetición máxima en el ejercicio de sentadilla: procedimientos de medida y factores determinantes. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 104, 96-105. doi: 10.5672/apunts.2014-0983.es.(2011/2).104.10
- Gómez Figueroa, J. A., García Gómez, J. G., Morales Morales, I., Quintana Rivera, A., Quintana Rivera, L. y Rivera Girón, A. R. (2015a). Evaluación de la fuerza máxima y su relación con la masa muscular del tren superior de universitarios. *Revista Digital EFDeportes*, Año 20, N° 207. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/efd207/fuerza-maxima-y-relacion-con-la-masa-muscular.htm>
- Gómez Figueroa, J. A., Hernández López, S., Marín Martínez, Z. A. y a Rivera Girón, A. R. (2015b). Análisis de la composición corporal y manifestación de la fuerza máxima en estudiantes de educación física. *Revista Digital EFDeportes*, Año 20, N° 207. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/efd207/composicion-corporal-y-fuerza-maxima.htm>
- González Badillo, J. J. y Ribas Serna, J. (2002). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Madrid, España: Editorial INDE.
- Goodpaster, B. H., Carlson, C. L., Visser, M., Kelley, D. E., Scherzinger, A., Harris, T. B & Newman, A. B. (2001). Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The health ABC study. *Journal of Applied Physiology*, 90(6), 2157-2165.
- Gori Soares, E., Ricardo Lopes, C. & Henrique Marchetti. (2017). Efeitos agudos e adaptações neuromusculares decorrente da manipulação de volume e densidade no treinamento de força. *Revista CPAQV - Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida*, 9 (2), 1-23. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Paulo_Marchetti/publication/315481844_EFEITOS_AGUDOS_E_ADAPTACOES_NEUROMUSCULARES_DECORRENTE_DA_MANIPULACAO_DE_VOLUME_E_DENSIDADE_NO_TREINAMENTO_DE_FORCA_Acute_effects
- Gregory Haff, G. & Travis Triplett, N. (2015). Essentials of Strength Training and Conditioning (4 ed.). United States of America: Publishing Human Kinetics.
- Harriss, D. J. & Atkinson, G. (2013). Ethical standards in sport and exercise science research: 2014 update. *International Journal of Sports Medicine*, 34 (12), 1025-1028. doi: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1359900>
- Hoffman, J. R., Im, J., Rundell, K. W., Kang, J., Nioka, S., Spiering, B. A., Kime, R., & Chance, B. (2003). Effect of muscle oxygenation during resistance exercise on anabolic hormone response. *Med Sci Sport Exerc*, 35, 1929-1934.
- Hutchins, M.D., & Gearhart, R.F. (2010). Accuracy of 1-RM prediction equations for the bench press and biceps curl. *Journal of Exercise Physiology Online*, 13 (3), 32-39. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/289212637_Accuracy_of_1-RM_Prediction_equations_for_the_bench_press_and_biceps_curl
- Jorquera Aguilera, C., Rodríguez Rodríguez, F., Torrealba Vieira, M. I. y Barraza Gómez, F. (2012). Composición Corporal y Somatotipo de Futbolistas Chilenos Juveniles Sub 16 y Sub 17. *International Journal of Morphology*, 30(1), 247-252. doi: <https://doi.org/10.1519/14433.1>
- Kenney, W., Wilmore, J. y Costill, D. (2014). Fisiología del deporte y el ejercicio. España: Editorial Médica Panamericana.
- Lentini, N., Cardey, M., Aquilino, G. y Dolce, P. (2006). Estudio Somatotípico en Deportistas de Alto Rendimiento de Argentina. *Publice Standard*. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/efd157/investigacion-en-deporte-enfoque-cuantitativo.htm>

- <http://g-se.com/es/antropometria/articulos/estudio-somatotipico-en-deportistas-de-alto-rendimiento-de-argentina-738>
- Lozano Zapata, R. E., Bustos-Viviescas, B. J., Acevedo-Mindiola, A. A. y Bautista Ardila, V. J. (2017). Composición corporal y somatotipo de los tenistas de mesa de Norte de Santander que participaron en los XX Juegos Nacionales, Colombia. *EmásF: Revista Digital de Educación Física*, Año 8, Núm. 46, Recuperado de: http://emasf.webcindario.com/Composicion_corporal_y_somatotipo_de_los_tenistas_de_mesa_de_Norte_de_Santander.pdf
- Moraes Gonçalves, M., Augusto Marson, R., Sá Rego Fortes, M., Borba Neves, E. & Silva Novaes, J. (2017). Relationship between total muscle force and anthropometric indicators in military of the Brazilian army. *Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento*, 11 (65), 322-329. Recuperado de: <http://www.rbone.com.br/index.php/rbone/issue/view/72/showToc>
- Newman, A. B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E. M., Goodpaster, B. H., Kritchevsky, S. B., Harris, T. B. (2006). Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. *Journal of Gerontology Biological Science*, 61 (1), 72-77.
- Orquín Castrillón, F. J., Torres-Luque, G. y Ponce de León, F. (2009). Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza sobre la composición corporal y la fuerza máxima en jóvenes entrenados. *Apunts Medicina de l'Esport*, 44 (164), 156-62. Recuperado de: <http://www.apunts.org/es/efectos-un-programa-entrenamiento-fuerza/articulo/13146029/>
- Pastor Pradillo, J. L. (2007). Salud, estado de bienestar y actividad física. *España: Wanceulen*.
- Rodríguez García, P. L. (2008). Ejercicio Físico en Salas de Acondicionamiento Muscular: Bases científico-médicas para una práctica segura y saludable. *España: Editorial Médica Panamericana*.
- Rodríguez Rodríguez, F. J., Almagià Flores, A. A. y Berral de la Rosa, F. J. (2010). Estimación de la Masa Muscular de los Miembros Apendiculares, a Partir de Densitometría Fotónica Dual (DEXA). *International Journal of Morphology*, 28 (4), 1205-1210. doi: <https://dx>.
- Rodríguez Rodríguez, F. J., Berral de la Rosa, F. J., Almagià Flores, A. A., Iturriaga Zuleta, M. F. y Rodríguez Briceño, F. (2012a). Comparación de la Composición Corporal y de la Masa Muscular por Segmentos Corporales, en Estudiantes de Educación Física y Deportistas de Distintas Disciplinas. *International Journal of Morphology*, 30(1), 7-14. doi: <http://dx>.
- Rodríguez Rodríguez, F. J., Almagià Flores, A. A. y Berral de la Rosa, F. J. (2012b). Regression Equation from Dual Energy X Ray Absorptiometry (DEXA) for Estimating Muscle Mass Segment. *International Journal of Morphology*, 30(2), 550-556. doi: <https://dx>.
- Rodríguez Rodríguez, F. J., González Fuenzalida, H. I., Cordero Ortiz, J. L., Lagos Nieto, S., Aguilera Tapia, R. A. y Barraza Gómez, F. O. (2014). Estimación y Comparación de la Masa Muscular por Segmento, en Deportistas Juveniles Chilenos. *International Journal of Morphology*, 3(2), 703-708. doi: <https://dx>.
- Rosa Guillamón, A. (2013). Metodología de entrenamiento de la fuerza. *Revista Digital EFDeportes*, Año 18, Nº 186. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/efd186/metodologia-de-entrenamiento-de-la-fuerza.htm>
- Sánchez-Sánchez, J., Pérez, S., Yagüe, J. M., Royo, J. M. y Martín, J. L. (2015). Aplicación de un programa de entrenamiento de fuerza en futbolistas jóvenes. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 15(57), 45-59. doi: <http://dx>.
- Shephard, R. J. (2007). La resistencia en el deporte. *España: Editorial Paidotribo*.
- Siff, M. C. & Verkoshansky, Y. V. (1999). Supertraining (4th ed.). *Denver, CO: Supertraining International*.
- Singh, V., Chakraborty, S. & Verma, S. (2016). Body proportion and physique of all India inter varsity male sprint swimmers. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 3 (3), 424-426. Recuperado de: <http://www.kheljournal.com/archives/2016/vol3issue3/PartD/3-3-5.pdf>
- Storer, T.W., Magliano, L., Woodhouse, L., Lee, M.L., Dzekov, C., Dzekov, J., Casaburi, R. & Bhasin, S. (2003). Testosterone dose-dependently increases maximal voluntary strength and leg power, but does not affect fatigability or specific tension. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 88 (4), 1478-1485. doi: <http://dx>.
- Vargas Molina, S. (2015). Planificación, Programación y Periodización de la Hipertrofia. *PubliCE*. Recuperado de: <https://g-se.com/planificacion-programacion-y-periodizacion-de-la-hipertrofia-1793-sa-c57cfb2724b660>
- Vissing, K., Brink, M., Lønbro, S., Sørensen, H., Overgaard, K., Danborg, K., Mortensen, J., Elstrøm, O., Rosenhøj, N., Ringgaard, S., Andersen, J.L., & Aagaard, P. (2008). Muscle adaptations to plyometric vs. resistance training in untrained young men. *J Strength Cond Res*, 22, 1799-1810. doi: <https://>
- Whisenant, M.J., Panton, L.B., East, W.B. & Broeder, C.E. (2003). Validation of submaximal prediction equations in estimating equations for the 1 repetition maximum bench press test on a group of collegiate football players. *Journal Strength Conditioning Research*, 17, 221-227.

Versión Digital