



González-Arango, L. F.; Fajardo-Colorado, D.; Vergara-López Y.; Isaza-Gómez, G. (2022). Relación entre el rendimiento y la composición corporal medida por DEXA en levantadores de pesas profesionales. *14(3):465-474.*

Original

RELACIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL MEDIDA POR DEXA EN LEVANTADORES DE PESAS PROFESIONALES

RELATIONSHIP BETWEEN PERFORMANCE AND BODY COMPOSITION MEASURED BY DEXA IN PROFESSIONAL WEIGHTLIFTERS

González-Arango, L. F.¹; Fajardo-Colorado, D.¹; Vergara-López, Y.¹; Isaza-Gómez, G.¹

¹Facultad de Ciencias de la Educación y el Deporte. Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte.

Correspondence to:

Luis Fernando González Arango
Facultad de Ciencias de la Educación y el Deporte.
Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte
Calle 9 #34-01
+57 3103967246
luisf.gonzalez@endeporte.edu.co

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*



Received:13/03/2021
Accepted:30/08/2021



RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la relación de la masa muscular magra (MMM), la masa ósea (MO) y la masa grasa (MG) con el rendimiento deportivo expresado en 1RM en los ejercicios clásicos (arranque y envión) en levantamiento de pesas olímpico. Se valoraron 22 deportistas profesionales (edad $21,64 \pm 4,3$ años, altura $167,1 \pm 9,6$ cm, peso $73,5 \pm 13,4$ kg) de la selección vallecaucana de levantamiento de pesas. La composición corporal se midió por absorciometría dual de rayos x (DEXA) y los valores hallados se contrastaron con los resultados del Arranque y el Envión por prueba directa de 1RM. Como resultado se encontró relación muy alta y significativa entre los ejercicios clásicos y la MMM del tronco ($r = ,93$; $p < ,01$), la MMM total ($r = ,90$; $p < ,01$), la MO del tronco ($r = ,88$; $p < ,01$) y la MO total ($r = ,88$; $p < ,01$) en el grupo de hombres y entre los ejercicios clásicos y la MMM del tronco ($r = ,75$; $p < ,01$), la MMM total ($r = ,72$; $p < ,01$), la MO del tronco ($r = ,84$; $p < ,01$) y la MO total ($r = ,86$; $p < ,01$) en el grupo de mujeres; mientras que la MG presentó relaciones bajas tanto en hombres como en mujeres a excepción de la MG en miembros inferiores, que en el grupo de mujeres presentó una relación moderada con el rendimiento. Se concluyó que existe correlación alta y significativa ($p < ,001$) entre la cantidad de MMM, MO y la fuerza máxima en los ejercicios clásicos en pesistas, por lo cual se puede llegar a estimar 1RM por medio de la cantidad de MMM a partir de los datos que arrojan las mediciones por DEXA.

Palabras clave: Masa muscular; fuerza muscular; levantamiento de pesas.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the relationship of lean body mass (LBM), bone mass (BM) and fat mass (FM) with the sport performance expressed in 1RM in the classic exercises (snatch and clean and jerk) in Olympic weightlifting. Twenty-two professional athletes (age $21,64 \pm 4,3$ years, height $167,1 \pm 9,6$ cm, weight $73,5 \pm 13,4$ kg) of the Valle del Cauca selection of Weightlifting were evaluated. Body composition was measured by dual absorptiometry of x-ray (DEXA) and the values found were contrasted with the results of the Snatch and the Clean and Jerk by direct 1RM test. As a result, a very high and significant relationship was found between the classic exercises and the LBM of the trunk ($r = ,93$; $p < ,01$), total LBM ($r = ,90$; $p < ,01$), the BM of the trunk ($r = ,88$; $p < ,01$) and total BM ($r = ,88$; $p < ,01$) in the group of men and between exercises classics and LBM of trunk ($r = ,75$; $p < ,01$), Total LBM ($r = ,72$; $p < ,01$), trunk BM ($r = ,84$; $p < ,01$) and total BM ($r = ,86$; $p < ,01$) in the group of women, while the FM presented low relationships in both men and women with the exception of the FM in lower limbs that in the group of women presented a moderate relationship with the performance to. It is concluded that there is a high and significant correlation ($p < ,001$) between the amount of LBM, BM and the maximum force in the classic exercises in weightlifters, for which it is possible to estimate 1RM by means of the amount of LBM from of the data provided by the DEXA measurements.

Keywords: Muscle mass; muscle strength; weight lifting.



INTRODUCCIÓN

El levantamiento de pesas olímpico o halterofilia es un deporte en cuya competencia se demuestra quién puede levantar más peso. Las actividades físicas propias de la preparación de este deporte se denominan ejercicios clásicos y se dividen en dos; arranque y envión, estas son las dos modalidades en las que compiten los pesistas, y gana quien obtenga el mejor desempeño técnico y la mayor cantidad de peso en uno de tres intentos para cada modalidad; al igual, quien logre el mayor resultado en la sumatoria de ambas (conocido como biatlón o total olímpico), sirve de referencia para categorizar a los deportistas. Esto genera que la competencia tenga requisitos morfofuncionales específicos, lo que ha conllevado a que los pesistas de alto nivel busquen la disminución del porcentaje graso y el aumento de la masa activa o también llamada masa magra (Badillo y Ayestarán, 2002). Por esta razón, los entrenamientos no solo pretenden perfeccionar el gesto técnico, igualmente buscan incrementar la hipertrofia muscular, los niveles de fuerza explosiva y reducir la cantidad de grasa corporal (Brown, 2008).

A pesar que existen estudios que exponen la composición corporal de los pesistas como uno de los tantos factores que contribuyen al rendimiento óptimo del ejercicio (Siahkoughian & Hedayatneja, 2010; Azimi et al., 2016). Algunos de ellos se siguen basando en el índice de masa corporal que en deportistas no siempre es un valor de referencia confiable, aparte de ello no hay información detallada en levantadores de pesas profesionales colombianos, de igual manera no se evalúa como la cantidad de masa magra, masa ósea y masa grasa pueden impactar en el rendimiento físico de los deportistas, al afectar características como la fuerza o la agilidad, así como el riesgo de lesiones y enfermedades (Stone et al., 2005; Hagmar et al., 2013). Por otro lado, existen varios métodos para evaluar la composición corporal que se han perfeccionado día a día, se destacan la bioimpedancia eléctrica, el pesaje hidrostático y la absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA), entre otros. Dentro de todos ellos la evaluación por DEXA se caracteriza por ser una modalidad de imagen especial que permite escanear todo el cuerpo y medir tanto la masa ósea como los tejidos blandos; el cual es el método preferido para el análisis de composición corporal

debido a la confiabilidad de sus resultados (Shepherd et al., 2017).

Hasta la fecha pocos estudios evalúan la relación entre la composición corporal y el rendimiento de pesistas a través de métodos confiables como el DEXA, muy pocas veces los resultados de fuerza son contrastados con la composición corporal segmentaria que expresa las adaptaciones musculares logradas durante el proceso de entrenamiento, a pesar que existe relación entre la masa muscular y la fuerza máxima de deportistas élite (Padilla, 2013; Hernández et al., 2017; González, 2018).

La Federación Internacional de Levantamiento de Pesas (IWF) como ente encargado de reglamentar el deporte, modificó en el 2018 las divisiones de peso en las que compiten los deportistas, dejando sin vigencia las referencias que se tenían para competir basadas en el peso corporal, por lo que se hace necesario buscar otros valores de referencia que no sean susceptibles a modificaciones como esta, valores estimativos que relacionen con la composición de cada deportista con su rendimiento deportivo y a futuro poder estimar la fuerza de un individuo sólo conociendo la composición corporal, lo que permitiría ahorrar tiempo en procesos de selección de talentos y evaluación de los resultados del entrenamiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este estudio se tomó registro del máximo resultado 1RM de los ejercicios clásicos y se midieron los kilogramos de masa magra, masa ósea y peso graso en cada uno de ellos a través de DEXA, para analizar el nivel de correlación que tienen estas variables.

El estudio de tipo descriptivo correlacional y de corte transversal se realizó durante el periodo competitivo, se evaluaron 22 pesistas profesionales con una edad deportiva promedio de 7 años, 11 hombres y 11 mujeres con una edad media ($M_{\text{edad}} 21.64; \pm 4.4$ años) pertenecientes a la liga vallecaucana de levantamiento de pesas (Colombia). Los deportistas en el momento de las pruebas no presentaban lesiones ni impedimentos médicos que imposibilitaran su inclusión en el estudio. Directivas, entrenadores y deportistas aceptaron de manera voluntaria la participación en el estudio, previo consentimiento informado se consideraron las leyes y



decretos relacionadas con la protección de datos personales (Ley 1581 de 2012) y las declaraciones éticas de Helsinki (Versión 2013 de Fortaleza, Brasil) y el comité de ética de la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte.

Evaluación del rendimiento deportivo

Mediante prueba incremental directa se evaluó el máximo resultado 1RM del arranque y el envión de los deportistas en plataforma de competencia oficial con barra de competencia equipada con discos olímpicos encauchetados marca Bulldog (Bulldog Sport Training Equipment®, Colombia). Para ello se realizó una prueba que inició con el 70% de la 1RM previa, y progresivamente se incrementó la carga entre 15 y 20 kilos basados en la percepción subjetiva del esfuerzo de cada evaluado, según la escala OMNI-RES (Robertson et al., 2003) a criterio del entrenador y bajo la supervisión de dos jueces de nivel internacional, sin sobrepasar cuatro intentos. Estas pruebas se llevan a cabo en la etapa precompetitiva para medir de manera directa el nivel de fuerza de los deportistas en los dos gestos técnicos del Levantamiento de Pesas (Arranque y Envión) tomando el máximo de kilogramos levantados en cada gesto como resultado.

Valoración de la composición corporal

La composición corporal se evaluó dos días después de la prueba de fuerza debido a que las pruebas de fuerza tienen una duración de dos días. Luego de un desayuno ligero y en una sola exploración se midieron los kilogramos de MMM, MO y MG por DEXA con un Escáner Hologic Explorer DEXA QDR Explorer™ Estados Unidos. Cada medición duró 7 minutos con una dosis de radiación mínima (5-10 μ Sv) y una precisión de 95%. El escaneo se realizó del cuerpo entero en posición decúbito dorsal con el protocolo de la sociedad internacional de densitometría clínica (Patel et al., 2004).

Análisis estadístico

Mediante la prueba de Shapiro Wilk se evaluó la normalidad de los datos, luego se llevó a cabo un ANOVA y a través de correlaciones bivariadas con el coeficiente de correlación de Pearson se estimó el grado de relación. El análisis estadístico se realizó

mediante el paquete SPSS (IBM Corporation, USA) (V.24).

RESULTADOS

La información recolectada en el estudio se muestra a continuación segmentando los datos debido a las diferencias presentes en el rendimiento y la composición corporal entre hombres y mujeres.

Los resultados evidencian una producción mayor de fuerza en hombres frente a las mujeres, así como mayor masa muscular y masa ósea. Las mujeres presentaron un peso graso mayor al de los hombres teniendo un rango de edad similar. En todos los casos existen diferencias significativas ($p < 0,01$).

En la tabla 1 se muestran las mediciones de 1RM de los ejercicios clásicos, la MMM, la MO y el PG en miembros superiores, tronco, miembros inferiores y total corporal que arrojó el DEXA, así como los valores de peso y altura segmentados por sexo.

Tabla 1. Características de la fuerza y la composición corporal en levantadores de pesas. Los resultados se expresan como media \pm desviación estándar.

	Hombres (n=11)	Mujeres (n=11)
Edad (años)	21,55 \pm 4,97	21,73 \pm 3,88
Altura (m)	173,32 \pm 8,07	160,91 \pm 6,80
Peso (kg)	81,65 \pm 12,87	65,49 \pm 8,30
Arranque (kg)	146,27 \pm 20,11	92,18 \pm 10,15
Envión (kg)	178,00 \pm 21,26	115,73 \pm 12,41
MMMSS (kg)	9,25 \pm 1,97	5,29 \pm 0,72
MMMT (kg)	30,17 \pm 4,14	21,51 \pm 2,47
MMMII (kg)	25,39 \pm 4,26	18,08 \pm 2,65
MMMTTotal (kg)	68,69 \pm 10,52	48,14 \pm 5,74
OMMSS (kg)	0,53 \pm 0,13	0,34 \pm 0,06
OT (kg)	1,06 \pm 0,16	0,80 \pm 0,11
OMMII (kg)	1,34 \pm 0,25	0,93 \pm 0,14
OTotal (kg)	3,49 \pm 0,59	2,66 \pm 0,32
GMMSS (kg)	1,04 \pm 0,29	1,49 \pm 0,32
GT (kg)	3,68 \pm 1,24	5,44 \pm 1,25
GMMII (kg)	3,55 \pm 1,28	6,30 \pm 1,46
GTTotal (kg)	9,30 \pm 2,69	14,18 \pm 2,84

Arranque: máximo peso levantado en la modalidad del levantamiento de pesas de un solo movimiento. Envión: máximo peso levantado en la modalidad del levantamiento de pesas de dos tiempos. MMMSS: MMM de miembros superiores en kilogramos. MMMII: MMM de miembros inferiores en kilogramos. MMT: MMM del tronco en kilogramos. MTotal:



MMM de todo el cuerpo en kilogramos, OMMSS: Masa Ósea de miembros superiores en kilogramos. OMMII: Masa Ósea de miembros inferiores en kilogramos. OT: Masa Ósea del tronco en kilogramos. MOTotal: Masa Ósea de todo el cuerpo en kilogramos, GMMSS: Masa grasa de miembros superiores en kilogramos. GT: Masa grasa del tronco en kilogramos. GMMII: Masa grasa de miembros inferiores en kilogramos. GTTotal: Masa grasa de todo el cuerpo en kilogramos.

El ANOVA evidenció diferencias significativas en los resultados entre hombres y mujeres (ver suplemento 1). Cuando el grupo de estudio se analizó separado por sexo las medidas de rendimiento deportivo y MG presentaron correlaciones bajas y no significativas, sin embargo, estas variables se correlacionaron negativamente cuando se examina el total de participantes ($p < 0.05$) (ver suplemento 2).

Se reflejan en la tabla 2 las correlaciones de Pearson entre la 1RM de los ejercicios clásicos y la composición corporal segmentada en MMM, MO y MG para el grupo de hombres que participaron en el estudio. Como se puede apreciar hubo correlaciones muy altas y estadísticamente significativas entre el rendimiento deportivo y el peso corporal ($p < 0,01$), la MMM ($p < 0,01$) y la MO ($p < 0,01$), las correlaciones con el PG fueron bajas y en algunos casos como el de la GMMII no significativas. Se encontró alta correlación entre el rendimiento y la altura en hombres. Entre las correlaciones más destacadas con la 1RM de los ejercicios clásicos se encuentran la relación con el peso corporal, la MMT y la MMTTotal así como la OT y la OTTotal, cabe resaltar que la MMM y la MO tanto en MMSS como en MMII también presentan relación muy alta.

Tabla 2. Correlaciones entre 1RM de los ejercicios clásicos y la composición corporal en hombres pesistas.

Los resultados se expresan por medio del valor del coeficiente de correlación de Pearson (r).

	Arranque	p	Envi3n	p
Altura	0,792	0,004	0,696	0,017
Peso	0,900	0,000	0,888	0,000
MMSS	0,882	0,000	0,858	0,001
MMT	0,936	0,000	0,936	0,000
MMII	0,825	0,002	0,801	0,003
MMTotal	0,901	0,000	0,892	0,000
OMSS	0,863	0,001	0,812	0,002

OT	0,885	0,000	0,849	0,001
OMII	0,817	0,002	0,803	0,003
OTotal	0,873	0,000	0,854	0,001
GMMSS	0,542	0,085	0,589	0,056
GTronco	0,519	0,102	0,533	0,092
GMMII	0,547	0,082	0,535	0,090
GTTotal	0,594	0,054	0,599	0,051

Arranque: modalidad del levantamiento de pesas de un solo movimiento. Envi3n: modalidad del levantamiento de pesas de dos tiempos. MMSS: MMM de miembros superiores. MMTT: MMM del tronco. MMII: MMM de miembros inferiores. MMTTotal: MMM de todo el cuerpo. OMMSS: MO de miembros superiores. OT: MO del tronco. OMMII: MO de miembros inferiores. OTotal: MO de todo el cuerpo. GMMSS: MG de miembros superiores. GT: MG del tronco. GMMII: MG de miembros inferiores. GTTotal: MG de todo el cuerpo.

p : valor de significaci3n de la correlaci3n de Pearson (r) en cada grupo

Los resultados demuestran que a mayor cantidad de MMM se logra levantar m3s peso no solo en miembros inferiores, sino, en miembros superiores y tronco, evidenciando la importancia de toda la musculatura y la poca influencia de la MG en los gestos t3cnicos del levantamiento de pesas.

De igual manera el desarrollo de fuerza m3xima y potencia incrementa la MO como lo demuestra la alta correlaci3n con el rendimiento de pesistas y como lo han demostrado estudios que han evaluado la MO en el levantamiento de pesas, (Jeon et al. 2021) por ejemplo, encontraron que los levantadores ol3mpicos tuvieron la densidad mineral 3sea total significativamente mayor que otros deportes afines ($p = 0.018$). de igual manera a lo encontrado por (Conroy, B. P. et al. 1993) donde los valores de densidad mineral 3sea para los levantadores junior eran significativamente mayores en comparaci3n con su grupo de control de la misma edad.

En la tabla 3 se aprecian las correlaciones entre la 1RM de los ejercicios cl3sicos y la composici3n corporal segmentada en MMM, MO y MG para el grupo de mujeres. Se encuentran correlaciones altas y estadísticamente significativas entre el rendimiento deportivo la MMM ($p < 0,01$) y la MO ($p < 0,01$) a excepci3n de la relaci3n entre la 1RM del arranque y la MMII ($r = 0,578$ $p < 0,062$), las correlaciones con la altura y la MG fueron muy bajas y bajas respectivamente y no fueron significativas. La



relación con el peso corporal a diferencia del grupo de hombres fue alta, así como la relación con la MMT y la MMTot, por su parte la relación con la OT y la OTot fue muy alta ($p < 0,01$), cabe resaltar que la MMM y la MO tanto en MMSS como en MMII también presentan relación muy alta.

A pesar de las diferencias entre hombres y mujeres los resultados revelan que a mayor cantidad de MMM se desarrolla mayor fuerza en todos los segmentos corporales, la altura y la MG no tienen influjo en el rendimiento de las pesistas.

Tabla 3. Correlaciones entre 1RM de los ejercicios clásicos y la composición corporal en mujeres pesistas.

Los resultados se expresan por medio del valor del coeficiente de correlación de Pearson (r).

	Arranque	p	Envión	p
Altura	0,208	0,539	0,240	0,477
Peso	0,677	0,022	0,709	0,015
MMMSS	0,871	0,000	0,868	0,001
MMT	0,751	0,008	0,74	0,009
MMII	0,578	0,062	0,613	0,045
MMTotal	0,717	0,013	0,728	0,011
OMMSS	0,762	0,006	0,697	0,017
OT	0,847	0,001	0,824	0,002
OMMII	0,668	0,025	0,671	0,024
OTot	0,861	0,001	0,79	0,004
GMMSS	0,376	0,254	0,400	0,223
GTronco	0,168	0,621	0,225	0,506
GMMII	0,639	0,034	0,705	0,015
GTotal	0,456	0,159	0,518	0,103

Arranque: modalidad del levantamiento de pesas de un solo movimiento. Envión: modalidad del levantamiento de pesas de dos tiempos. MMMSS: MMM de miembros superiores. MMTT: MMM del tronco. MMII: MMM de miembros inferiores. MMTotal: MMM de todo el cuerpo. OMMSS: MO de miembros superiores. OT: MO del tronco. OMMII: MO de miembros inferiores. OTot: MO de todo el cuerpo. GMMSS: PG de miembros superiores. GT: PG del tronco. GMMII: PG de miembros inferiores. GTotal: PG de todo el cuerpo.

p: valor de significación de la correlación de Pearson (r) en cada grupo

Los resultados obtenidos evidencian una asociación entre la composición corporal y el rendimiento de los pesistas, siendo una valiosa herramienta que podría

ser utilizada por los entrenadores para el control y seguimiento en los niveles de iniciación, formación y altos logros deportivos; además de ser de particular interés para los clubes, las ligas y las federaciones de levantamiento de pesas y comités olímpicos

DISCUSIÓN

Esta investigación se centró en analizar la relación entre 1RM de los ejercicios clásicos, la masa muscular, la masa ósea y el peso graso. Se encontró que existe correlación muy alta y significativa ($p < 0,001$) entre el rendimiento y la MMM y la MO, proponiendo que su incremento conduce a desarrollar mayor 1RM. Estas relaciones son mayores frente a relaciones de la fuerza máxima con variables evaluadas por mediciones antropométricas como el índice de masa corporal (IMC) ($r = 0,357$ y $r = 0,374$; $p < 0,05$) (Siahkoughian & Hedayatneja, 2010). En la investigación realizada por (Rodríguez Rodríguez, F. et al 2014), en la que se evaluaron múltiples disciplinas, donde se confirma que, en cuanto a la halterofilia, debido al proceso de entrenamiento de fuerza e hipertrofia se producen adaptaciones que conllevan al aumento de la masa muscular. Por otra parte estudios que se han basado en identificar masa muscular y magra en diferentes poblaciones como el de Guillén (2017) donde se determinó que los deportistas competidores de élite en diversas disciplinas poseen características similares con relación a la composición corporal, cabe aclarar que, en estas investigaciones se ha evaluado la relación entre el rendimiento y la composición corporal basados en la estimación de estas variables por medio de técnicas antropométricas, demostrando que existen correlaciones moderadas a altas (Stone et al., 2005; Caruso, 2009; Siahkoughian & Hedayatneja, 2010; Durkalec-Michalski, 2019). Sin embargo, estudios más recientes evidencian que la medición por DEXA presenta valores con un mayor nivel de correlación con variables del rendimiento deportivo, reportando correlaciones muy grandes a casi perfectas entre el arranque y el envión con la masa muscular (Zaras et al., 2020), lo cual concuerda con nuestros resultados en donde la MMM presenta relaciones muy altas y significativas con el rendimiento en pesistas.

Los hallazgos de Stone et al, (2005), quienes evaluaron la relación entre la fuerza máxima y la capacidad de levantamiento de pesas, probaron que la fuerza máxima está fuertemente relacionada con el



rendimiento de los deportistas, independiente de las diferencias de masa corporal y altura. Algo similar al estudio de Kauhanen et al, (2002), los cuales mostraron que se puede predecir el desempeño de un deportista por medio de la capacidad de fuerza en levantadores de pesas masculinos, restando importancia a la masa muscular magra, resultados que difieren con lo encontrado en esta investigación, puesto que se evidencia que el desarrollo de la fuerza máxima incrementa la masa muscular convirtiéndola en protagonista de la ejecución de los gestos en los levantadores de pesas independientemente de la edad y años de entrenamiento. Lo único que parece incidir con similitud a la MMM en el desempeño del grupo evaluado, es el sexo biológico.

A pesar de que los hombres tienen mayor masa muscular, huesos más grandes y menor porcentaje de grasa en las extremidades y las mujeres presentan una distribución más periférica de grasa (Larsson et al., 1979; García & Naclerio 2006; Pérez, 2009; Toro-Román et al., 2021), las diferencias fisiológicas entre hombres y mujeres en la practicas de deportes para el rendimiento, podrían ser notorias si solo se evalúa el peso, pero como pudo observar Aguinaga, (2018), aunque las mujeres tienden a presentar una media más alta en porcentaje de grasa con relación a los hombres, la composición corporal en hombres y mujeres deportistas élite se comportan de manera similar, como sucedió en el grupo evaluado, donde, las diferencias entre hombres y mujeres en la masa muscular y la masa ósea disminuyen levemente y presentan correlaciones similares con el rendimiento a excepción del peso corporal y la altura, que en hombres presentan correlaciones muy altas y altas frente al grupo de mujeres en quienes disminuye su relación con el peso corporal y no presentan relación entre el rendimiento y la altura. Esto podría coincidir con que la fuerza muscular se acerca a máximos absolutos en alturas de 183 cm para hombres y 175 cm para mujeres (Ford et al., 2000), mientras que en el grupo de mujeres evaluadas en este estudio el promedio de altura fue de 160,9 cm.

Por otra parte, se observa que en el grupo de hombres la masa ósea tiene alta correlación con la masa muscular y con el rendimiento de los pesistas. Hasta la fecha se ha evidenciado que los deportistas, particularmente aquellos que entrenan la fuerza, tienen mayor densidad ósea que aquellos que no

realizan actividades deportivas (Conroy et al., 1993; Karlsson et al., 1993; Chilibeck et al., 1995; Koşar, 2016). Adicionalmente, la fuerza, la masa muscular y el consumo máximo de oxígeno se correlacionan con la masa ósea (Chilibeck et al., 1995). Hay que resaltar que la masa muscular total y apendicular son los predictores más fuertes de masa ósea en diversas poblaciones (Koşar, 2016). Esta relación, así como la forma en que ocurre la transformación del hueso, se han explicado desde varios aspectos que incluyen estímulos bioquímicos como la liberación de prostaglandinas, potenciales piezoeléctricos y de flujo, aumento del flujo sanguíneo óseo, microdaños, mecanismos mediados por hormonas, entre otros. Se cree que estos mecanismos pueden actuar por sí solos o en concierto, dependiendo de la situación de carga y las características del hueso (Chilibeck et al., 1995).

A su vez, en el grupo de mujeres una de las relaciones más bajas se dio entre la 1RM de los ejercicios clásicos y la masa muscular de miembros inferiores en comparación con la de los miembros superiores. Los estudios han mostrado que la masa muscular de miembros superiores no está asociada al desarrollo de la potencia en los ejercicios clásicos (Kroon et al., 2020). No obstante, los resultados muestran una alta correlación con éstos, proponiendo así, que la MMMS si tiene un papel muy importante en el desempeño deportivo de mujeres pesistas.

En el grupo de mujeres también se evidencia que la relación de la masa ósea apendicular con el rendimiento deportivo no es tan alta como en el caso de los hombres, especialmente en miembros inferiores, lo cual podría deberse al incremento del GMMII en este grupo. Para esto, es necesario resaltar que existe evidencia que demuestra que las mujeres presentan un incremento en el porcentaje graso en miembros inferiores conocido como tejido no contráctil, el cual tiene una relación baja con la fuerza en todas sus manifestaciones (Ford et al., 2000). Sin embargo, nuestros resultados muestran que en el grupo de mujeres existe relación entre el desempeño y el peso graso de miembros inferiores, lo que puede sugerir que, a diferencia de los hombres, el GMMII coadyuva al desempeño en mujeres pesistas, esto se puede deber a que el porcentaje graso participe como tejido equilibrador de los músculos debido a su densidad, cabe aclarar que se deberían hacer más estudios sobre esta teoría.



Estos resultados en conjunto pueden explicarse debido a que evolutivamente hombres y mujeres han desarrollado diferencias entre su composición corporal. El hombre por la caza, la guerra y la construcción incrementó sus niveles de testosterona, lo cual infirió en la cantidad de masa muscular y está a su vez elevó los niveles de fuerza. Mientras que, por su parte, la mujer por la gestación y un hueso de cadera dividido aumentó los niveles de estrógeno y con ello su porcentaje graso, lo cual le ha permitido ser más laxa y mejorar la capacidad de estabilidad en deportes de equilibrio (Handelsman et al., 2018). Por consiguiente, los resultados obtenidos permiten sugerir que el porcentaje graso también podría estar relacionado con el desempeño en deportes donde la fuerza muscular es protagonista, sin embargo, se necesitan más estudios que permitan corroborar esta asociación.

Finalmente, se observa de manera general que tanto la MMM como la MO tienen una relación más elevada con el desempeño de pesistas desde la composición central y total. Mientras que a nivel apendicular esta relación disminuye. Por lo tanto, es necesario desarrollar valores de referencia que fraccionen el cuerpo y discriminen el género en levantadores de pesas, con el fin de controlar efectivamente las adaptaciones morfológicas derivadas del entrenamiento en este deporte y así, de ser necesario, poder realizar ajustes en la planificación deportiva, convirtiéndose en predictores de la fuerza que permitan además seleccionar deportistas con alto potencial para las competencias del levantamiento de pesas olímpico, puesto que algunos autores han encontrado que la composición corporal tiene un efecto determinante en el éxito deportivo es así como Suarez-Arrones et al, (2019), exponen la relación inversa que tiene la masa grasa con la capacidad aeróbica y la relación potencia/peso del deportista además de la termorregulación, así como la masa muscular magra contribuye fuertemente a la fuerza y al rendimiento energético..

CONCLUSIONES

A pesar de encontrar algunas limitaciones para reclutar a los deportistas que representan al país en los olímpicos, nos encontramos con diferentes niveles de desempeño deportivo donde se pueden descubrir diferencias estadísticas significativas en los resultados, para aportar mayores análisis frente al

rendimiento con relación a las modificaciones de la composición corporal como efecto del entrenamiento que caracterice el potencial de los deportistas. Se encontró que las diferencias entre el desempeño y la composición corporal entre hombres y mujeres disminuyen en levantadores de pesas, igualmente hay relaciones más altas entre el desempeño y los valores totales. A pesar de ello, las evaluaciones se deben realizar de manera individual y segmentada para prevenir sesgos en los resultados y favorecer la precisión de las correlaciones.

Existe correlación alta y significativa ($p < .001$) entre la cantidad de MMM, MO y la fuerza máxima en los ejercicios clásicos tanto en hombres como en mujeres, no solo en miembros inferiores como se ha llegado a universalizar, sino, en miembros superiores y tronco, evidenciando la trascendencia que tiene el desarrollo muscular en el desempeño de los levantadores de pesas profesionales. En consecuencia, es de especial importancia la realización de estudios predictivos de la fuerza por medio de la composición corporal, proponiendo estimaciones a partir de los datos que arrojan las mediciones por DEXA.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte y a todos los deportistas de la liga vallecaucana de levantamiento de pesas en cabeza de su entrenador Jaiber Manjarrez por su compromiso con la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguinaga Ramos, J. A. (2018). Composición corporal y su relación con la dieta de los deportistas categoría senior de levantamiento de pesas de la Concentración Deportiva de Pichincha, diciembre 2017 a enero 2018 (Bachelor's thesis, PUCE).
2. Azimi, F., Siahkoughian, M., & Hedayatnejad, M. (2016). Lean body mass as a predictor of performance of young Iranian elite weightlifters. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 38(2), 179-186.
3. Badillo, J. J. G., y Ayestarán, E. G. (2002). Fundamentos del entrenamiento de la



- fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo: texto básico del Máster Universitario en Alto Rendimiento Deportivo del Comité Olímpico Español y de la Universidad Autónoma de Madrid. Inde.
4. Bompa, Tudor O. Periodización del entrenamiento deportivo. Vol. 24. Editorial Paidotribo, 2006. ISBN 848019488X, 9788480194884
 5. Brown, L., Barnes, M., & Sagir, B. (2008). Entrenamiento de la fuerza. In Entrenamiento de la fuerza (pp. 359-359).
 6. Caruso, J., McLagan, J., Shepherd, C., Olson, N., Taylor, S., Gilliland, L., ... & Griswold, S. (2009). Anthropometry as a predictor of front squat performance in American college football players. *Isokinetics and Exercise Science*, 17(4), 243-251.
 7. Conroy, B. P., Kraemer, W. J., Maresh, C. M., Fleck, S. J., Stone, M. H., Fry, A. C., ... & Dalsky, G. P. (1993). Bone mineral density in elite junior Olympic weightlifters. *Medicine and science in sports and exercise*, 25(10), 1103-1109.
 8. Durkalec-Michalski, K., Nowaczyk, P. M., Podgórski, T., Kusy, K., Osiński, W., & Jeszka, J. (2019). Relationship between body composition and the level of aerobic and anaerobic capacity in highly trained male rowers. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 59(9), 1526-1535.
 9. Ford, L. E., Dettlerline, A. J., Ho, K. K., & Cao, W. (2000). Gender-and height-related limits of muscle strength in world weightlifting champions. *Journal of Applied Physiology*, 89(3), 1061-1064.
 10. García, S., & Naclerio, F. (2006). Influencia de la Longitud de los Miembros Superiores sobre la Fuerza y la Potencia Producida en el Press de Banca-G-SE/Editorial Board/Dpto. Contenido. PubliCE.
 11. González Arango, L. F. (2018). Composición corporal segmentaria como factor predictivo de la fuerza máxima de brazos de deportistas del valle del cauca.
 12. Guillén Ramírez, M. E. (2017). Desarrollo de un patrón de referencia para clasificar el físico corporal y su proporcionalidad basado en la relación de masa magra y masa grasa (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
 13. Hagmar, M., Berglund, B., Brismar, K., & Hirschberg, A. L. (2013). Body composition and endocrine profile of male Olympic athletes striving for leanness. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 23(3), 197-201.
 14. Handelsman, D. J., Hirschberg, A. L., & Bermon, S. (2018). Circulating testosterone as the hormonal basis of sex differences in athletic performance. *Endocrine reviews*, 39(5), 803-829.
 15. Hernández, P. J. B., Lara, E. R., & Iturriaga, F. M. A. (2017). Relación entre parámetros antropométricos, agarre máximo y velocidad de lanzamiento en jugadores jóvenes de waterpolo. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (31), 212-218.
 16. Jeon, W., Harrison, J. M., Stanforth, P. R., & Griffin, L. (2021). Bone Mineral Density Differences Across Female Olympic Lifters, Power Lifters, and Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(3), 638-643.
 17. Kauhanen, H. E. I. K. K. I., Komi, P. V., & Häkkinen, K. E. I. J. O. (2002). Standardization and validation of the body weight adjustment regression equations in Olympic weightlifting. *Journal of strength and conditioning research*, 16(1), 58-74.
 18. Karlsson, M. K., Johnell, O., & Obrant, K. J. (1993). Bone mineral density in weight lifters. *Calcified tissue international*, 52(3), 212-215.



19. Koşar, Ş. N. (2016). Associations of lean and fat mass measures with whole body bone mineral content and bone mineral density in female adolescent weightlifters and swimmers.
20. Kroon, Claus Westphal, et al. "Kineanthropometric profile of weightlifters of different age and gender categories in the Coquimbo region." *Revista Horizonte Ciencias de la Actividad Física* 11.2 (2020): 1-9.
21. Padilla, J. (2013). Relación entre la proporcionalidad corporal y la velocidad del swing en jugadores de béisbol juvenil: efecto de la fuerza explosiva. *Revista Electrónica Actividad Física y Ciencias*, 5(2), 1-25.
22. Patel, R., Blake, G. M., & Fogelman, I. (2004). An evaluation of the United Kingdom National Osteoporosis Society position statement on the use of peripheral dual-energy X-ray absorptiometry. *Osteoporosis international*, 15(6), 497-504.
23. Pérez, R. Z. (2009). Diferencias significativas entre el hombre y la mujer deportista en cuanto a la capacidad de rendimiento deportivo. *Científica: Rendimiento Deportivo*, 4.
24. Rodríguez Rodríguez, F. J., González Fuenzalida, H. I., Cordero Ortiz, J. L., Lagos Nieto, S., Aguilera Tapia, R. A., & Barraza Gómez, F. O. (2014). Estimación y comparación de la masa muscular por segmento, en deportistas juveniles chilenos. *International Journal of Morphology*, 32(2), 703-708.
25. Robertson, R., Goss, F., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., & Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 333-341.
26. Siahkoughian, M., & Hedayatneja, M. (2010). Correlations of anthropometric and body composition variables with the performance of young elite weightlifters. *Journal of Human Kinetics*, 25(1), 125-131.
27. Shepherd, J. A., Ng, B. K., Sommer, M. J., & Heymsfield, S. B. (2017). Body composition by DXA. *Bone*, 104, 101-105.
28. Stone, M. H., Sands, W. A., Pierce, K. C., Carlock, J. O. N., Cardinale, M., & Newton, R. U. (2005). Relationship of maximum strength to weightlifting performance. *Med Sci Sports Exerc*, 37(6), 1037-43.
29. Arrones, L. S., de Villarreal Sáez, E. S., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A., ... & Villanueva, A. M. (2019). Entrenamiento con sobrecarga excéntrica en temporada de competición en futbolistas de élite: Efectos en la composición corporal, la fuerza y el rendimiento de sprint. *RED: Revista de entrenamiento deportivo= Journal of Sports Training*, 33(4), 39-53.
30. Toro-Román, V., Siquier-Coll, J., Bartolomé, I., Grijota, F. J., Maynar, M., & Muñoz, D. (2021). relaciones entre la composición corporal y las pruebas de velocidad, aceleración y cambios de dirección en estudiantes universitarios. *Journal of Sport and Health Research*, 13(1), 67-78.
31. Zaras, N., Stasinaki, A. N., Spiliopoulou, P., Hadjicharalambous, M., & Terzis, G. (2020). Lean Body Mass, Muscle Architecture, and Performance in Well-Trained Female Weightlifters. *Sports*, 8(5), 67.