

Relación entre indicadores de fuerza muscular con el consumo máximo de oxígeno en jóvenes universitarios.

Relationship between indicators of muscle strength and maximum oxygen consumption in university students



<https://doi.org/10.54139/salus.v25i1.39>

Jorge Méndez Cornejo¹ Rossana Gomez Campos¹ Gernot Kurt Hecht Chau² Camilo Urrea Albornoz³ Fernando Alvear Vasquez¹ Jose Sulla Torres⁴ Patricio Gatica Mandiola¹ Marco Cossio Bolaños¹

RESUMEN

En las diversas actividades de la vida cotidiana, tanto físicas, deportivas y recreativas, es importante la contribución de la capacidad aeróbica y resistencia muscular, que pueden actuar como factores protectores para un adecuado nivel de salud. El objetivo del trabajo, fue verificar si existe asociación entre las manifestaciones de la fuerza muscular con el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2MÁX}$) en jóvenes universitarios. Se efectuó un estudio de tipo descriptivo (correlacional). Fueron investigados 98 universitarios (67 hombres y 31 mujeres) en el año 2018. Se evaluó el peso, la estatura, la fuerza de prensión manual derecha e izquierda, prueba de resistencia muscular abdominal, flexo-extensión de brazos y el salto horizontal. Se evaluó el ($VO_{2MÁX}$) por medio del test de Leger. Se calculó el Índice de Masa Corporal IMC. Hubo relación positiva entre las manifestaciones de la fuerza con el $VO_{2MÁX}$. Con la resistencia muscular abdominal fue de $R^2= 0,20-0,27$, con la flexo-extensión de brazos $R^2=0,15-0,16$ y con el salto horizontal fue de $R^2= 0,14-0,44$. No se observó correlación entre $VO_{2MÁX}$ con la fuerza de prensión manual de ambas manos y en ambos sexos. Los jóvenes clasificados con elevado nivel de $VO_{2MÁX}$ (tercil 3) y moderado $VO_{2MÁX}$ (tercil 2) presentaron valores significativos más alto de fuerza muscular que los clasificados con bajo $VO_{2MÁX}$ (Tercil 1) en ambos sexos. Se verificó que el $VO_{2MÁX}$ se asocia positivamente con las manifestaciones de fuerza muscular, como la resistencia muscular de brazos, resistencia muscular abdominal y con la fuerza de miembros inferiores en ambos sexos.

Palabras clave: Fuerza muscular, $VO_{2MÁX}$, Jóvenes Universitarios

¹Universidad Católica del Maule Talca, Chile

²Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.

³Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Talca, Chile

⁴Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú

Autor de correspondencia: Rossana Gomez Campos

E-mail: rossaunicamp@gmail.com

Recibido: 12-07-2020

Aprobado: 18-11-2020

ABSTRACT

In the various activities of daily life, both physical, sports and recreational, the contribution of aerobic capacity and muscular endurance are important protective factors for an adequate level of health. The objective of this work was to determine whether there was an association between the manifestations of muscular strength and the maximum oxygen consumption (VO_{2max}) in university students. A descriptive correlational study was carried out in 2018. 98 university students (67 men and 31 women) were included. Weight, height, right and left-hand grip strength, abdominal muscle resistance test, arm flexion-extension and horizontal jump were evaluated. The Leger test was used for VO_{2max} determination. The Body Mass Index (BMI) was calculated. A positive relationship was found between force manifestations and VO_{2max} . With abdominal muscular endurance $R^2 = 0.20-0.27$, with flexion-extension of the arms $R^2 = 0.15-0.16$, and with horizontal jump $R^2 = 0.14-0.44$. No correlation was observed between VO_{2max} with manual grip strength of either hand and in any of the sexes. Young people classified as having a high level of VO_{2max} (tertile 3) and moderate VO_{2max} (tertile 2) presented significantly higher values of muscle strength than those classified as having a low VO_{2max} (Tertile 1) in both sexes. It was concluded that VO_{2max} is positively associated with manifestations of muscular strength, such as muscular endurance of the arms, abdominal muscular endurance and with the strength of the lower limbs in both sexes.

Key words: Muscle strength, $VO_{2MÁX}$, University Students.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, tanto a nivel mundial como en América Latina y el Caribe, se está observando un aumento rápido en la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles ECNT (1) y sedentarismo (2).

Entre los principales factores de riesgo de las ECNT, se encuentran el tabaquismo, abuso del alcohol, dietas malsanas, actividad física insuficiente, sobrepeso/ obesidad, tensión arterial elevada, glicemia sanguínea elevada y colesterol elevado (3). Sin embargo, a pesar de ser varios los factores de riesgo, también surgen los factores modificables, como la práctica del ejercicio físico, buena aptitud física y una vida físicamente activa (4), que actúen como factores protectores, ayudando a mejorar el nivel de salud de la población general.

Un adecuado nivel de aptitud física relacionado a la salud, incluye componentes como la resistencia cardiovascular,

composición corporal, la fuerza muscular, la resistencia muscular y la flexibilidad (5). En el caso específico de la resistencia aeróbica o cardiovascular, expresada a través del consumo de máximo de oxígeno ($VO_{2MÁX}$), es considerada la medida de criterio e indicador fisiológico de la aptitud cardiorrespiratoria de un individuo (4). Esta proporciona una medida de la capacidad máxima del sistema aeróbico (oxidativo) para suministrar energía durante el ejercicio extenuante (6). Es considerado como un indicador fisiológico y es utilizado frecuentemente como un marcador de aptitud cardiorrespiratoria de un individuo (7).

Entre los factores que pueden influir en la aptitud aeróbica se incluye la edad, el sexo, factores genéticos, la composición corporal, enfermedades, niveles de entrenamiento físico, funciones pulmonares y cardíacas, factores neurales, y propiedades del músculo esquelético (8).

En general, el músculo esquelético es uno de los sistemas más dinámicos y plásticos del cuerpo humano, comprende aproximadamente el 40% del peso corporal total y contiene 50 a 75% de todas las proteínas del cuerpo humano (9). De hecho, su contribución independiente de la actividad musculo-esquelética ha sido evidenciada, básicamente por la expresión de fuerza y resistencia muscular observada en diversas actividades de la vida cotidiana y en actividades específicas físico-deportivas y recreativas

Algunos estudios a nivel muscular (6,8) han demostrado que la alta capacidad aeróbica se asocia con una alta capacidad para el metabolismo oxidativo de los lípidos, o resistencia muscular.

Por eso, evaluar la fuerza muscular en sus distintas manifestaciones es relevante, puesto que permite monitorizar los niveles de aptitud física en diversas etapas de la vida y especialmente a edades tempranas. Es ampliamente conocido que la capacidad de producción de fuerza por el músculo esquelético se asocia por lo general con menor riesgo de sufrir eventos cardiovasculares y un mejor estado de salud (10).

Basados en varios estudios que han demostrado que la aptitud aeróbica, fuerza muscular y niveles de participación en actividades físicas se asocian con una mejor salud cardiometabólica y un menor riesgo de muerte (11-13). Esta investigación supone que existe relación positiva entre las manifestaciones de la fuerza muscular (fuerza isométrica, resistencia muscular y fuerza explosiva) con el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2MÁX}$).

Así, el objetivo de este estudio, fue verificar si existe asociación entre las manifestaciones de la fuerza muscular con el $VO_{2MÁX}$ en jóvenes universitarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se efectuó un estudio de tipo descriptivo (correlacional) en 98 universitarios que estudian la carrera de Educación física

(67 hombres y 31 mujeres). De un total de 320 alumnos, fueron seleccionados de forma probabilística (sistemático) 29,9%. El rango de edad para los hombres fue 17,8 y 26,1 años y para las mujeres 17,9 y 23,5 años. El estudio se efectuó en los meses de abril y mayo del año 2018.

La selección de la muestra fue de tipo no probabilística. Los estudiantes pertenecen a una universidad de la Región del Maule (Talca, Chile). Se incluyeron a los alumnos que de forma voluntaria aceptaron participar del estudio. Todos firmaron y autorizaron el consentimiento para ser evaluados durante la investigación.

Se incluyeron a estudiantes de educación física matriculados y que asistían regularmente a la universidad con 70% de asistencia, que cumplieron las pruebas físicas, mientras que fueron excluidos los jóvenes que tenían algún tipo de lesión deportiva que impida la realización de las pruebas físicas (3 sujetos). La investigación se desarrolló de acuerdo a las pautas que se establecen en la declaración de Helsinki para seres humanos y de acuerdo al Comité de Ética de la universidad.

Procedimientos. Se recabó la fecha de nacimiento y sexo de las fichas de registro al ingreso a la universidad. Se evaluaron las variables antropométricas, seguidas de las pruebas físicas para evaluar las variables de estudio: indicadores de fuerza y consumo máximo de oxígeno ($VO_{2MÁX}$). Se destinó 10 minutos para el calentamiento, previo a la evaluación de los test físicos. Todo el procedimiento se efectuó en las instalaciones deportivas de la Universidad y estuvo a cargo de dos de los investigadores del estudio.

Para determinar el control de calidad de las variables recolectadas se midió dos veces el peso corporal y la estatura, reflejando un error Técnico de medición inferior (ETM) al 1,8%, las pruebas de aptitud física, excepto la prueba de consumo máximo de oxígeno se evaluaron dos veces. El ETM de las pruebas de aptitud muscular oscilaron entre 1,2 a 2,5%.

Las variables antropométricas fueron medidas de acuerdo a las sugerencias descritas por Ross, Marfell-Jones (14). Se evaluó el peso corporal (kg) utilizando una balanza electrónica (Tanita, United Kingdom, Ltd), con una escala 0 - 150 kg y con precisión de 100g. La estatura se midió con un estadiómetro portátil (Seca GmbH & Co. KG, Hamburg, Germany) con una precisión de 0,1mm de acuerdo al plano de Frankfurt. Se calculó el Índice de Masa Corporal (IMC) por medio de la fórmula: $IMC = \text{Peso (kg)} / \text{estatura}^2 \text{ (m)}$.

Las pruebas de aptitud física de fuerza fueron aplicadas en el siguiente orden: Fuerza de prensión manual (FPM), Salto Horizontal (SH), Flexión de brazos (FB), fuerza de resistencia muscular abdominal (RMA) y consumo máximo de oxígeno ($VO_{2MÁX}$).

La fuerza de prensión manual (FPM) se evaluó en ambas manos de acuerdo a las recomendaciones descritas por

Roberts et al (15). Se utilizó un dinamómetro manual hidráulico JAMAR (modelo J00105 Lafayette Instrument Company. USA. Capacidad de 90 kg y peso de 727 g), cuya precisión fue de 0,1 kg-f, Se evaluó dos veces y se registró el mejor resultado.

La prueba del salto horizontal evalúa la fuerza explosiva de las extremidades inferiores, donde los sujetos ejecutaron un salto con los dos pies hacia adelante, tratando de llegar lo más lejos posible de la línea inicial. La puntuación se obtiene midiendo la distancia, en centímetros, entre la marca de la parte final del talón y la línea de despegue (16). Se efectuó tres saltos, y se registró la mayor distancia.

La prueba de resistencia muscular abdominal (RMA) evalúa la resistencia de fuerza de los músculos abdominales. El test se efectúa donde el evaluado se ubica en posición decúbito dorsal echado sobre un colchón con las manos en la nuca y las rodillas flexionadas (17). La prueba dura 60 segundos. Se utilizó un cronómetro Casio® con una precisión de (1/100seg.) para controlar el tiempo.

La prueba de Flexión de brazos (FB), se inició en posición decúbito ventral, donde se mide la resistencia muscular de los brazos durante 60 segundos. Para las niñas, la prueba de flexión se modificó descansando sobre las rodillas y en los hombres en la punta de los pies (18). Se efectuó una sola vez la prueba, en vista de que provoca fatiga muscular.

El consumo máximo de oxígeno $VO_{2MÁX}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) se evaluó a partir de una prueba de campo (indirecta). Se utilizó el test de Leger (19). En esta prueba se evalúa en un campo de 20 metros en un sentido de ida y vuelta. La prueba se

inicia en 0,5 $km \cdot h^{-1}$ incrementándose la velocidad a cada minuto. La prueba se detiene cuando el sujeto no puede alcanzar o sostener el ritmo impuesto por una señal sonora. Se aplicó a todos los sujetos una sola vez, puesto que es una prueba progresiva y máxima.

Estadística. Se verificó la normalidad de los datos a partir del test de Shapiro-Wilk. Posteriormente los datos fueron analizados a partir de estadígrafos descriptivos: Media aritmética y desviación estándar. Las diferencias entre hombres y mujeres se determinaron por medio de test t para muestras independientes. La relación entre el $VO_{2MÁX}$ con las variables de aptitud física (fuerza de presión manual, salto horizontal, resistencia muscular abdominal y flexión de brazos) se verificaron por medio del coeficiente de correlación de Pearson. También se efectuó el análisis de regresión por pasos. Se calculó el % de explicación (R^2), Error Estándar de Estimación EEE y el valor p (significancia). Las categorías de bajo, moderado y elevado $VO_{2MÁX}$ se determinaron por medio del cálculo de terciles (tercil 3: Alto, tercil 2: moderado y tercil 1: Bajo). Las diferencias se determinaron por medio de Anova de una vía. En todos los casos se adoptó una probabilidad de $p < 0,05$. El procesamiento de datos se efectuó por medio de SPSS 18.0.

RESULTADOS

Las características de la muestra estudiada se observan en la tabla 1. Los hombres reflejaron mayor peso, estatura, FPMD, FPMI, salto horizontal y RA en relación a las mujeres ($p < 0,05$). No hubo diferencias significativas en la edad, IMC, RMA y FEB ($p > 0,05$).

Tabla 1. Características antropométricas y físicas de la muestra estudiada.

Variables	Hombres		Mujeres	
	X	DE	X	DE
Edad (años)	19,71	1,86	19,63	1,34
Antropometría				
Peso (kg)	70,21	10,49	58,77*	10,01
Estatura (cm)	172,60	7,87	159,55*	6,28
IMC (kg/m^2)	23,57	3,26	23,06	3,51
Aptitud física				
FPMD (kg)	40,49	7,49	29,61*	5,37
FPMI (kg)	35,89	8,04	26,84*	4,97
Salto Horizontal (cm)	190,15	29,07	144,45*	26,48
RMA (60 seg).	48,12	12,43	44,87	13,07
FEB (60 seg)	34,15	10,91	34,42	9,90
RA Navetta (m)	1511,34	408,22	941,94*	359,20
RA Naveta $VO_{2MÁX}$ ($ml \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	54,41	5,60	46,35*	5,74

Leyenda: IMC: Índice de Masa Corporal, FPMD: Fuerza de presión manual derecha, FPMI: Fuerza de presión manual izquierda, RMA: Resistencia muscular abdominal, FEB: Flexo-extensión de brazos, RA: Resistencia aeróbica, X: Promedio, DE: desviación estándar, *: Diferencia significativa ($p < 0,05$).

Tabla 2. Relación entre variables de aptitud física con el VO₂MÁX de jóvenes de ambos sexos.

Variable Dependiente	Variables Independientes	Hombres				Mujeres			
		R	R ²	EEE	P	R	R ²	EEE	P
VO ₂ MÁX	Edad	-0,074	0,005	5,629	0,000	-0,111	0,012	5,798	0,001
	FPMD	0,070	0,005	5,631	0,000	0,105	0,011	5,802	0,000
	FPMI	0,088	0,008	5,659	0,000	0,187	0,035	5,732	0,000
	Salto Horizontal	0,384	0,147	5,199	0,000	0,664	0,441	4,362	0,000
	RMA	0,448	0,201	5,102	0,000	0,525	0,276	4,965	0,000
	FEB	0,388	0,150	5,159	0,000	0,404	0,163	5,338	0,000

Leyenda: FPMD: Fuerza de prensión manual derecha, FPMI: Fuerza de prensión manual izquierda, RMA: Resistencia muscular abdominal, FEB: Flexo-extensión de brazos, EEE: Error estándar de estimación.

Tabla 3. Comparación de las variables de aptitud física según categorías de consumo máximo de oxígeno.

Indicadores	Hombres						Mujeres					
	Bajo (T1)		Medio (T2)		Alto (T3)		Bajo (T1)		Medio (T2)		Alto (T3)	
	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE
Salto Horizontal	168,9	21,7	190,1c	28,8	204,0a,b	26,6	122,3	16,1	146,8c	19,4	165,9a,b	26,1
RMA	39,7	13,9	48,6 c	12,2	53,1a,b	8,9	36,8	10,4	48,3 c	8,9	49,2b	17,0
FEB	27,8	9,6	34,1 c	10,7	39,1a,b	10,5	25,9	6,9	40,1c	7,9	36,3a,b	9,2

Leyenda: FPMD: Fuerza de prensión manual derecha, FPMI: Fuerza de prensión manual izquierda, RMA: Resistencia muscular abdominal, FEB: Flexo-extensión de brazos, X: Promedio, DE: desviación estándar, T: Tercil. a: diferencia significativa en relación a moderado, c: diferencia significativa en relación a bajo.

Las relaciones entre variables de aptitud física con el VO₂MÁX se observan en la tabla 2. Nótese que las variables como la edad, FPMD y FPMI presentan correlaciones muy bajas. Sin embargo, las pruebas físicas como el salto horizontal, RMA y FEB reflejan correlaciones bajas a moderadas. El R² de estas variables explican las asociaciones entre 15 a 44%. En todos los casos el EEE es inferior a 5%.

Las tres pruebas físicas (salto horizontal, RMA y FEB) reflejaron diferencias significativas entre sus tres categorías en ambos sexos ($p < 0,05$). Estos promedios indican que los jóvenes clasificados con elevado VO₂MÁX (T3) y moderado VO₂MÁX (T2) presentan valores significativos más alto que los clasificados con bajo VO₂MÁX (T1) en ambos sexos.

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio han evidenciado que hubo correlación positiva entre las pruebas de resistencia (RMA y RMB) y la prueba de salto horizontal con el VO₂MÁX. Sin embargo, la fuerza isométrica evaluada por medio de la FPM de ambas manos no reflejó relación positiva. Los jóvenes clasificados con moderado y elevado nivel de VO₂MÁX reflejaron valores más altos en las pruebas de RMA, RMB y el salto horizontal.

Los resultados sugieren que para reflejar moderados y elevados niveles de VO₂MÁX en jóvenes estudiantes de educación física, es necesario presentar valores aceptables de fuerza muscular en los músculos abdominales, en los miembros superiores e inferiores.

La presencia de las manifestaciones de la fuerza (resistencia y fuerza explosiva) no solamente sirve para sujetar y apoyar partes del cuerpo o moverlas, sino también sirve para generar la regulación de la temperatura y generar contracción muscular durante la realización de actividades cotidianas y/o físico-deportivas, como los que cotidianamente los estudiantes de educación suelen realizar.

Estos hallazgos hacen suponer que, al parecer, tanto la fuerza de miembros inferiores, superiores y la RMA juegan un papel relevante sobre la aptitud aeróbica. De ser así, se explica el efecto sinérgico de los ejercicios de contra resistencia o de fuerza muscular y su relación con la mejora de la capacidad aeróbica (20). El hecho de desarrollar actividades que tengan que ver con ejercicios de fuerza muscular y resistencia muscular, pueden ser prometedores para futuros trabajos de intervención, especialmente si apuntan al mejoramiento de la salud cardio-metabólica (21).

Si bien la preservación de la fuerza y la capacidad aeróbica puede no ser importantes en la sociedad moderna debido al estilo de vida y comportamientos sedentarios que producen disminución en los niveles de fuerza y la capacidad aeróbica. Sin embargo, pueden ser factores predisponentes para la fragilidad física al final de la vida (22), por lo que el efecto sinérgico entre la fuerza muscular y el VO₂MÁX debe enfatizarse en la práctica clínica como prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, ya que en combinación representan una reducción sustancial de riesgos nocivos para la salud (23).

Se sabe que los ejercicios físicos que involucran grandes grupos musculares, producen respuestas en los sistemas respiratorio, cardiovascular y muscular y que estas respuestas aumentan hasta un límite definido del $VO_{2MÁX}$ la condición aeróbica del individuo (24). De hecho, los estudiantes investigados están expuestos a actividades físicas, deportivas y recreativas, tanto teóricas y prácticas, que son producto de los contenidos curriculares que deben adquirir durante su formación profesional.

En consecuencia, tanto la fuerza muscular y sus manifestaciones, junto a la capacidad aeróbica, son dominios de la aptitud física, las que están estrechamente relacionadas con la salud, con la formación profesional de los estudiantes de educación física, e inclusive con los niveles de desempeño físico-deportivo de atletas. Por ello, algunas instituciones, como el Panel de la Sociedad Americana de Geriatria (25) y el Colegio Americano de Medicina del Deporte (26) dan pautas para desarrollar las adaptaciones al entrenamiento de tipo aeróbico, así como al ejercicio de resistencia muscular, puesto que esto puede optimizar la hipertrofia muscular y las ganancias de fuerza, así como el mejoramiento del $VO_{2MÁX}$.

En este estudio ha utilizado pruebas objetivas de campo para evaluar las dimensiones de la fuerza y el $VO_{2MÁX}$, las que son ampliamente aplicables en investigaciones de campo, además es una de las primeras investigaciones efectuadas en jóvenes estudiantes de educación física, lo que abre nuevas posibilidades para explorar en las ciencias de la actividad física y salud.

Se puede destacar que, a partir del tamaño y el tipo de selección de la muestra, los resultados deben ser analizados con cautela, inclusive futuros estudios podrían considerar un grupo control para contrastar los resultados obtenidos en este estudio.

Conclusiones. El estudio demostró que el $VO_{2MÁX}$ se asocia positivamente con las manifestaciones de fuerza muscular, como la flexo-extensión de brazos, resistencia muscular abdominal y con la fuerza de miembros inferiores en ambos sexos. Estos resultados sugieren que, para mantener el efecto sinérgico entre la fuerza muscular y $VO_{2MÁX}$, es necesario realizar ejercicio físico periódico que permita mantener los niveles de aptitud física.

Conflicto de interés. Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. OPS (Organización Panamericana de la Salud). 2016. Enfermedades no Transmisibles y Salud Mental: Portal de datos". Washington, D.C.: OPS. http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10210%3A2014-nmh-data-portal&catid=7237%3Adata-portalcontents&Itemid=41157&lang=es.
2. Atalla M, Pinto AJ, Mielke GI, Baciuk EP, Benatti FB, Gualano B. Tackling Youth Inactivity and Sedentary Behavior in an Entire Latin America City. *Front Pediatr*. 2018; 11(6): 298. doi: 10.3389/fped.2018.00298. PMID: 30370264; PMCID: PMC6194316.
3. Skapino E, Álvarez Vaz R. Prevalencia de factores de riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles en funcionarios de una institución bancaria del Uruguay. *Rev Urug Cardiol*. 2016; 31:246-255
4. Fernández Rodríguez J, Stic Ramos H, Mauricio Santamaría O, Ramos-Bermúdez S. Relación entre consumo de oxígeno, porcentaje de grasa e índice de masa corporal en universitarios. *Hacia promoc. salud*. 2018; 23(2): 79-89
5. Committee on Fitness Measures and Health Outcomes in Youth (CFMHoy); Food and Nutrition Board; Institute of Medicine; Pate R, Oria M, Pillsbury L, editors. *Fitness Measures and Health Outcomes in Youth*. Washington (DC): National Academies Press (US); 2012 Dec 10. Summary. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK241304/>
6. Overmyer KA, Evans CR, Qi NR, Minogue CE, Carson JJ, Chermiside-Scabbo CJ, Koch LG, Britton SL, Pagliarini DJ, Coon JJ, Burant CF. Maximal oxidative capacity during exercise is associated with skeletal muscle fuel selection and dynamic changes in mitochondrial protein acetylation. *Cell metabolism*. 2015; 21(3), 468–478. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2015.02.007>
7. Tesema G, George M, Mondal S, Mathivana D. Serum cardiac markers are inversely associated with VO_{2max} of amateur athletes in response to endurance training adaptations. *BMJ open sport & exercise medicine*. 2019; 5(1): e000537. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000537>
8. Kujala U, Vaara JP, Kainulainen H, Vasankari T, Vaara E, Kyrolainen H. Associations of Aerobic Fitness and Maximal Muscular Strength with Metabolites in Young Men. *JAMA Network Open*. 2019; 2(8): e198265.
9. Frontera W, Ochala J. Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. *Calcif Tissue Int*, 2015; 96(3): 183-195. doi:10.1007/s00223-014-9915-y
10. American College of Sports Medicine (ACSM). Special Communication. American College of Sports Medicine Position Stand: Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009; 41(3): 687-708.
11. Kodama S, Saito K, Tanaka S, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA*. 2009; 301(19): 2024-2035. doi:10.1001/jama.2009.681
12. Farrell SW, Finley CE, Barlow CE, et al. Moderate to high levels of cardiorespiratory fitness attenuate the effects of triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol ratio on coronary heart disease mortality in men. *Mayo Clin Proc*. 2017; 92(12): 1763-1771. doi: 10.1016/j.mayocp.2017.08.015
13. Liu Y, Lee DC, Li Y, et al. Associations of resistance exercise with cardiovascular disease morbidity and mortality. *Med Sci Sports Exerc*. 2019; 51(3): 499-508.
14. Ross WD, Marfell-Jones M. Kinanthropometry. En: *Physiological testing of the highperformance athlete*. Champaign, Ill: Human Kinetic, 1998; p.223-308.

15. Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ, Patel HP, Syddall H, Cooper C, Sayer AA. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age Ageing*. 2011; 40(4): 423-9. doi: 10.1093/ageing/afr051. Epub 2011 May 30. PMID: 21624928.
16. Castro-Piñero J, Ortega FB, Artero EG, et al. Assessing muscular strength in youth: usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *J Strength Cond Res*. 2010; 24: 1810-1817
17. Suni J, Husu P, Rinne M. Fitness for Health: The ALPHA-FIT Test Battery for Adults Aged 18–69. In: Research UifHP, editor. Tampere, Finland: European Union, DG SANCO; 2009
18. Plowman SA. Muscular Strength, Endurance, and Flexibility Assessments. In S. A. Plowman & M.D. Meredith (Eds.), *Fitnessgram/Activitygram Reference Guide (4th Edition)*. 2013; pp. Internet Resource). Dallas, TX: The Cooper Institute, 8-1 - 8-55.
19. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci* 1988; 6:93-101
20. Espinoza-Salinas A, González-Jurado J, Burdiles-Álvarez A, Arenas-Sánchez G, Bobadilla-Olivares M. Efectos del entrenamiento cardiovagal en la respuesta autonómica en personas con sobrepeso Retos. 2020; 38:118-122. doi: <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/73994>
21. Burns RD, Brusseau TA. Muscular strength and endurance and cardio-metabolic health in disadvantaged Hispanic children from the U.S. *Preventive Medicine Reports*. 2017; 5: 21-26
22. Ferrucci L, Guralnik JM, Studenski S, Fried LP, Cutler GB, Walston JD. Designing randomized, controlled trials aimed at preventing or delaying functional decline and disability in frail, older persons: a consensus report. *J Am Geriatr Soc*. 2004; 52:625-634.
23. Artero EG, Lee DC, Lavie CJ, Espana-Romero V, Sui X, Church TS, et al. Effects of muscular strength on cardiovascular risk factors and prognosis. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2012; 32(6):351-358.
24. Araújo CGS, Herdy AH, Stein R. Maximum oxygen consumption measurement: valuable biological marker in health and in sickness. *Arq Bras Cardiol*. 2013; 100(4):51-53.
25. American Geriatrics Society Panel on Exercise and Osteoarthritis. (AGSPEO). Exercise prescription for older adults with osteoarthritis pain: consensus practice recommendations. A supplement to the AGS Clinical Practice Guidelines on the management of chronic pain in older adults [published correction appears in *J Am Geriatr Soc* 2001; 49(10):1400]. *J Am Geriatr Soc*. 2001; 49(6):808-823.
26. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, Swain DP, American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011; 43:1334-1359

Salus