

Fernandez-Ortega, J.A.; Garavito-Peña, F.R.; Mendoza-Romero, D.; Oliveros, D.I. (202x). Force Indicators in Young Women with Different Relative Force Rate. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. X (X) pp. xx. [Http://cdeporte.rediris.es/revista/___*](http://cdeporte.rediris.es/revista/)

ORIGINAL

INDICADORES DE FUERZA EN MUJERES JÓVENES CON DIFERENTE TASA DE FUERZA RELATIVA

FORCE INDICATORS IN YOUNG WOMEN WITH DIFFERENT RELATIVE FORCE RATE

Fernandez-Ortega, J.A.¹; Garavito-Peña, F.R.²; Mendoza-Romero, D.² y Oliveros, D.I.³

¹ PhD Ciencias del Deporte y la Actividad Física. Grupo de investigación Ciencias del Deporte y la Actividad Física, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá. Facultad de Ciencias de la Salud (Colombia) maestriadeporte@udca.edu.co

² Magister en Fisiología. Grupo de investigación GICAEDS, Universidad Santo Tomás de Bogotá (Colombia) felipegaravito@usantotomas.edu.co, daniomendoza@usantotomas.edu.co

³ PhD Ciencias del Deporte y la Actividad Física. Centro de investigación en deporte y actividad física, Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. Facultad de Educación Física (Colombia) danieloliverosw@hotmail.com

AGRADECIMIENTOS Esta investigación fue financiada por la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA) Bogotá (Colombia), la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) Bogotá (Colombia) y la Universidad Santo Tomás de Bogotá (Colombia)

Código UNESCO / UNESCO code: 320000 Ciencias de la salud / Health Sciences.

Clasificación Consejo Europa / Council of Europe classification: 17. Otras: Actividad física y Deporte/ Physical Activity and sport.

Recibido 8 de noviembre de 2019 **Received** November 8, 2019

Aceptado 28 de julio de 2020 **Accepted** July 28, 2020

RESUMEN

Objetivo: Comparar la tasa de fuerza relativa (TFR) con distintos indicadores de fuerza en mujeres jóvenes. Métodos: Se evaluaron a 146 mujeres que se distribuyeron en tres grupos de acuerdo con los resultados de la TFR obtenida en el ejercicio de sentadilla y se compararon los resultados obtenidos en las pruebas de Fuerza prensil de la mano derecha e izquierda (FPMD- FPMI), Fuerza isométrica miembros inferiores (FIMI), Fuerza máxima de pecho (FMP), Fuerza máxima en sentadilla (FMS) Velocidad de desplazamiento sobre treinta metros (V30), altura del salto en (CMJ), potencia de pedaleo (PP) y la velocidad media propulsiva de miembros superiores e inferiores (VMPMS-VMPMI) obtenida al 50%, 60%, 70% y 80% de una repetición máxima en sentadilla.

Resultados: Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,01$) entre los grupos en la FMS, CMJ, V30, VMP y PP, y la mayoría de las variables presentaban la diferencia entre el G1 y G3 ($p \leq 0,01$).

PALABRAS CLAVE: Tasa de fuerza relativa, velocidad media propulsiva, fuerza máxima muscular, potencia muscular.

ABSTRACT

Objective: To compare the relative strength ratio (RSR) and other strength indicators between young women. Methods 146 women were evaluated, which were distributed in three groups according to the results of the TFR obtained in the squat exercise and compared the results obtained in the tests of prehensile strength of the right and left hand (PSRH-PSLH), Isometric strength lower limbs (ISLL), maximum chest strength (MCS), maximum squat strength (MSS), velocity over thirty meters (V30), jump height in (CMJ), pedaling power (PP) and mean propulsive velocity of upper and lower limbs (MPVUL-MPVLL) obtained at 50%, 60%, 70% and 80% of a maximum squat repetition. Results: Significant differences ($p \leq 0.01$) were observed between the groups in the MCS, CMJ, V30, MPV and PP, and most of the variables presented the difference between G1 and G3 ($p \leq 0.01$).

KEYWORDS: Relative strength ratio, mean propulsive velocity, maximal strength.

INTRODUCCIÓN

El auge de deportes de conjunto en el ámbito femenino ha llevado a poner énfasis a las evaluaciones en tal género ya que los valores o tendencias observadas en hombres no son generalizables a las mujeres (Montoye & Lamphiear, 1977). Factores como la etapa del ciclo menstrual y su consecuente cambio hormonal se correlaciona con lesión en ligamento cruzado anterior (Ahmad, Clark, Heilmann, Schoeb, Gardner, & Levine, 2006) (Wild, Steele, & Munro, 2013), aunque no parecen afectar el desempeño físico en pruebas de salto vertical y resistencia aeróbica, (Aburto-Corona, J., Gil González, I., Vega Aguilar, V., & Calleja Núñez, J. 2020) de igual manera como diferentes indicadores de fuerza (más específicamente extensión de rodilla) han sido evaluados para observar su implicación clínica en el desarrollo de procesos de fragilidad en mujeres mayores de 75 años.(Barbat-Artigas, Rolland, Cesari, Abellan van Kan, Vellas, & Aubertin-Leheudre, 2013) Así mismo, la edad puede determinar cambios importantes entre categorías sucesivas en mujeres jóvenes deportistas. (González-De Los Reyes, Y., Fernández-Ortega, J., & Garavito-Peña, F. 2019) y el nivel socio económico. (de los Reyes, Y. G., Pardo, Á. Y. G., & Romero, D. M. 2020) Así, para programar las cargas de entrenamiento, es necesario abastecerse de indicadores fiables para lograr el mejor rendimiento posible y evitar lesiones de acuerdo a las condiciones propias de cada género.

Valores menores en el porcentaje de Tasa de Fuerza Relativa (TFR) se correlacionan con valores elevados en velocidad de ejecución en población entrenada (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010) por lo que entrenar con cargas bajas favorece la velocidad específica por incrementos en la activación muscular en EMG. (McBride, Triplett-McBride, Davie, & Newton, 2002) Incluso cargas relacionadas con la Tasa de Fuerza Relativa (TFR) varían en su Velocidad Media Propulsiva (VMP) si se comparan a hombres con mujeres más que entre mujeres con diferente nivel de fuerza absoluta (Torrejón et al. 2019). siendo mayores para los hombres (García-Ramos, Suzovic, & Perez-Castilla, 2019), así mismo como los valores totales en TFR en pres de banco y sentadilla (Monteiro, Brown, Bigio, Palma, dos Santos, Cavanaugh, & Correa Neto, 2016) aunque valores en Peak Torque para flexión de codo parecen ser similares entre los géneros posterior a 10 semanas de entrenamiento. (Gentil, Steele, Pereira, Castanheira, Paoli, & Bottaro, 2016) Al respecto, cuando se miden VMP en hombres en diferentes grupos en según TFR, se observan valores más altos en velocidad de ejecución a medida que el valor porcentual de 1RM disminuye, sumado esto a que cuando se dividen los grupos según TFR (0-1.30; 1.30-1.50; mayor 1.50) se encuentran mayores diferencias en VMP que si se comparan por %1RM (10), es decir, los valores de TFR son indicadores más cercanos de fuerza explosiva, que en si los valores absolutos. Así cuando se realizan entrenamientos programados con diferentes porcentajes en pérdida de velocidad (40% vs 20%) se observa una equivalencia en la ganancia de fuerza absoluta pero con un incremento favorable en CMJ para el segundo grupo asociado a la preservación en cadenas pesadas de miosina IIX (Pareja-Blanco et al., 2017), de igual manera el entrenamiento de fuerza a bajas repeticiones con moderada intensidad y alta velocidad de ejecución demuestra mejores valores en indicadores de fuerza explosiva en futbolistas (González-Badillo, Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell, Abad-Herencia, del Ojo-López, & Sánchez-Medina, 2015) lo que puede indicar un mejor desempeño en pruebas que requieran el manejo del propio peso corporal en términos de fuerza explosiva. En este sentido, se puede observar que dicho indicador es sensible y bastante estable con relación al género y estado de condición física cuando se pretende observar valores de potencia o velocidad, por lo tanto, es importante evaluar este indicador en diferentes poblaciones para determinar las ecuaciones estimativas específicas de cada grupo.

El desarrollo de fuerza se manifiesta de manera que la TFR resulta un indicador importante al resaltar factores directamente relacionados con la fuerza explosiva, ya que hace referencia necesariamente a la distribución de peso corporal, es decir, a la eficiencia del movimiento. A razón de lo anterior, diferentes deportes utilizan el peso corporal como filtro de selección para determinar las categorías en donde dicha variable es un manifiesto de la fuerza expresada desde $F=m \cdot a$. Así, la fuerza expresada dependerá de manera correlacional tanto de la masa como de la aceleración, es decir, podemos incrementar la fuerza aplicada (potencia) ya sea por aumento en el peso o en la aceleración. Cuando los valores se normalizan por kilogramo de peso corporal es más factible encontrar cambios más relacionados con la velocidad de ejecución. Para este caso, en la mayoría de los deportes y para efectos de la salud, no interesa tanto la fuerza absoluta, tanto como la capacidad de mover el propio peso corporal con la mayor aceleración posible (Balsalobre-Fernández, García-Ramos, & Jiménez-Reyes,

2017)., lo que permite hablar que bajas cargas de trabajo con velocidades elevadas. Es por esto que indicadores como la velocidad que se es capaz de ejecutar por kilogramo de peso resultan más eficientes en la transferencia a la vida real que la fuerza absoluta.

Tener el indicador de TFR resulta más sensibles a los cambios o ganancias en términos de velocidad pues versa sobre la fuerza aplicada sobre el propio peso corporal. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es comparar los diferentes componentes de la fuerza con la fuerza relativa en mujeres universitarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio observacional descriptivo de corte transversal. Ciento cuarenta y seis mujeres (edad de 21 ± 3 años, estatura 163.2 ± 8.1 , peso 59.9 ± 10.1) estudiantes de programas académicos relacionados con la educación física, el deporte o la recreación que accedieron a participar voluntariamente en el estudio y cumplieron con los criterios de inclusión como no presentar limitaciones físicas, problemas de salud o lesiones musculoesqueléticas que pudieran afectar las pruebas. El estudio fue diseñado siguiendo las normas deontológicas reconocidas por la Declaración de Helsinki (mundial) y la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia (<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/.../RESOLUCION-8430-DE-993.PDF>, 1993). Las participantes fueron informadas de los detalles y objetivos del estudio, de la confidencialidad de la información y de su uso exclusivo para fines científicos y firmaron el consentimiento informado. El proyecto fue aprobado por el comité de ética de la investigación de la Universidad Pedagógica Nacional.

PROCEDIMIENTOS

La evaluación de las variables del estudio se realizaron en tres sesiones separadas por 72 horas de recuperación, durante este tiempo los evaluados no podía realizar ningún tipo de entrenamiento. La organización y secuencia de las pruebas se llevó a cabo como se presenta en la tabla 1. Las pruebas se realizaron siempre a la misma hora (2-4PM) para evitar los efectos que tienen los ritmos circadianos en el rendimiento neuromuscular. (Mora-Rodríguez, García Pallares, Lopez-Samanes, Ortega, & Fernandez-Elias, 2012; Pallares, Lopez-Samanes, Fernandez-Elias, Aguado-Jimenez, Ortega, Gomez, & Mora-Rodríguez, 2015) Se utilizó una sesión introductoria para la evaluación de la composición corporal, el examen médico y la familiarización con las pruebas enfatizando en la técnica de ejecución.

Antes de la valoración de cada prueba se realizó un calentamiento general con una duración total de 10 minutos distribuidos de la siguiente manera, 5 minutos de trote en banda a una velocidad de 8 km/h y 5 minutos de estiramientos activos y movilidad articular.

Tabla 1. Organización de las pruebas

Pruebas Día 1	Pruebas Día 2	Pruebas Día 3
<ul style="list-style-type: none"> • 1.Fuerza prensil • 2.Fuerza isométrica miembros inferiores • 3.Fuerza máxima de pecho • 4.Fuerza máxima en sentadilla 	<ul style="list-style-type: none"> 1.Velocidad 30 metros 2.CMJ 3.Wingate 	<ul style="list-style-type: none"> 1.VMP miembros superiores 2.VMP miembros inferiores

La estatura se midió con una precisión de 0,5 cm durante una inhalación máxima utilizando un estadiómetro (Seca 202, Seca Ltd., Hamburg, Germany). El peso corporal con una báscula electrónica (Health Metter 599 KL IL. USA) con 0,50 g. de precisión.

Fuerza máxima. La fuerza máxima de tren superior e inferior se valoraron mediante el método de 1RM en una máquina Smith, que permite el desplazamiento vertical de la barra a lo largo de una trayectoria fija, con una fuerza de fricción muy baja entre la barra y los carriles de soporte. La máquina Smith no tenía ningún tipo de mecanismo de contrapeso, actuando idéntico a pesos libres (es decir, carga isoinercial). (Sanchez-Medina, Gonzalez-Badillo, Perez, & Pallares, 2014) Se realizó un calentamiento específico utilizando solo el peso de la barra, se efectuaron tres series de ocho repeticiones y después de tres minutos de recuperación se procede a estimar la fuerza máxima. Durante la ejecución de las prueba las participantes observaban en una pantalla los resultados de la velocidad obtenida en cada repetición y eran motivadas por los evaluadores para que realizaran su mejor esfuerzo.

Los miembros superiores se valoraron mediante el test de press de banca utilizando el protocolo propuesto por Sanchez-Medina, Perez, & Gonzales-Badillo. (2010) Acostados en un banco plano en posición supina y con los pies apoyados en el banco, las manos colocadas en la barra ligeramente más abierta que el ancho de los hombros (5-7cm). Se midió la amplitud del agarre de manera que pudieran ser reproducidos en cada serie. Las participantes fueron instruidas para que descendieran la barra de forma lenta y controlada hasta llegar a 1 centímetro de la parte superior de la apófisis xifoide y esperar en estado de alerta, hasta que escuchará la orden del evaluador de realizar la extensión de los brazos a máxima velocidad sin elevar el tronco y los hombros del banco. La pausa tenía una duración de aproximadamente 1,5s (Gonzalez-Badillo, Rodríguez-Rosell, Sanchez-Medina, Gorostiaga, & Pareja-Blanco, 2014) esto con el fin de evitar el efecto de rebote y permitir mediciones más reproducibles y consistentes.

El test inicia con una carga de 10kg con la que se realizan cuatro repeticiones, seguidamente se efectúan incrementos progresivos del 5kg y con ellos se ejecutan tres repeticiones con cada peso, hasta que la VMP alcanzada era inferior a $0,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Pallares, Sanchez-Medina, Perez, De La Cruz-Sanchez, & Mora-Rodriguez, 2014). A partir de ese momento, los incrementos fueron de 1 a 2 kg y se realizan dos repeticiones con cada peso, hasta cuando las participantes eran incapaces de realizar la extensión a 180° y la VMP era inferior o igual a

0.20ms. La última carga que cada sujeto logró realizar correctamente hasta la extensión completa, se consideró como su 1RM.

La fuerza máxima de miembros inferiores se valoró mediante sentadilla profunda utilizando el mismo protocolo que el descrito anteriormente pero se inició con una carga de 20kg, e incrementos de 10kg, hasta que la VMP alcanzada era inferior a $0,60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. A partir de ese momento, los incrementos fueron de 3-5kg. Los sujetos inician en posición vertical con las rodillas y las caderas totalmente extendidas, y los pies separados al ancho de los hombros y la barra descansa sobre los trapecios a nivel del acromion. Esta posición se verificó cuidadosamente de manera que pudiera ser reproducida en cada serie. Por razones de estandarización y seguridad, las participantes descienden de forma controlada a una velocidad media de $\sim 0.50\text{--}0.60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ hasta llegar a una flexión que condujera a un ángulo tibiofemoral de $35\text{--}40^\circ$ en el plano sagital, el cual fue medido con un goniómetro (Nexgen Ergonomics, Point Claire, Quebec, Canadá) para lograr una sentadilla profunda (Hartmann, Wirth, & Klusemann, 2013). En esta posición se efectuaba una pausa de 1.5 s. y ante la orden del evaluador realizaban una extensión a máxima velocidad.

Para el registro, control de la velocidad de desplazamiento de la barra, se utilizó un transductor lineal de velocidad (*T-FORCE Dynamic Measurement System2*, Ergotech Consulting S.L., Murcia, España) que proporcionó retroalimentación auditiva y visual en tiempo real con una velocidad de muestreo de 1000Hz, que determinó automáticamente las fases excéntricas y concéntricas de cada repetición, así como la fase propulsora de la fase concéntrica durante la cual la aceleración de la barra es mayor que la aceleración debida a la gravedad (Pallares et al., 2014).

Los descansos entre series fueron de tres minutos para cargas inferiores al 80% de la RM estimada y de 5 minutos para cargas superiores al 80% de la RM estimada (Fernández Ortega, Hoyos-Cuartas, & Ruiz-Arias, 2017; Gonzalez-Badillo et al., 2014).

VMP y potencia. Con los resultados obtenidos en la prueba de 1 RM, en pres de pecho y sentadilla, los participantes debían ejecutar al 50%, 60%, 70% y 80% de 1RM, dos repeticiones en cada movimiento en la máquina Smith, bajo los protocolos descritos anteriormente para cada prueba (Pallares et al., 2014). Primero se realizaron las pruebas en pres de pecho y posteriormente en sentadilla profunda, después de 10 minutos de recuperación. Para el cálculo de la VMP y la potencia pico, se utilizó un transductor lineal de velocidad (*T-FORCE Dynamic Measurement System2*, Ergotech Consulting S.L., Murcia, España)

Salto vertical. Se valoró a través del Salto en contra movimiento, en inglés "*Counter Movement Jump*" (CMJ). La altura del salto se calculó a los 0,1 cm más cercanos del tiempo de vuelo medido, utilizando un sistema de temporizador infrarrojo (Optojump, Microgate, ® Italia (precisión de 1/1000 segundos), que a través del tiempo utilizado en el desplazamiento del centro de gravedad durante la fase de vuelo, estima la altura de salto (h) de la siguiente forma: $h = (g \times t^2) \cdot 8^{-1}$, donde g representa la aceleración de la gravedad ($9.81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) (Bosco, Luhtanen, & Komi, 1983). Debido a que la posición de despegue y aterrizaje

pueden afectar el vuelo de salto, se dieron instrucciones estrictas a todos los participantes de mantener las piernas extendidas durante el tiempo de vuelo. Se inició desde una posición de pie y realizó un movimiento descendente de flexión de rodilla hasta aproximarse a un ángulo de 90° y de forma inmediata un empuje a máxima velocidad manteniendo todo el tiempo las manos sobre la cadera. (Gonzalez-Badillo et al., 2015) Las participantes recibían retroalimentación de los resultados obtenidos en cada uno de sus intentos. Se realizaron cinco intentos separados por 3 minutos de recuperación entre cada uno, el mayor y el menor valor se descartaron y se realizó el promedio con los restantes que se mantuvo para el análisis.

Potencia máxima de miembros inferiores. Se valoró sobre un cicloergómetro de marca Monark 834 E (Monark exercise, Varberg Sweden) ajustando el sillín a la altura de espina lliaca y con una carga equivalente al 6,7% del peso corporal. (Driss & Vandewalle, 2013) Las participantes debían pedalear a la mayor velocidad posible y permanecer sentadas sin levantarse de la silla. Se realizó un calentamiento específico de cinco minutos en el cicloergómetro con una frecuencia de pedaleo a 40 RPM y una resistencia del 2% de peso corporal y realizaron sprints de 5 segundos al final de cada minuto. Posterior a tres minutos de descanso se procedió a realizar la prueba. (Colantonio, Vilela, & Pediulti, 2003)

Velocidad de carrera. Se efectuaban dos aceleraciones sobre una distancia de 30 metros en una pista de atletismo y se registró el tiempo utilizado mediante sistema de foto celdas de luz infrarroja modelo WL34-R240 (Sick ® Alemania), las cuales se ubicaron a los 0 y 30m. (Yeadon, Kato, & Kerwin, 1999) Se permitieron cinco minutos de recuperación entre cada aceleración y, para efectos del análisis, se tomó el mejor registro. La salida fue alta con el pie de salida colocado detrás de la primera fotocelda. Se efectuó un calentamiento específico donde se realizó una aceleración de 10m, 15m y 20 metros. Al finalizarla las participantes se devolvían caminando lentamente a la línea de salida. Después de tres minutos de recuperación se realizaba la prueba.

Fuerza isométrica miembros superiores. Se valoró la fuerza prensil de ambas manos con el método de dinamometría utilizando un dinamómetro Takei (Scientific Instruments Co. Ltd., Tokyo, Japan). Se realizaron dos intentos con cada mano con periodos de recuperación de tres minutos y se registró el mejor resultado.

Fuerza máxima isométrica de miembros inferiores. Se valoró mediante del dinamómetro Takei 5002 (Scientific Instruments Co. Ltd., Tokyo, Japan) Las participantes realizaron un calentamiento de cinco minutos en un cicloergómetro a 70 RPM. Después de tres minutos de recuperación se ubicaban sobre la plataforma del dinamómetro ajustando la altura del agarre para lograr una flexión de rodillas a un ángulo de 90 grados, medidos con goniómetro. Las participantes realizaban la mayor fuerza tratando de extender las rodillas, manteniendo la espalda recta con el fin de centrar el esfuerzo en los músculos de los cuádriceps. Cada una realizó tres intentos con una duración de 3 segundos, el tiempo de recuperación entre cada intento fue de 3 minutos, se tomó el mejor de los tres intentos.

La tasa de fuerza relativa, TFR, fue calculada teniendo en cuenta la fuerza máxima lograda en el ejercicio de sentadilla por cada una de las participantes dividido por el peso corporal.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

La información es presentada mediante promedios y desviaciones estándar, según los grupos organizados. Un análisis de varianza, ANOVA de una vía fue llevado a cabo para comparar las medias entre los tres grupos por cada prueba de fuerza aplicada. Se tuvo en cuenta el estadístico de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas y en el caso de no superar esta prueba se tuvo en cuenta el ANOVA con el ajuste de Brown-Forsythe. Análisis post hoc fueron llevados a cabo mediante la prueba de Gabriel o Games-Howell, según el resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas. El nivel de significancia fue configurado a un valor de $p < 0.05$. Se calculó el eta cuadrado (η^2) y el eta (η), a partir de la siguiente fórmula: $(\eta^2) = \text{suma de los cuadrados entre grupos} / \text{total de la suma de cuadrados}$ y esto fue provisto como una medición del tamaño del efecto en el ANOVA. Se tuvo en cuenta hasta un valor de 0.2 para un tamaño de efecto pequeño, 0.5 para uno medio, 0.8 para uno grande y 1.3 para uno muy grande

RESULTADOS

Se evaluaron 146 mujeres jóvenes con una edad media de 21 ± 3 ; Peso $59,88 \text{ kg} \pm 10,24 \text{ kg}$; talla $163,46 \text{ cm} \pm 8,62 \text{ cm}$ y un índice de masa corporal de $22,35 \text{ kg/m}^2 \pm 3,01 \text{ kg/m}^2$.

Los resultados descriptivos de las variables de fuerza obtenidos por la totalidad del grupo se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de fuerza isométrica, fuerza máxima, velocidad de carrera, velocidad media propulsiva y potencia.

Variable	Media
Dinamometría derecha (kg)	28,7±6.6
Dinamometría izquierda (kg)	27,4±6.3
Isometría mi (kg)	77,3±19.5
Press banca (kg)	41,5±14.4
Sentadilla (kg)	46,5±15.4
Carrera de 30 m (s)	5,0±0.46
VMP ms 50 (m,s-1)	0,8±0.25
VMP ms 60 (m,s-1)	0,7±0.11
VMP ms 70 (m,s-1)	0,6±0.10
VMP ms 80 (m,s-1)	0,4±0.90
VMP mi 50 (m,s-1)	0,7±0.22
VMP mi 60 (m,s-1)	0,7±0.11
VMP mi 70 (m,s-1)	0,6±0.10
VMP mi 80 (m,s-1)	0,5±0.12
Pico de potencia absoluta (kg)	387,3±126.5
Pico de potencia relativa (kg)	6,3±1.5

Valores de media ± desviación estándar

Para efectos del análisis el grupo se dividió en tres subgrupos de acuerdo con los resultados de TFR evaluada en el ejercicio de sentadilla profunda y seleccionando los terciles como puntos de corte de la siguiente forma, grupo 1 (G1) $TFR \leq 0,6502$; grupo 2 (G2) $0,6502 < TFR \leq 0,8404$ y grupo 3 (G3) $TFR > 0,8404$. Las características de la muestra dividida en estos tres grupos se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Características de la muestra según la tasa de fuerza relativa en el ejercicio de sentadilla. Grupos organizados por terciles.

Variables	G1(n=48)	G2 G1(n=49)	G3 G1(n=49)
Edad (años)	21 ± 3	21 ± 3	20 ± 3
Talla (cm)	162.4±8.6	163.04±8.7	164.91±7.4
Peso (kg)	59.9±10.6	60.63±10.2	59.12±10.0
IMC (kg/m ²)	22.6±3.2	22.73±2.8	21.67±2.9

Valores de media ± desviación estándar

El análisis de varianza de un factor (ANOVA) no evidencia diferencias significativas ($p > 0,05$) en las características generales de la muestra en los tres grupos según la TRF.

Los resultados de las distintas pruebas de fuerza obtenidos por cada uno de los grupos se presentan en la tabla 4. Los resultados del ANOVA de las pruebas de fuerza máxima FIMI, FMP, FMS, VMPMS al 50% y PP absoluta, no cumplieron con el supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo que se reporta el valor de significancia con el ajuste de Brown-Forsythe.

Tabla 4. Valores comparativos de las distintas pruebas de fuerza agrupadas por valores de fuerza relativa en sentadilla

Variables	G1(n=48)	G2 G1(n=49)	G3 G1(n=49)	Tamaño del efecto (η)
Altura salto (cm)	25,95±25,2	25,5±6,2	31,04±14,2	0,148
Dinamometría derecha (kg)	26,42 ± 5,2 **	28,19±6,3 **	31,62±7,09 **	0,328
Dinamometría izquierda (kg)	24,87±5,3 *	26,97±6,2	30,34±6,2 *	0,357
FMMI (kg)	68,63±13,3 &	76,82±20,2 &	86,5±20,1	0,375
Fuerza máxima Press pecho (kg)	32,4±8,7 &&	40,6±14,1 &&	51,5±12,8 &&	0,547
Fuerza máxima Sentadilla (kg)	32,9±8,3 &&	44,3±7,4 &&	62,3±12,3 &&	0,785
TFR	0,53± 0,09 &&	0,73± 0,05 &&	1,05± 0,15 &&	0,896
Velocidad 30 m (m/s)	5,70±0,36 **	6,06±0,52 **	6,47±0,52 **	0,555
VMPMS 50% 1RM (m·s ⁻¹)	0,70±0,27 &	0,76±0,26	0,85±0,17 &	0,259
VMPMS 60% 1RM (m·s ⁻¹)	0,63±0,09	0,67±0,11	0,67±0,11	0,179
VMPMS 70% 1RM (m·s ⁻¹)	0,52±0,09	0,54±0,11	0,54±0,11	0,119
VMPMS80% 1RM (m·s ⁻¹)	0,37±0,09	0,39±0,09	0,4±0,1	0,168
VMPMI 50% 1RM (m·s ⁻¹)	0,70±0,25 *	0,72±0,21	0,8±0,18 *	0,212
VMPMI60% 1RM (m·s ⁻¹)	0,64±0,11 *	0,66±0,11	0,72±0,08 *	0,308
VMPMI70% 1RM (m·s ⁻¹)	0,54±0,1 *	0,58±0,09	0,61±0,09 *	0,266
VMPMI80% 1RM (m·s ⁻¹)	0,41±0,11 **	0,48± **0,12	0,48±0,13 **	0,271
Pico de potencia absoluta (kg)	314,7±89,4 &&	393,9±124,3 &&	453,3±123,5 &&	0,449
Pico de potencia relativa (kg)	5,4±1,2 **	6,3±1,32 **	7,1±1,5 **	0,448

FMMI, Fuerza isométrica miembros inferiores; TFR, tasa de fuerza relativa; VMPMS velocidad media propulsiva en miembros superiores, VMPMI, velocidad media propulsiva miembros inferiores.

* Diferencias significativas post hoc Gabriel entre G1 y G3.

** Diferencias significativas post hoc Gabriel entre G1, G2 y G3.

& Diferencias significativas post hoc Games-Howell entre G1 y G3.

&& Diferencias significativas post hoc Games-Howell entre G1, G2 y G3.

La altura en el CMJ no presentó diferencias entre los grupos. La fuerza prensil de la mano derecha presentó diferencias significativas ($p<0.001$) entre los tres grupos. En la mano izquierda a pesar de observarse diferencias entre los tres grupos, solo fue significativa entre el G1 y G3. En la fuerza máxima en press banca se encontraron diferencias significativas ($p<0,001$) entre los tres grupos, y en la FMIMI solo se evidenció diferencia significativa ($p<0.001$) entre el G1 y G3.

Las variables de VMP analizadas en relación al % 1RM, se obtuvieron de un total de 1168 de datos. Se observaron diferencias significativas en la VMP de miembros superiores entre G1 y G3 (post hoc Games-Howell; $p=0.003$) únicamente cuando el movimiento era ejecutado al 50% 1RM. En la VMP de

miembros inferiores, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre G1 y G3 al 50%, 60% y 70% de 1RM, mientras que al 80% de 1RM la diferencia fue significativa ($p = 0.004$) entre los tres grupos.

Por último, en cuanto a la potencia pico y potencia relativa obtenidas mediante la prueba de Wingate, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.001$) entre los tres grupos

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de este estudio fue identificar la incidencia que tiene la TFR sobre diversas manifestaciones de la fuerza, para ello la muestra total se dividió en tres subgrupos de acuerdo a los valores de TFR en sentadilla profunda con el propósito de estudiar si esta influye en diversas manifestaciones de la fuerza. Los resultados indican que en un grupo de mujeres jóvenes no deportistas con características corporales similares, las diferencias que se presenta en diversas manifestaciones de la fuerza, podrían depender de la TFR excepto en la altura del salto. En la revisión de la literatura no se identificaron estudios previos que abordaran esta problemática.

Sánchez et al. (Sánchez-Medina et al., 2010) con una muestra total de 100 hombres con experiencia de 1.5 a 4 años en entrenamiento con pesas, indago si la carga de la potencia máxima depende de los niveles de fuerza individuales. Dividió la población en tres subgrupos, de acuerdo con TFR en pres de pecho de cada sujeto: grupo 1 (G1), $n = 34$, $0.95 \leq RSR \leq 1.14$; grupo 2 (G2), $n = 36$, $1.16 \leq RSR \leq 1.31$; y grupo 3 (G3), $n = 30$, $1.34 \leq RSR \leq 2.09$. Este estudio no identifico diferencias significativas entre los grupos para ninguno de los tres parámetros examinados (Potencia máxima, potencia media propulsiva y potencia pico), aunque identifico cierta tendencia hacia cargas de Pmax ligeramente más bajas para el grupo más fuerte (G3). En un estudio posterior Sánchez-Medina et al. (Sánchez-Medina, Pallarés, Pérez, Morán-Navarro, & González-Badillo, 2017) también con hombres deportistas verificaron si la velocidad alcanzada en cada % 1RM en sentadilla profunda dependía de los niveles de la TFR, los sujetos fueron clasificados en tres subgrupos según su TFR grupo 1 (G1), $n = 24$, $TFR \leq 1.30$; grupo 2 (G2), $n = 29$, $1.30 < TFR \leq 1.50$; y grupo 3 (G3), $n = 27$, $TFR > 1.50$., no encontraron diferencias significativas para la VMP alcanzada en cada % de 1RM, o en la media de la velocidad de 1RM entre grupos, tampoco se presentó correlación entre V1RM y TFR. González-Badillo et al. (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010) (Conceicao, Fernandes, Lewis, Gonzalez-Badillo, & Jimenez-Reyes, 2016) indican que el perfil de carga-velocidad no parece diferir entre los participantes emparejados por edad y con diferentes TFR.

Estos resultados difieren de los reportados en el presente estudio, donde se observaron diferencias significativas ($p < 0,001$ y $0,05$) entre los tres grupos en diversas manifestaciones de la fuerza como la fuerza prensil, la carrera de treinta metros, la VMP en sentadilla profunda para cada % del 1RM (50-60-70-80%) y el pico de potencia absoluto y relativo en el pedaleo. Incluso en la VMP de press de pecho que a pesar de no presentar diferencias significativas entre los tres grupos, se observa una tendencia de una mayor VMP en todos los % de 1RM en

los grupos de mayor fuerza. Los resultados del presente estudio también indican diferencias significativas el perfil de carga-velocidad en sentadilla profunda asociadas a la TFR.

Estudios como el de Torrejon & Balsalobre-Fernandez, (2019) donde también se clasificaron los grupos según su TRF observaron diferencias débiles en la velocidad de 1RM entre el grupo de hombres fuertes y de débiles ($ES = 0.18$) y moderadas entre las mujeres fuertes en comparación con sus homólogas débiles ($ES = 0.78$). También identificaron pequeñas diferencias en la pendiente del perfil de la velocidad de carga entre mujeres fuertes y débiles ($ES = - 0.39$).

Estas diferencias entre los estudios podrían deberse a que los participantes de los estudios de Sánchez-Medina et al.(2017) eran atletas, hombres con una TFR en sentadilla profunda superiores a 1,0, mientras que en el presente estudio las participantes eran mujeres, no deportistas y con una TFR de 0.65 para el grupo débil y 0.84 para el grupo fuerte. Uno de los principales inconvenientes de estos estudios como lo plantea Torrejón et al. (2019) es que, el perfil de la velocidad de carga ha sido analizado casi que exclusivamente en hombres. Por lo tanto, existe la necesidad de replicar este tipo de investigación con mujeres para determinar los posibles efectos de la TFR en las diferentes manifestaciones de la fuerza, considerando las grandes diferencias en la fuerza entre hombres y mujeres.

Esta observación se ratifica con el estudio de Balsalobre et al (2017) que indican que la velocidad asociada con cada% 1RM durante el ejercicio de press militar es mayor en hombres que en mujeres y que los perfiles de velocidad de carga individuales pueden ser marcadamente diferentes al perfil de velocidad de carga general obtenido de todo el conjunto de datos. Esto confirma la existencia de perfiles de velocidad de carga individuales (es decir, el mismo valor absoluto de VMP puede representar un% 1-RM diferente para cada participante).

Los valores medios de VMP obtenidos al 50% ($0.74 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), 60% ($0.67 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), 70% ($0.58 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)-80 % ($0.46 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) de 1RM en sentadilla en el presente estudio, confirman esos postulados por que difieren de los observados por Conceicao et al. (2016) que para los mismos porcentajes de 1RM presenta valores de $0.93 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $0.81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $0.69 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y $0.57 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ respectivamente, o los de Sánchez-Medina (2017) $1.14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $0.84 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $0.68 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Estas diferencias también se observan cuando se comparan los valores de velocidad para cada% 1RM entre jóvenes y adultos de mediana edad (Fernandes, Lamb, & Twist, 2018).

Esto podría indicar que tanto el sexo como la edad pueden tener implicaciones en la TFR y que la TFR en las mujeres es inferior a la de los hombres y en ese caso cuál sería su valor mínimo para establecerlo como criterio de inclusión como en los anteriores estudios.

Podría suponerse entonces, que los resultados de las diferentes manifestaciones de la fuerza aquí evaluadas dependen de la TFR en mujeres no entrenadas. Esto

se ratifica al observar que el grupo que tiene la mayor TFR es el que presenta los mejores resultados en todas las manifestaciones de la fuerza evaluadas en el presente estudio, incluso en las que no se identificaron diferencias significativas entre los grupos, como es el caso de la VMP en el press de banca.

Por lo tanto, es imperativo que la masa del individuo se incorpore en el cálculo de la fuerza utilizada (Cormie, McBride, & McCaulley, 2007) con el propósito conocer realmente su nivel de fuerza.

Según nuestro conocimiento, este es el primer estudio que ha explorado las diferencias que se pueden presentar en diferentes manifestaciones de la fuerza en un grupo de mujeres cuando se distribuyen en grupos de acuerdo a su TFR obtenido en 1RM en sentadilla profunda.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio nos indicarían que la TFR en una población de mujeres jóvenes no deportistas, tiene una gran incidencia en los resultados de una amplia gama de manifestaciones de la fuerza como la prensil, la fuerza isométrica, la fuerza máxima de miembros superiores e inferiores, la potencia de miembros superiores e inferiores y la velocidad de desplazamiento. Igualmente que la fuerza máxima en sentadilla es un buen predictor de otras manifestaciones de fuerza.

Los resultados supondrían que la VMP al contrario de otros estudios, presentó diferencias significativas entre los grupos de TFR, lo que puede sugerir que la VMP es un indicador que se comporta en forma más confiable en grupos con una mayor experiencia en el entrenamiento de fuerza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aburto-Corona, J., Gil González, I., Vega Aguilar, V., & Calleja Núñez, J. (2020). El ciclo menstrual no afecta el desempeño físico de jóvenes eumenorreicas. *Retos*, (39), 264-266
- Asociación médica mundial. Declaración de Helsinki de la AMM - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos Asociación medica mundial. www.wma.net/es/policias-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/
- Ahmad, C., Clark, A., Heilmann, N., Schoeb, J. S., Gardner, T. R., & Levine, W. N. (2006). Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity. *Am J Sports Med*, 34(3), 370-374. doi: 10.1177/0363546505280426
- Balsalobre-Fernández, C., García-Ramos, A., & Jiménez-Reyes, P. (2017). Load-velocity profiling in the military press exercise: Effects of gender and training. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 13(5), 743-750. doi: 10.1177/1747954117738243
- Barbat-Artigas, S., Rolland, Y., Cesari, M., Abellan van Kan, G., Vellas, B., & Aubertin-Leheudre, M. (2013). Clinical relevance of different muscle

- strength indexes and functional impairment in women aged 75 years and older. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 68(7), 811-819. doi: 10.1093/gerona/gls254
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 50(2), 273-282.
- Colantonio E, Vilela B, & Pediulti M. (2003). Oxygen uptake during Wingate tests for arms and legs in swimmers and water polo players. *Rev Bras Med Esporte*, 9(3), 141-144.
- Conceicao, F., Fernandes, J., Lewis, M., Gonzalez-Badillo, J., & Jimenez-Reyes, P. (2016). Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *J Sports Sci*, 34(12), 1099-1106. doi: 10.1080/02640414.2015.1090010
- Cormie, P., McBride, J., & McCaulley, G. (2007). The influence of body mass on calculation of power during lower-body resistance exercises. *J Strength Cond Res*, 21(4), 1042-1049. doi: 10.1519/r-21636.1
- Driss, T., & Vandewalle, H. (2013). The measurement of maximal (anaerobic) power output on a cycle ergometer: a critical review. *Biomed Res Int*, 2013, 589361. doi: 10.1155/2013/589361
- Fernandes, J., Lamb, K. L., & Twist, C. (2018). A Comparison of Load-Velocity and Load-Power Relationships Between Well-Trained Young and Middle-Aged Males During Three Popular Resistance Exercises. *J Strength Cond Res*, 32(5), 1440-1447. doi: 10.1519/jsc.0000000000001986
- Fernández-Ortega, J., Hoyos-Cuartas, L., & Ruiz-Arias, F. (2017). Asociación entre marcadores de riesgo metabólicos y diferentes manifestaciones de la fuerza en adultos jóvenes. *Revista de la Facultad de Medicina*, 66(4), 565-570.
- Garcia-Ramos, A., Suzovic, D., & Perez-Castilla, A. (2019). The load-velocity profiles of three upper-body pushing exercises in men and women. 1-13. doi: 10.1080/14763141.2019.1597155
- Gentil, P., Steele, J., Pereira, M., Castanheira, R., Paoli, A., & Bottaro, M. (2016). Comparison of upper body strength gains between men and women after 10 weeks of resistance training. *PeerJ*, 4, e1627. doi: 10.7717/peerj.1627
- Gonzalez-Badillo, J., Pareja-Blanco, F., Rodriguez-Rosell, D., Abad-Herencia, J., Del Ojo-Lopez, J., & Sanchez-Medina, L. (2015). Effects of velocity-based resistance training on young soccer players of different ages. *J Strength Cond Res*, 29(5), 1329-1338. doi: 10.1519/jsc.0000000000000764
- Gonzalez-Badillo, J. J., Rodriguez-Rosell, D., Sanchez-Medina, L., Gorostiaga, E., & Pareja-Blanco, F. (2014). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *Eur J Sport Sci*, 14(8), 772-781. doi: 10.1080/17461391.2014.905987
- Gonzalez-Badillo, J., & Sanchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med*, 31(5), 347-352. doi: 10.1055/s-0030-1248333
- González-De Los Reyes, Y., Fernández-Ortega, J., & Garavito-Peña, F. (2019). Características de fuerza y velocidad de ejecución en mujeres

- jóvenes futbolistas. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 19(73), 167-179.
- Hartmann, H., Wirth, K., & Klusemann, M. (2013). Analysis of the load on the knee joint and vertebral column with changes in squatting depth and weight load. *Sports Med*, 43(10), 993-1008. doi: 10.1007/s40279-013-0073-6
- Ministerio de salud y protección social. Resolución numero 8430 de 1993. Ministerio de salud y protección social Octubre 4 de 1993. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/.../RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>
- McBride, J., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J Strength Cond Res*, 16(1), 75-82.
- Monteiro, E., Brown, A., Bigio, L., Palma, A., dos Santos, L., Cavanaugh, M., & Correa Neto, V. (2016). Male relative muscle strength exceeds females for bench press and back squat. *J. Exerc. Physiol. Online*, 19, 79-86.
- Montoye, H., & Lamphiear, D. (1977). Grip and arm strength in males and females, age 10 to 69. *Res Q*, 48(1), 109-120.
- Mora-Rodriguez, R., Garcia Pallares, J., Lopez-Samanes, A., Ortega, J. F., & Fernandez-Elias, V. E. (2012). Caffeine ingestion reverses the circadian rhythm effects on neuromuscular performance in highly resistance-trained men. *PLoS ONE*, 7(4), e33807. doi: 10.1371/journal.pone.0033807
- Pallares, J., Lopez-Samanes, A., Fernandez-Elias, V., Aguado-Jimenez, R., Ortega, J., Gomez, C., & Mora-Rodriguez, R. (2015). Pseudoephedrine and circadian rhythm interaction on neuromuscular performance. *Scand J Med Sci Sports*, 25(6), e603-612. doi: 10.1111/sms.12385
- Pallares, J., Sanchez-Medina, L., Perez, C., De La Cruz-Sanchez, E., & Mora-Rodriguez, R. (2014). Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. *J Sports Sci*, 32(12), 1165-1175. doi: 10.1080/02640414.2014.889844
- Pareja-Blanco, F., Rodriguez-Rosell, D., Sanchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Gonzalez-Badillo, J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scand J Med Sci Sports*, 27(7), 724-735. doi: 10.1111/sms.12678
- de los Reyes, Y. G., Pardo, Á. Y. G., & Romero, D. M. (2020). Comparación antropométrica, fuerza explosiva y agilidad en jugadoras jóvenes de baloncesto de Bogotá-Colombia. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (38), 406-410.
- Sanchez-Medina, L., Gonzalez-Badillo, J., Perez, C., & Pallares, J. (2014). Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs. bench press exercises. *Int J Sports Med*, 35(3), 209-216. doi: 10.1055/s-0033-1351252
- Sánchez-Medina, L., Pallarés, J., Pérez, C. E., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Estimation of Relative Load From Bar Velocity in the Full Back Squat Exercise. *Sports medicine international open*, 1(2), E80-E88. doi: 10.1055/s-0043-102933

- Sanchez-Medina, L., Perez, C., & Gonzalez-Badillo, J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med*, 31(2), 123-129. doi: 10.1055/s-0029-1242815
- Torrejon, A., & Balsalobre-Fernandez, C. (2019). The load-velocity profile differs more between men and women than between individuals with different strength levels. *18(3)*, 245-255. doi: 10.1080/14763141.2018.1433872
- Wild, C., Steele, J., & Munro, B. (2013). Insufficient hamstring strength compromises landing technique in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc*, 45(3), 497-505. doi: 10.1249/MSS.0b013e31827772f6
- Yeadon, M., Kato, T., & Kerwin, D. (1999). Measuring running speed using photocells, *J Sports Sci*. 17 (3): 249-57.

Referencias totales / Total references: 34 (100%)

Referencias propias de la revista / Journal's own references: 2 (5,88%)

PENDIENTE DE PUBLICACIÓN / IN PRESS