

RELACIONES ENTRE DIVERSAS MANIFESTACIONES DE LA FUERZA EN DIFERENTES GRUPOS MUSCULARES EN ADULTOS JÓVENES

RELATIONSHIPS BETWEEN VARIOUS MANIFESTATIONS OF THE FORCE IN DIFFERENT MUSCLE GROUPS IN YOUNG ADULTS

Jairo Alejandro Fernández Ortega¹, Luz Amelia Hoyos Cuartas²

¹ Doctor en Ciencias del Deporte, Licenciada en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Laboratorio de Fisiología del Ejercicio. Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Educación Física. Calle 72 # 11-86, Bogotá, Colombia, e-mail: jairofdz@pedagogica.edu.co; ² Doctora en Ciencias del Deporte, Licenciada en Educación Física, Licenciatura en Deporte, Facultad de Educación Física. Universidad Pedagógica Nacional, calle 72 #1 1-86, Bogotá, Colombia, e-mail: hoyos@pedagogica.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 20(1): 33-42, Enero-Junio, 2017

RESUMEN

La fuerza y la potencia muscular han sido valoradas en el contexto deportivo o de la salud, con el propósito de determinar su grado de desarrollo; sin embargo, la evidencia de la relación que puede existir entre ellas es escasa y contradictoria. El objetivo del estudio fue identificar la relación entre diferentes manifestaciones de fuerza y de potencia muscular. 37 hombres y 13 mujeres, con edades entre 19 y 23 años, participaron en el estudio. Se evaluó, en miembros superiores e inferiores, la fuerza isométrica, dinámica y la potencia y se midió talla, peso e índice de masa corporal (IMC). No se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de fuerza prensil (FP) de la mano derecha e izquierda ($p < 0,414$). La potencia máxima de miembros superiores (PMMS), se obtuvo con una carga del 4,0%. Se observaron buenas correlaciones ($0,608^{**}$ - $0,869^{**}$), entre: FP y potencia máxima de miembros superiores (PMMS) e inferiores (PMMI); fuerza máxima isométrica del tren inferior (FMII) y potencia media fase propulsiva en press pecho (PMPP); fuerza máxima en media sentadilla (1RMS) con fuerza máxima en press pecho (1RMP), potencia media fase propulsiva en media sentadilla (PMPS) y velocidad media propulsiva en press pecho (VMPP); RMP con PMPP, PMMS, PMMI y PMPS; PMMS con PMMI, PMPS y PMPP; PMMI, con PMPS y VMPP en media sentadilla (VMPS); salto con contra movimiento (CMJ) con el salto sin contra movimiento SJ ; VMPS con PMPS; PMPP con CMJ; PMMS con CMJ; VMPP con PMMS; y PMPP con CMJ.

Palabras clave: Fuerza isométrica, potencia, fuerza máxima dinámica.

SUMMARY

Strength and muscular power have been evaluated in the sports or health context to determine their degree of development, however evidence of the relationship between these two muscular manifestations is limited and contradictory. The aim of the study was to identify the relationship between different manifestations of strength and muscular power. Thirty-seven men and thirteen women aged between 19 and 23 years participated in this study. We assessed the power and the isometric and dynamic strength in upper and lower limbs; and size, weight and body mass index (BMI) were measured. No significant differences were identified between prehensile force (PF) values of left and right hand (p -value < 0.414). The maximum power of upper limbs (PMMS) was obtained with a 4.0% load. Good correlations were observed (0.608^{**} - 0.869^{**}) between: PF and maximum power of upper limbs and lower limbs (PMMI); the maximum isometric force of the lower train (FMII) and the mean power propulsive phase in chest press (PMPP); the maximum force in half squat (1RMS) with maximum force in chest press (RMP), the mean power propulsive in half-squat (PMPS) and the mean propulsive velocity in the chest press (VMPP); the RMP with PMPP, PMMS, PMMI and PMPS; the PMMS with PMMI, PMPS and PMPP; the PMMI with PMPS and the VMP in half squat (VMPS); the counter movement jump (CMJ) with squat jump (SJ); the VMPS with PMPS; the PMPP with PMPP; the PMMS with CMJ; the VMPP with PMMS; and finally, the PMPP with CMJ.

Key words: Isometric strength, muscular power, maximum dynamic strength young adult.

INTRODUCCIÓN

La fuerza máxima y la potencia que genera el músculo son cualidades de la contracción muscular, que reflejan calidades diferentes. Según Vaara *et al.* (2012), desde el punto de vista fisiológico, la fuerza máxima se entiende como la capacidad que tienen las fibras musculares para producir la mayor tensión al contraerse y depende de factores, tales como el tipo de acción, la velocidad y el grado de activación de la unidad motora (Stone *et al.* 2003a). La fuerza muscular es reconocida como una cualidad física fundamental para el rendimiento deportivo, así como para el mantenimiento de la salud y la mejora de la calidad de vida de las personas. La fuerza muscular es importante en casi todas las disciplinas deportivas y un factor determinante del rendimiento, en la mayoría de ellas. No es de extrañar, por tanto, que el entrenamiento de la fuerza muscular es uno de los pilares básicos de cualquier programa de entrenamiento dirigido, tanto a la mejora del rendimiento deportivo como al desarrollo de una condición física saludable, en el ámbito preventivo o terapéutico.

La potencia muscular es igualmente un componente fundamental para el rendimiento en varios deportes. Es el producto de la fuerza y de la velocidad y se obtiene cuando la fuerza y la velocidad están en valores óptimos, que no son necesariamente los valores máximos. Generalmente, se cree que la fuerza juega un papel importante con respecto a la expresión de la potencia. Lund *et al.* (2006) indican que la potencia depende de múltiples factores y su variabilidad no se puede explicar completamente por la diferencia de fuerza; esta relación puede depender del movimiento, debido a las diferencias en el tipo de acción muscular y la carga externa aplicada. La habilidad para generar potencia máxima está asociada, del mismo modo, por el tipo acción muscular implicada, en particular por el tiempo disponible para desarrollar la fuerza, el almacenamiento y la utilización de la energía elástica, las interacciones de los elementos contráctiles y elásticos, la potenciación de los filamentos contráctiles y elásticos y del reflejo de estiramiento (Cormie *et al.* 2011).

La fuerza máxima influye en la potencia; sin embargo, en los movimientos que involucran el ciclo de estiramiento-acortamiento, las correlaciones entre la fuerza y la potencia serían bajas. Por el contrario, en las acciones concéntricas, la potencia depende más de la fuerza, a medida que aumenta la carga (Haff & Nimphius, 2012); por ejemplo, en acciones isométricas, los valores más elevados de potencia muscular se han observado en cifras cercanas al 30% de la fuerza isométrica máxima, durante movimientos aislados, mientras que en acciones anisométricas, aproximadamente, entre el 50 y 60% de la fuerza máxima, en sentadilla (Kawamori & Haff, 2004; Lund *et al.* 2006; Jones *et al.* 2016).

La velocidad juega un papel importante en el desarrollo de la potencia, pero a diferencia de la fuerza, ésta discurre por caminos paralelos. Se ha identificado que la potencia máxima en movimientos dinámicos se obtiene a velocidades entre 100 y 80 m·s⁻¹, que han sido consideradas como referentes para expresar y dosificar la intensidad del entrenamiento (Gorostiaga *et al.* 2010).

El propósito del presente estudio fue identificar si existe correlación entre los valores obtenidos de fuerza máxima, potencia y velocidad media propulsiva, en un mismo grupo muscular y entre diferentes grupos musculares, en una población de adultos jóvenes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra. Se trata de un estudio observacional, correlacional de corte transversal. El grupo de participantes estuvo conformado por 50 estudiantes universitarios, 37 hombres y 13 mujeres, con edades entre 19 y 25 años, quienes se presentaron voluntariamente a una convocatoria abierta y decidieron participar en el estudio. Se presentaron un total de 58 estudiantes, de los cuales, quedaron 50, que cumplían los criterios de inclusión: ser estudiante universitario, con bajos niveles de actividad física y apto para realizar ejercicio físico. Los criterios de exclusión fueron: padecer cualquier tipo de patología, ser fumadores o bebedores habituales, haber participado o estar participando en programas estructurados de ejercicio físico o de entrenamiento en el último año; ocho fueron excluidos por participar en programas de entrenamiento estructurado. El presente estudio fue diseñado siguiendo las normas deontológicas reconocidas por la Declaración de Helsinki y la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, la cual, "regula la investigación clínica en humanos". Todos los participantes fueron informados de los detalles del estudio y firmaron el consentimiento informado.

Procedimiento. La totalidad de las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de fisiología del ejercicio de la Universidad Pedagógica Nacional, en febrero del 2016. Se desarrollaron en tres sesiones de evaluación a la misma hora y con 72h de diferencia, entre una y otra, con un calentamiento de 20 minutos estandarizado y específico de los grupos musculares comprometidos. Días previos a las valoraciones, los participantes fueron cuidadosamente familiarizados con el procedimiento de cada una de las pruebas de fuerza máxima y potencia muscular.

Medidas antropométricas. Las mediciones antropométricas fueron la masa corporal en kg, que se evaluó utilizando una báscula electrónica Health Metter 599KL, con 50g de precisión; la estatura, con un tallmetro Detecto D52, Usa y

el índice de masa corporal (IMC), se calculó con la fórmula: $IMC = \text{peso (kg)} / \text{talla (m)}^2$.

Fuerza máxima. La fuerza máxima dinámica de miembros superiores e inferiores se obtuvo, a través de 1RMP y 1RMS. La 1RMP, se evaluó mediante la prueba de press de pecho, realizado en una máquina Schmith; el protocolo inició con una carga del 40% del peso corporal de cada sujeto y se solicitó a los participantes que realizaran seis repeticiones y, al finalizar, se aplicó la escala de OMNI-RES (Naclerio *et al.* 2009). De acuerdo con la valoración obtenida, se efectuaron incrementos progresivos del 10%. La fuerza máxima, se determinó cuando solo fueron capaces de realizar, como máximo, una repetición con dicha carga. Para evitar efectos de la fatiga, se realizaron periodos de recuperación de tres minutos, entre cada serie. La 1RMS, se valoró en una máquina Schmith, ejecutando media sentadilla, utilizando el mismo protocolo, pero se inició con una carga del 60% del peso corporal.

Fuerza isométrica. Se valoró, a través de la prueba de FP y de FMII, con el método de dinamometría. Para la FP, se utilizó un dinamómetro Takei Scientific Instruments Co. Ltd, Tokyo, Japan, dispositivo que se ajustó para acomodar las diferencias en el tamaño de la mano. Se realizaron dos intentos con cada mano, con periodos de recuperación de tres minutos y se registró el mejor resultado. La prueba, se realizó en posición de pie, con la muñeca en posición neutra y el codo extendido. La FMII, se evaluó con un dinamómetro Takei Scientific Instruments Co. Ltd, Tokyo, Japan, utilizando el mismo procedimiento.

Potencia máxima. La potencia máxima de miembros superiores e inferiores se valoró, a través las pruebas de PMMS, PMMI, PMPP, PMPS, VMPP, VMPS, CMJ y CM. Para la PMMS, se utilizó el protocolo de Wingate, en una bicicleta marca Monark871EMonarkexercice, Varberg Sweden, ajustando la altura y la distancia entre el sujeto y los pedales de la bicicleta, con el fin de alinear la articulación gleno humeral con el centro de los pedales; se realizó un calentamiento de cinco minutos, a 40 rpm, con una carga moderada y en los minutos dos, tres y cuatro, se ejecutaba un sprint, durante cinco segundos. Después de tres minutos de recuperación, con el propósito de determinar la carga óptima para desarrollar la mayor potencia, los participantes realizaron un test con cargas del 3,5, 4,0 y 4,5% del peso corporal, con intervalos de recuperación de seis minutos, entre cada uno.

Para la PMMI, se utilizó la prueba de Wingate, en una bicicleta Monark 835E Monark exercice, Varberg Sweden, con una carga del 7,5% del peso corporal; se ajustó el sillín a la altura de espina lliaca y se realizaron cinco minutos de calentamiento, a 40 rpm, con una carga moderada. En los minutos dos, tres y cuatro, se ejecutaba un sprint durante

cinco segundos; después de tres minutos de recuperación, los participantes realizaron el test.

La PMPP y la VMPP, se obtuvo mediante el movimiento de press de pecho y la PMPS y la VMPS, en media sentadilla. Dichos movimientos fueron realizados en una máquina tipo Smith, a la que se le colocó un transductor de movimiento lineal encoder rotatorio T-Force System, Ergotech, Murcia, España, para detectar la ubicación de barra a lo largo del movimiento, de forma instantánea 1000hz y calcula, de forma automática, los valores de fuerza propulsiva, velocidad y potencia. Para identificar la relación potencia-carga, se utilizaron cargas del 30,45,60,70,80,90% de 1RM y se indicó a los participantes, que realizara la máxima velocidad posible, en cada uno de los movimientos (Izquierdo *et al.* 2002). Para evitar efectos de la fatiga, se realizaron periodos de recuperación de tres minutos, entre cada serie.

Saltabilidad. Se realizó, a través del CMJ, que se hizo con las manos en la cintura y el SJ, en una posición de flexión de rodilla de 90°; se utilizó el OptojumpMicrogate ® Alemania precisión de 1/1000 segundos. Se realizaron dos intentos de cada salto, con un intervalo de seis minutos, entre los dos saltos, seleccionando el mejor registro, para el análisis estadístico.

Análisis estadístico. Para el análisis estadístico de los resultados, se utilizó el software SPSS 21. Se realizaron análisis descriptivos media y desviación estándar (DS), para cada una de las variables y de los grupos. Todas las variables, se ajustaron a los supuestos de normalidad, utilizando una prueba de Kolmogorov-Smirnov, por lo que se aplicó un análisis paramétrico, para estos resultados. Para comparar las diferentes variables en función de los distintos factores, se empleó un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA), con pruebas post-hoc de Bonferroni. Para determinar las correlaciones existentes entre variables, se calcularon, a través del coeficiente de correlación de Pearson. Se utilizó una escala de calificación cualitativa, según la magnitud de la correlación observada: débil, para valores menores a 0,40; moderada, para valores de entre 0,41 y 0,60; fuerte, entre 0,61 y 0,80 y muy fuerte, para valores entre 0,81 y 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

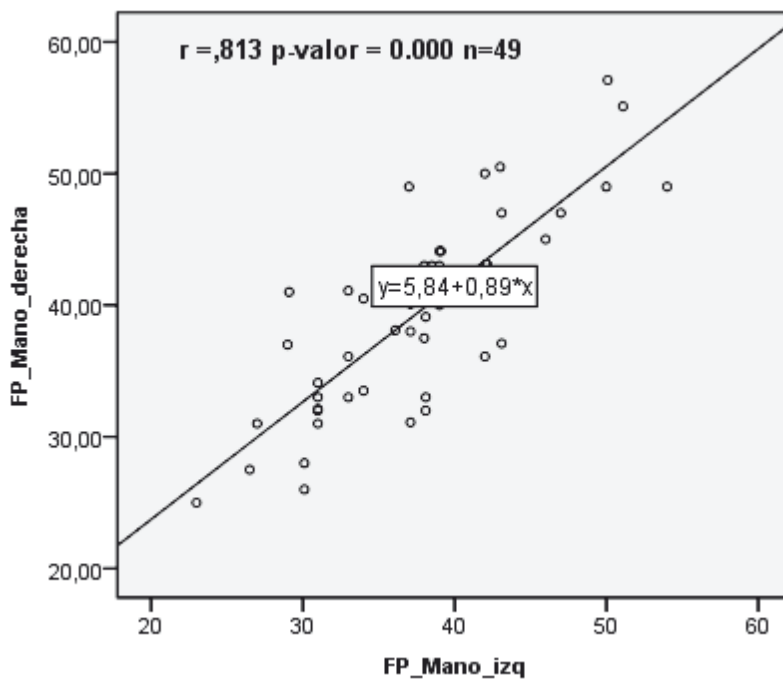
En la tabla 1, se presenta el consolidado de los resultados obtenidos en cada una de las variables evaluadas por género. Se observó, que la FP de la mano derecha e izquierda, estadísticamente, presenta un comportamiento normal (P-valor aproximado de 0,733 y 0,467) y la varianza poblacional es la misma en las dos mediciones. El estadístico de Levene mostró una significancia del 70,4 al 5%, lo que permite concluir, que no existe diferencia estadística entre los valores de FP de la mano derecha y la izquierda (P-valor=0,414), como

se observa en la gráfica 1. En cuanto a la PMMS, se constató que la potencia máxima se obtuvo con la carga del 4,0%, en los dos géneros. Se presentan diferencias significativas en la potencia máxima entre las cargas del 4,5 y 3,5% y el 4,0 y 3,5%. Al 5% de significancia, se concluye que existe diferencia significativa entre las tres mediciones de potencia máxima de miembros superiores (p-valor=0,002), como se observa en la gráfica 2.

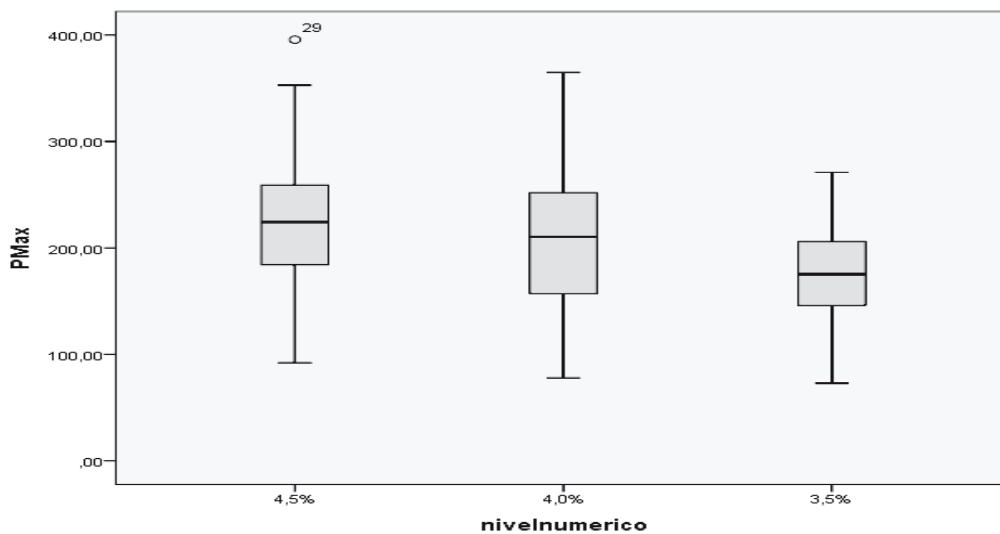
Se identificaron fuertes correlaciones de la FP con la PMMI ($r=0.61$; $p<0.000$); la FMII con la PMMI ($r=0.76$; $p<0.003$); la 1RMS con 1RMP ($r=0.74$; $p<0.0$), la PMPS ($r=0.66$; $p<0.0$) y la PMPP ($r=0.69$; $p<0.0$); la 1RMP con 1RMS ($r=0.74$; $p<0.000$), la PMMS ($r=0.75$; $p<0.000$) y la PMPS ($r=0.61$; $p<0.000$) y muy fuerte, con la PMPP ($r=0.86$; $p<0.000$); la PMMS con la PMMI ($r=0.77$; $p<0.000$), la PMPS ($r=0.62$; $p<0.000$), la PMPP ($r=0.73$; $p<0.000$),

Tabla 1. Valores de fuerza y de potencia del grupo de participantes.

Característica	Hombres		Mujeres		Di. Género	%
	(n=37)	CV %	(n=13)	CV%		
Edad (años)	21,4±2,9	0,13	22,2±4,8	0,22	0,8	4
Peso (kg)	64,7±6,3	0,1	57±6,3	0,11	7,7	12
Talla (m)	1,71±0,5	0,03	1,6±0,1	0,04	0,11	6
IMC(kg·m ⁻¹)	22,2±2	0,09	22,1±1,9	0,09	0,1	0
Fuerza prensil mano Izq. (kg)	39,1±6,3	0,16	30,6±4,4	0,15	8,5	22
Fuerza prensil mano Der. (kg)	40,3±7,4	0,18	31,9±4,7	0,15	8,4	21
Fuerza isométrica tren inferior (kg)	145,9±35,5	0,24	111,±32,2	0,29	34	23
Fuerza máxima media sentadilla (kg)	116,6±17,4	0,15	85,2±18,3	0,22	31,4	2
VMP media fase propulsiva media sentadilla (m/s)	0,603±0.07	0,11	0,536±0.01	0,01	0,067	11
Potencia media fase propulsiva media sentadilla (w)	466,3±97.4	0,2	321,1±106,1	0,33	145,2	31
Fuerza máxima press pecho (kg)	61,7±9,9	0,16	36,2±10,1	0,28	25,5	41
VMP media fase propulsiva press pecho(m/s)	0,962±0,22	0,22	0,707±0,21	0,29	0,255	27
Potencia media fase propulsiva press pecho (w)	310±64,4	0,2	149,5±41,2	0,27	160,5	52
P. máxima miembros superiores 4,5%Wingate (w)	250,6±50,7	0,2	136,±28,9	0,21	114,2	46
P. máxima miembros superiores 4,0%Wingate (w)	228,3±44,8	0,2	130,4,±24,5	0,18	97,9	43
P. máxima miembros superiores 3,5%Wingate (w)	185,7±41,7	0,2	114,1,±35,2	0,30	71,6	39
P. máxima miembros inferiores Míngate (w)	513±87,7	0,17	360,±69,8	0,19	152,3	30
P. máxima miembros inferiores Míngate(w/kg)	7,7±1,3	0,17	6,1±1	0,17	1,6	21
SJ altura (cm)	26,4±5,3	0,2	18,2±4,5	0,25	8,2	31
CMJ altura (cm)	33,1±4,1	0,13	25,7±3,9	0,15	7,4	22



Gráfica 1. Correlación de fuerza prensil de mano derecha e izquierda.



Gráfica 2. Valores de la potencia máxima de miembros superiores, a diferentes porcentajes.

1RMP ($r=0.75$; $p<0.000$) y muy fuerte, con el SJ ($r=0.99$; $p<0.001$); la PMMI con la FP ($r=0.61$; $p<0.000$), la PMMS ($r=0.77$; $p<0.003$), la VMPS ($r=0.63$; $p<0.000$), la PMPP ($r=0.74$; $p<0.002$), la PMPS ($r=0.75$; $p<0.002$), la VMPP ($r=0.75$; $p<0.002$) y la FMII ($r=0.76$; $p<0.003$); el CMJ con SJ ($r=0.72$; $p<0.002$) y la PMPP ($r=0.75$; $p<0.000$); el SJ presenta, adicionalmente, una fuerte correlación con la PMPP ($r=0.95$; $p<0.003$). La VMPS con la PMPS ($r=0.74$; $p<0.000$); la VMPP con la PMMI ($r=0.75$; $p<0.002$); la PMPP con la FMII ($r=0.64$; $p<0.000$), 1RMS ($r=0.69$; $p<0.000$), la PMMS ($r=0.69$; $p<0.000$), la PMMI ($r=0.74$; $p<0.002$), el CMJ ($r=0.75$; $p<0.000$) y con la PMPS ($r=0.69$; $p<0.000$) y muy fuerte con 1RMP ($r=0.86$; $p<0.000$) y el SJ ($r=0.95$; $p<0.003$); la PMPS con 1RMS ($r=0.66$; $p<0.000$), la PMMS ($r=0.62$; $p<0.000$), la PMMI ($r=0.75$; $p<0.000$), la VMPS ($r=0.74$; $p<0.000$) y la PMPP ($r=0.69$; $p<0.000$).

La valoración de la aptitud muscular está centrada, fundamentalmente, en la fuerza máxima o la resistencia muscular o la potencia. La fuerza, se puede desarrollar isométrica o dinámicamente y depende de una serie de factores, tales como la tasa y el grado de activación de unidades motoras. De acuerdo a lo planteado por Stone *et al.* (2003b), la potencia es el producto de la fuerza por la velocidad y las alteraciones en la fuerza conducen a cambios en la producción de potencia; lo anterior, ha sido demostrado, a través de diversos estudios, como el de Jones *et al.* (2016), quienes identificaron correlaciones significativas entre la fuerza máxima y la potencia; sin embargo, el nivel de esta correlación está determinado por los postulados que indican que las correlaciones entre la fuerza y la potencia serían más bajas en los movimientos que utilizan el ciclo de estiramiento-acortamiento, como es el caso de las acciones de pedaleo y manivela, como el caso de las pruebas de potencia, a través de la prueba de Wingate. Por el contrario, en las acciones concéntricas, como es el caso del movimiento que se realiza en la fase propulsiva del press de pecho, la potencia depende más de la fuerza (Stone *et al.* 2003a).

En cuanto a la relación de la fuerza entre diversos grupos musculares, Izquierdo *et al.* (2002) plantean que la fuerza muscular es específica a un grupo muscular, por lo tanto, los resultados obtenidos en un grupo no aportan información precisa sobre la fuerza en otros grupos musculares; sin embargo, existe gran controversia frente a esta afirmación. El estudio realizado por Vaara *et al.* (2012) aporta evidencias que indican correlaciones de la fuerza máxima entre diversos grupos musculares; en su estudio, con 846 jóvenes, en edades promedio de 25 años, identificaron correlaciones de la 1RMP con el número de abdominales ($r = 0,37$, $p < 0,001$) y la FP ($r = 0,34$, $p < 0,001$); número de flexiones de codo con 1RMP ($r=0,61$, $p<0,001$); fuerza máxima de extensión de piernas con el número de media sentadillas ($r=0,23$, $p<0,001$); número de flexiones de codo con media sentadi-

lla ($r=0,55$, $p < 0,001$) y abdominales ($r=0,65$, $p<0,001$). En ese mismo sentido, Ikeda *et al.* (2007) identificaron una fuerte correlación entre el press de pecho, la sentadilla y el pico de potencia en el press de pecho. En el presente estudio, se ratifican estas mismas fuertes correlaciones. McGuigan *et al.* (2010) observaron una correlación muy fuerte, entre el pico de fuerza isométrica y el 1RMS ($r=0,97$, $p < 0,05$) y el 1RMP ($r=0,99$, $p < 0,05$). También, se presentaron fuertes correlaciones entre el salto alto y la fuerza isométrica pico ($r=0,72$, $p<0,05$) y el 1RMP ($r=0,70$, $p<0,05$).

Por el contrario, Castro-Pinero *et al.* (2010), en su revisión sistemática, identificaron bajas correlaciones entre el SJ y el CMJ y la fuerza de los miembros superiores. También indicaron que, del conjunto de estudios revisados, solo dos establecieron correlación entre los valores de fuerza de los miembros superiores e inferiores. En el presente estudio, se identificó una muy fuerte correlación entre los valores obtenidos en el SJ y PMMS y PMPP. El CMJ presentó una fuerte correlación con PMPP. En los estudios reportados en la revisión sistemática, no se realizaron pruebas de potencia.

Esta diversidad en los resultados de la fuerza y la potencia no solo se observa cuando se comparan los resultados de las pruebas de miembros superiores e inferiores. En el presente estudio, los valores obtenidos en las diferentes pruebas de miembros superiores, no todas presentaron correlaciones significativas entre ellas. Se presentaron fuertes correlaciones entre la PMMS, 1RMP y la PMPP. Por el contrario, la FP es la más débil de todas, que presenta correlaciones moderadas, con el 75% de las variables de miembros superiores, lo que indicaría, que no es la prueba más apropiada para valorar la fuerza o la potencia de los miembros superiores. Por el contrario, PMMS, 1RMP y la PMPP tendrían un gran valor predictivo, cuando se trata de evaluar la fuerza o la potencia de los miembros superiores.

En cuanto a la correlación entre los valores obtenidos en las diferentes pruebas de miembros inferiores, se observó que la PMPS presenta fuertes correlaciones con 1RMS, la PMMI, la CMJ y la VMPS, seguida de la PMMI, que se correlaciona con la FMII, la VMPS y la PMPS.

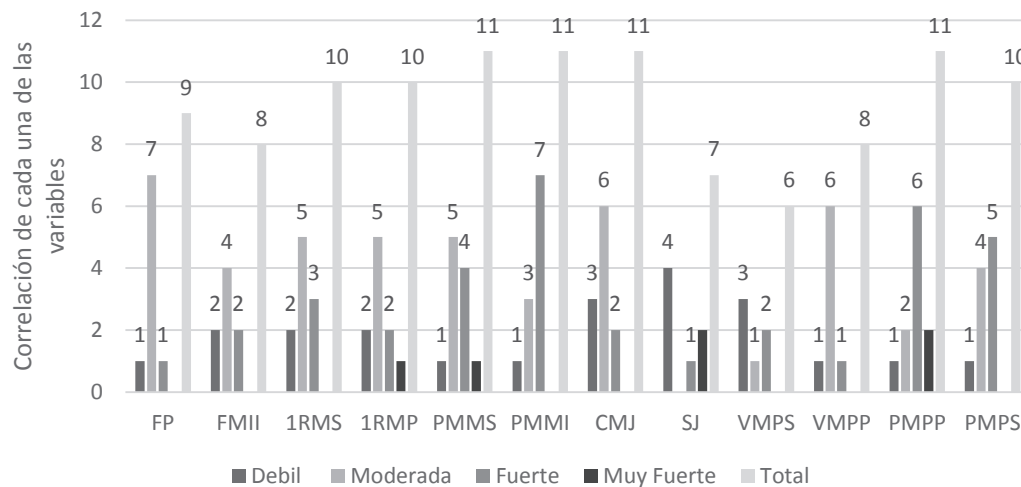
Al observar la correlación entre los valores obtenidos en las pruebas de miembros inferiores y superiores, se identificaron fuertes correlaciones, principalmente, de la PMPP, la PMPS y PMMI, con las demás pruebas del estudio; en la gráfica 3, se pueden observar el número y el nivel de las correlaciones entre cada una de las variables. Las pruebas de potencia muscular presentan el mayor número de correlaciones y de mejor calidad que las observadas en las de fuerza. La PMPP, se correlaciona, de manera fuerte, con el 73% de las variables, seguida de la PMMI, 64% y la PMPS, 55%. Este fenómeno se podría explicar, por el componente de la velocidad

que tienen las pruebas de potencia y sus implicaciones en la activación neuromuscular y elástica del músculo, en comparación a las de fuerza máxima.

En el caso de la fuerza máxima, 1RMP y 1RPS presentan correlaciones fuertes, con el 25% de las otras pruebas.

Estas evidencias preliminares indicarían que, a pesar que se esté evaluando la musculatura de los miembros superiores o inferiores, se presenta una variabilidad en la correlación entre

estas pruebas, que se podría explicar desde la contribución que tienen los diferentes grupos musculares implicados en los movimientos, en cada una de las pruebas que, probablemente, no son los mismos. Esto indicaría que la información proporcionada en cada una de las pruebas es específica para el grupo muscular y el movimiento y no se pueden extrapolar a otro grupo muscular o movimiento. Esta diferencia, también se puede atribuir a las implicaciones neuromusculares que tienen los diferentes tipos de acciones musculares, implicadas en cada prueba.



Gráfica 3. Cantidad y tipo de correlación de cada una de las variables del estudio.

En cuanto a las pruebas de saltabilidad, varios estudios han reportado una fuerte correlación ($r = 0,69, p < 0,05$) entre 1RMS y el pico de potencia en el CMJ (Stone *et al.* 2003a; Winchester *et al.* 2005; Nuzzo *et al.* 2008; McGuigan *et al.* 2010). De igual forma, un estudio que comparó las relaciones entre 1RM de varios movimientos olímpicos y el CMJ reportó fuertes correlaciones (Carlock *et al.* 2004). En el presente estudio, con población no deportista, se identificó una correlación moderada entre 1RMS y el CMJ.

Tradicionalmente, la potencia de miembros inferiores ha sido determinada a partir de la relación entre las fuerzas de frenado y el pico de pedaleo, en bicicleta ergométrica o, a través del salto vertical, en dispositivos, como plataformas o celdas foto-eléctricas. Frente a la correlación de los valores de obtenidos a partir de estas dos pruebas, algunos estudios han reportado correlaciones significativas (Davies *et al.* 1984; Vandewalle *et al.* 1987; Dore *et al.* 2008). Otros, como el de Rouis *et al.* (2015), indican que la relación entre CMJ y potencia obtenida en cicloergometro es débil y su nivel de significancia depende del deporte que practiquen los participantes y de componentes étnicos, que son ratificados

en otros estudios, como el de Ben Ayed *et al.* (2011), que indican que el grupo étnico tiene un efecto que corresponde a una diferencia de 0.049m y el tipo de deporte que se practique, a 0.0587m. Rouis *et al.* (2016) confirman con su estudio, que el componente étnico juega un papel fundamental en las pruebas de salto. Goodway *et al.* (2010) observaron, en su estudio, que las personas de raza negra presentan, generalmente, mejor desempeño en actividades, tales como correr, saltar o deslizarse. Las explicaciones a estos resultados, se han soportado, principalmente, por las diferencias constitucionales entre las poblaciones étnicas, como la composición corporal, las propiedades músculo tendinosas y los tipos de fibras musculares (McCarthy *et al.* 2006).

En el presente estudio, se identifica una correlación moderada entre estas dos variables, sin discriminar por grupo étnico y los participantes no practicaban, de forma regular, ningún tipo de deporte.

Esta variabilidad en los resultados de los estudios, también se podría atribuir, en parte, a que la contribución de los diferentes grupos musculares implicados en estos dos

movimientos, probablemente, no es la misma y también se puede explicar, por un mayor grado de complejidad en la coordinación de los músculos de los inferiores, en el trabajo de pedaleo (Ben Ayed *et al.* 2011), por lo tanto, la variación en la contribución relativa de los diferentes músculos extensores podría explicar la gran variabilidad observada, en estas dos pruebas (Vandewalle *et al.* 1987; Dore *et al.* 2008); por ejemplo, el valor de CMJ en los ciclistas fue menor que el estimado, a partir de la regresión CMJ-Pmax.

En cuanto a la relación de la fuerza isométrica y la dinámica existe una serie de estudios que reportan esta relación (Stone *et al.* 2003a; McGuigan *et al.* 2010; Khamoui *et al.* 2011); no obstante, Preedy & Peters (2002) plantean que existe una diferencia de orden neural entre la fuerza isométrica y la fuerza dinámica; esta divergencia radica en las características de las unidades motoras y en el nivel de activación de la musculatura implicada. Durante las acciones isométricas, se incrementa la actividad de las motoneuronas gama, por medio de aferencias del huso muscular (Linnamo *et al.* 2003). A nivel mecánico, la fuerza isométrica no involucra el componente elástico en la generación de la fuerza.

La transferencia de la fuerza isométrica a la producción de energía dinámica sigue siendo poco clara y requiere de investigaciones de mayor profundidad, entre las pruebas de fuerza isométrica y de potencia explosiva, debido a que los mecanismos que contribuyen a la fuerza dinámica parecen no estar relacionados con los mecanismos que contribuyen a una mayor fuerza isométrica (Ikeda *et al.* 2007).

En el presente estudio, se ratifica esta baja correlación de la fuerza isométrica con la fuerza dinámica; por ejemplo, la FP presentó una fuerte correlación únicamente con la PMMI, lo cual, podría cuestionar su utilidad como prueba para la valoración de los niveles de fuerza de una persona y definir factor de riesgo de mortalidad.

Por tratarse de uno de los pocos estudios que intenta establecer correlaciones entre la fuerza y la potencia de diferentes grupos y acciones musculares, los resultados deben ser observados con precaución, debido a que, en algunos casos, se ubican en la línea de estudios que no identifica correlación y, en otros, observa fuertes correlaciones, ratificando la dispersión y el poco consenso que existe en la literatura revisada sobre el tema que, sin abordar una cantidad similar de variables, presentó heterogeneidad en los niveles de relación, entre las variables de fuerza y de potencia.

Basado en los resultados, se podría concluir que es posible la existencia de una relación entre la fuerza de miembros superiores e inferiores, pero esta relación varía de acuerdo al tipo de pruebas que se utilicen. Se reafirma, igualmente, la poca correlación entre la fuerza dinámica y la estática. La

fuerza prensil, al parecer, no es un buen indicador de la fuerza global de un sujeto y no se presenta diferencia entre los valores obtenidos en la mano izquierda o derecha. En cuanto a la potencia de los miembros superiores, se identificó el porcentaje ideal de la carga, donde se obtiene la potencia máxima.

Las pruebas de potencia PMPP, la PMMI y la PMPS, por sus implicaciones estructurales, neuromusculares y mecánicas y por las fuertes correlaciones observadas, serían las más indicadas, para determinar la fuerza muscular global de un sujeto; sin embargo, para reafirmar estos postulados es necesario realizar estudios que involucren una amplia gama de pruebas de evaluación de la fuerza y de la potencia de miembros superiores e inferiores, en una población extensa, estratificada, de acuerdo al grupo étnico, género y tipo de deporte que practiquen, que aportarán elementos importantes a la discusión, que existe actualmente frente al tema.

Conflictos de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. **Financiación:** Este estudio fue financiado con recursos de la Universidad Pedagógica Nacional.

BIBLIOGRAFÍA

1. BEN AYED, K.; LATIRI, I.; DORE, E.; TABKA, Z. 2011. Leg muscle power in 12-year-old black and white Tunisian football players. *Res. Sports Med.* 19(2):103-117.
2. CARLOCK, J.; SMITH, S.; HARTMAN, M.; MORRIS, R.; CIROSLAN, D.; PIERCE, K.; STONE, M. 2004. The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach. *J. Strength Cond. Res.* 18(3):534-539.
3. CASTRO-PINERO, J.; ORTEGA, F.; ARTERO, E.; GIRELA-REJON, M.; MORA, J.; SJOSTROM, M.; RUIZ, J. 2010. Assessing muscular strength in youth: usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *J. Strength Cond. Res.* 24(7):1810-1817.
4. CORMIE, P. 2011. Developing maximal neuromuscular power: Part 1-biological basis of maximal power production. *SportsMed* 41(1):17-38.
5. DAVIES, C.; WEMYSS-HOLDEN, J.; YOUNG, K. 1984. Measurement of short term power output: comparison between cycling and jumping. *Ergonomics.* 27(3):285-296.

6. DORE, E.; BEDU, M.; VAN PRAAGH, E. 2008. Squat jump performance during growth in both sexes: comparison with cycling power. *Res. Q Exerc. Sport.* 79(4):517-524.
7. GOODWAY, J.; ROBINSON, L.; CROWE, H. 2010. Gender differences in fundamental motor skill development in disadvantaged preschoolers from two geographical regions. *Research quarterly for exercise and sport.* 81(1):17-24.
8. GOROSTIAGA, E.; ASIAIN, X.; IZQUIERDO, M.; POSTIGO, A.; AGUADO, R.; ALONSO, J.; IBANEZ, J. 2010. Vertical jump performance and blood ammonia and lactate levels during typical training sessions in elite 400-m runners. *J. Strength Cond. Res.* 24(4):1138-1149.
9. HAFF, G.; NIMPHIUS, S. 2012. Training Principles for Power. *Strength and Conditioning J.* 34(6):3-12.
10. IKEDA, Y.; KIJIMA, K.; KAWABATA, K.; FUCHIMOTO, T.; ITO, A. 2007. Relationship between side medicine-ball throw performance and physical ability for male and female athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 99(1):47-55.
11. IZQUIERDO, M.; HAKKINEN, K.; GONZALEZ-BADILLO, J.; IBANEZ, J.; GOROSTIAGA, E. 2002. Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur. J. Appl. Physiol.* 87(3):264-271.
12. JONES, M.; JAGIM, A.; HAFF, G.; CARR, P.; MARTIN, J.; OLIVER, J. 2016. Greater Strength Drives Difference in Power between Sexes in the Conventional Deadlift Exercise. *Sports.* 4(43):1-10.
13. KAWAMORI, N.; HAFF, G. 2004. The optimal training load for the development of muscular power. *J. Strength Cond. Res.* 18(3):675-684.
14. KHAMOUI, A.; BROWN, L.; NGUYEN, D.; URIBE, B.; COBURN, J.; NOFFAL, G.; TRAN, T. 2011. Relationship between force-time and velocity-time characteristics of dynamic and isometric muscle actions. *Strength Cond. Res.* 25(1):198-204.
15. LINNAMO, V.; MORITANI, T.; NICOL, C.; KOMI, P. 2003. Motor unit activation patterns during isometric, concentric and eccentric actions at different force levels. *J. Electromyogr Kinesiol.* 13(1):93-101.
16. LUND, R.; DOLNY, D.; BROWDER, K. 2006. Strength-power relationships during two lower extremity movements in female division I rowers. *J. Ex. Phys.* 9(3):41-52.
17. MCCARTHY, J.; HUNTER, G.; LARSON-MEYER, D.; BAMMAN, M.; LANDERS, K.; NEWCOMER, B. 2006. Ethnic differences in triceps surae muscle-tendon complex and walking economy. *J Strength Cond Res.* 20(3):511-8.
18. MCGUIGAN, M.; NEWTON, M.; WINCHESTER, J.; NELSON, A. 2010. Relationship between isometric and dynamic strength in recreationally trained men. *Strength Cond. Res.* 24(9):2570-2573.
19. NACLERIO, F.; COLADO, J.; RHEA, M.; BUNKER, D.; TRIPLETT, N. 2009. The influence of strength and power on muscle endurance test performance. *J. Strength Cond. Res.* 23 (5):1482-1488.
20. NUZZO, J.; MCBRIDE, J.; CORMIE, P.; MCCAULLEY, G. 2008. Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. *J. Strength Cond. Res.* 22(3):699-707.
21. PREEDY, V.; PETERS, T. 2002. *Muscle pathologie diagnosis and management of disease.* London: Greenwich medical media. 716p.
22. ROUIS, M.; ATTIOGBE, E.; VANDEWALLE, H.; JAAFAR, H.; NOAKES, T.; DRISS, T. 2015. Relationship between vertical jump and maximal power output of legs and arms: effects of ethnicity and sport. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 25(2):e197-207.
23. ROUIS, M.; COUDRAT, L.; JAAFAR, H.; ATTIOGBE, E.; VANDEWALLE, H.; DRISS, T. 2016. Effects of ethnicity on the relationship between vertical jump and maximal power on a cycle ergometer. *J Hum Kinet.* 51:209-16.
24. STONE, M.; O'BRYANT, H.; MCCOY, L.; COGLIANESE, R.; LEHMKUHL, M.; SCHILLING, B. 2003a. Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *Strength Cond. Res.* 17(1):140-147.
25. STONE, M.; SANBORN, K.; O'BRYANT, H.; HARTMAN, M.; STONE, M.; PROULX, C.; HRUBY, J. 2003b. Maximum strength-power-performance relationships in collegiate throwers. *J. Strength Cond. Res.* 17(4):739-745.

26. VAARA, J.; KYROLAINEN, H.; NIEMI, J.; OHRANKAMEN, O.; HAKKINEN, A.; KOCA, S.; HAKKINEN, K. 2012. Associations of maximal strength and muscular endurance test scores with cardiorespiratory fitness and body composition. *J. Strength Cond. Res.* 26(8):2078-2086.
27. VANDEWALLE, H.; PERES, G.; HELLER, J.; PANEL, J.; MONOD, H. 1987. Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer. Correlation with the height of a vertical jump. *Eur. J. Appl. Physiol.* 56(6):650-656.
28. WINCHESTER, J.; ERICKSON, T.; BLAAK, J.; MCBRIDE, J. 2005. Changes in bar-path kinematics and kinetics after power-clean training. *J. Strength Cond. Res.* 19(1):177-183.
- Recibido: Enero 27 de 2017
Aceptado: Mayo 31 de 2017

Cómo Citar:

Fernández Ortega, J.A.; Hoyos Cuartas, L.A. 2017. Relaciones entre diversas manifestaciones de la fuerza en diferentes grupos musculares en adultos jóvenes. *Rev. U.D.C.A Act.& Div. Cient.* 20(1): 33-42.