

Índice de asimetría bilateral similar de las manifestaciones de la fuerza muscular de extremidades inferiores en jóvenes universitarios

Similar bilateral asymmetry index of lower limbs muscle strength expressions in university students

Ramón Candia-Luján, Beatriz Anai Núñez Escudero, Karen Ileana Carreón Santa Cruz, Lidia Guillermina De León Fierro, Claudia Esther Carrasco-Legleu y Kevin Fernando Candia-Sosa
Universidad Autónoma de Chihuahua (México)

Resumen. El objetivo del presente estudio fue determinar la asimetría bilateral y comparar el índice de asimetría (IA) de las manifestaciones de la fuerza muscular de las extremidades inferiores. Participaron 16 hombres y 14 mujeres con una edad de 22.5 ± 2 años, todos ellos estudiantes universitarios, se les midió la fuerza muscular máxima dinámica, la fuerza máxima isométrica y la potencia muscular de cada extremidad inferior con la sentadilla unilateral. El IA presentado por los sujetos fue entre 2.8 ± 3.0 y 4.0 ± 4.3 % en las diferentes manifestaciones de la fuerza muscular, cuando se compararon dichas manifestaciones no hubo diferencia entre ellas. Por último las mujeres presentaron entre un 2.5 ± 2.7 y un 4.0 ± 4.1 % de IA de las manifestaciones de la fuerza mientras que para los hombres fue entre un 3.0 ± 3.4 y 5.0 ± 4.6 %, sin diferencia cuando se comparó por género. Por lo que se concluye que la asimetría bilateral de las manifestaciones de la fuerza está presente en los sujetos evaluados, siendo similar el IA de las manifestaciones evaluadas así como entre hombres y mujeres.

Palabras clave. Asimetría, fuerza máxima, fuerza isométrica, potencia muscular, extremidades inferiores.

Abstract. The aim of this study was to determine the bilateral asymmetry, and to compare the asymmetry index (AI) of muscle strength expressions in the lower limbs. A total 30 university students (16 men and 14 women) with a mean age of 22.5 ± 2 years participated in the study. Maximum dynamic muscle strength, maximum isometric strength, and muscle power in unilateral lower limb squat were assessed. The IA presented by the subjects ranged from 2.8 ± 3.0 and 4.0 ± 4.3 % in the different manifestations of muscle strength. The comparison of these manifestations revealed no differences. In addition, women scored between 2.5 ± 2.7 and 4.0 ± 4.1 % AI of expression of strength, whereas in men this value ranged between 3.0 ± 3.4 and 5.0 ± 4.6 %. No statistical difference was found comparing by gender. Therefore, we can conclude that there exists a bilateral asymmetry in the manifestations of strength in our sample, at the same time their IA is similar both considering the overall sample and assessing it by gender.

Keywords. Asymmetry, maximal strength, isometric strength, muscular power, lower limbs.

Introducción

En los últimos años la valoración de la asimetría bilateral (diferencia entre lado dominante y el no dominante) ha cobrado mayor interés, tanto desde el punto de vista de la salud (Paterno, Schmitt, Ford, Rauh, Myer, Huang & Hewett, 2010) como del deporte (Benjanuvatna, Lay, Alderson & Blanksby, 2013). La diferencia entre los dos lados del cuerpo ha sido evaluada desde la perspectiva morfológica (diferencia entre tamaño y forma de órgano o partes corporales situados de lado izquierdo y derecho), funcional (conectado con un hemisferio dominante) y dinámica (diferencia entre lado derecho e izquierdo en fuerza y elasticidad) (Krzykata, 2010).

Dicha diferencia entre lado derecho e izquierdo se ha visto que tiende a ser mayor en la parte superior del cuerpo en comparación con la inferior (Krzykata, 2010). Aparte de los genéticos (Al-Eisa, Egan & Wassersug, 2004) son varios los posibles factores los que originan la asimetría bilateral entre los que destacan; las demandas específicas de un deporte, la sobredependencia de un lado del cuerpo (Luk, Winter, O'Neill, & Thompson, 2014) y la inadecuada e incompleta aplicación de un programa de rehabilitación. Cuando la diferencia entre ambos lados está entre un 10-15 % puede haber un riesgo de lesión de la persona (Ruas, Minozzo, Pinto, Brown & Pinto, 2015) o disminución del desempeño deportivo (Young, James & Montgomery, 2002).

Si bien existen estudios donde se ha valorado la asimetría morfológica corporal en diversas poblaciones (Abián, Abián-Vicén & Sampedro, 2012; Cuk, Pajek, Jakse, Pajek & Pecek, 2012; Mayolas, Villarroya & Reverter, 2011), la asimetría dinámica es la que ha sido parte de un mayor número de investigaciones (Maulder & Cronin, 2005; Samadi, Rajabi, Minoonejad & Aghaiari, 2009; Aragón, Fernández, Gómez, Carrasco, Mora & González, 2010). En los estudios donde se ha valorado este tipo de asimetría los instrumentos usados han sido principalmente dinamómetros isocinéticos (Daneshjoo, Rahnama, Mokhtar & Yusof, 2013; Theoharopoulos, Tsitskaris, Nikopoulou & Tsaklis, 2000),

bicicletas (Rannama, Port, Bazanov & Pedak, 2015) y plataformas de fuerza (Edwards, Steele, Cook, Purdam & Meghee, 2012;). Siendo los sujetos participantes en los estudios en su mayoría deportistas (Impellizari, Rampanini, Maffiuletti & Marcora, 2007; Fousekis, Tsepis & Vagenas, 2010; Iglesias, Irurtia, Marina & Carrasco, 2011).

Por lo anteriormente expuesto surgen las siguientes preguntas: ¿qué nivel de asimetría de las manifestaciones de la fuerza en extremidades inferiores presenta un grupo de estudiantes universitarios?, ¿es diferente el nivel de asimetría entre mujeres y hombres? y por último ¿son diferentes los niveles de asimetría de las manifestaciones de fuerza muscular evaluadas?

Para contestar las preguntas se establecieron tres objetivos en el presente estudio, el primero fue determinar la asimetría bilateral de las manifestaciones de la fuerza muscular de las extremidades inferiores en jóvenes universitarios. El segundo, comparar el índice de asimetría (IA) bilateral entre hombres y mujeres. Y el tercero, comparar los IA de las diferentes manifestaciones de fuerza.

Material y método

Participaron en el estudio 30 estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua, todos ellos saludables sin ningún problema osteomuscular, que asistieran cuando menos tres veces por semana al gimnasio y que no practicaran ningún deporte de forma competitiva. La muestra fue elegida por conveniencia, fueron invitados de forma verbal por los responsables del proyecto. Se les explicó los objetivos, beneficios y riesgos de su participación, posteriormente firmaron una carta de consentimiento informado. Las mediciones se llevaron a cabo siguiendo las recomendaciones del Tratado de Helsinki.

El peso de los participantes fue determinado con una báscula con capacidad para 140 kg (BAME modelo 420), la estatura con un estadímetro (Seca modelo 0901) y el perímetro del muslo con una cinta métrica (Lufkin modelo W606PM) estos dos últimos con una precisión de 0.1 cm. Las mediciones se llevaron a cabo de acuerdo a los lineamientos de la *International Society for Advancement of Kinanthropometry (ISAK)*. La pierna dominante fue identificada preguntándole a los sujetos con cual golpeaban más fuerte un balón. En la tabla 1 se pueden observar las

características generales de los participantes.

Para la evaluación de las manifestaciones de la fuerza muscular se usó la sentadilla unilateral (SU), las mediciones se llevaron a cabo en dos días, en el primero se midió la fuerza muscular máxima y durante el segundo la potencia muscular y la fuerza isométrica máxima, la pausa de recuperación entre cada intento fue de tres minutos. La valoración de la pierna dominante y la no dominante fue aleatoria, para la mitad de los sujetos primero fue la dominante y para la otra mitad fue la no dominante. Previo a la medición los sujetos realizaron un calentamiento que consistió en cinco minutos en cicloergómetro a una velocidad y carga a elección del participante, posteriormente tres minutos de estiramiento.

Fuerza máxima dinámica: Esta manifestación fue determinada con una repetición máxima (1-RM). Después del calentamiento se le pidió al sujeto que se colocara en la máquina *Smith* (Life Fitness, EE. UU. A.) con la barra descargada sobre los hombros, con el pie que se iba a medir ligeramente por delante la misma, mientras que la punta del pie contrario se puso sobre un cajón de 30 cm de altura colocado en la parte trasera de la máquina mencionada. Posteriormente se le pidió que flexionara la rodilla hasta que la tibia y el fémur formaran un ángulo de 90°, mientras el participante permanecía en esa posición uno de los investigadores colocaba el tope de seguridad de la máquina y realizaba las marcas de referencia para asegurar que todos los intentos fueran ejecutados de forma similar.

La primera carga administrada fue lo correspondiente a un 50 % del peso corporal de individuo, con la cual realizó ocho repeticiones. Durante el descanso de cada intento se le mostró la escala de percepción subjetiva del esfuerzo (OMNI-Res) para que indicara a los investigadores como había percibido el esfuerzo con la carga correspondiente. Con base en la percepción del sujeto y en la observación de la técnica de ejecución por parte de los investigadores se incrementó la carga, terminada la pausa de recuperación y colocada la nueva carga se le pidió que hiciera una sola repetición, si la ejecución era exitosa entonces se incrementaba la carga y nuevamente se le pedía una repetición, hasta que fuera incapaz de subirla, tratando de que el sujeto no hiciera más de cinco intentos. La última carga levantada exitosamente fue la que se tomó como el valor de la fuerza máxima dinámica.

Potencia muscular: Para la evaluación de esta manifestación se usó un transductor de posición lineal (T-Force, España) con una velocidad de muestreo de 1000 Hz, conectado a un ordenador. El transductor se fijó a la barra en el lado de la pierna que era medida. La carga utilizada para la ejecución de la SU fue el 50 % de la 1-RM de la pierna respectiva. Después de colocar al sujeto en la posición inicial, con la barra cargada, se le pidió que bajara lentamente hasta que la rodilla alcanzara un ángulo de 90° y permaneciera por espacio de dos segundos, esto con el fin de evitar el rebote y el efecto elástico músculo-tendinoso. Posteriormente se le pidió que subiera lo más rápido posible. Este movimiento lo

Tabla 1.
Características generales de los participantes

	Mujeres (n = 14)	Hombres (n = 16)
Edad (años)	22 ± 1.8	22.7 ± 2.2
Peso (kg)	63.3 ± 11.3	74.6 ± 13.4 *
Estatura (cm)	163.7 ± 7.7	175.1 ± 7.1 *
PM pierna dominante (cm)	57.5 ± 1.6	55.6 ± 1.3
PM pierna no dominante (cm)	57.2 ± 1.7	55.4 ± 1.3

Diferencia significativa ($p < .05$) entre hombres y mujeres y PM = Perímetro muslo

Tabla 2.
Comparación de la manifestaciones de la fuerza entre ambas extremidades inferiores

	Pierna dominante	Pierna no dominante	% IA
Fuerza máxima dinámica (kg)	64.6 ± 20.6	65.6 ± 20.8	2.8 ± 3.0
Potencia muscular (W)	228.2 ± 92.5	236.5 ± 99.9	4.0 ± 4.3
Fuerza máxima isométrica (kg)	77.9 ± 43.3	74.9 ± 37.6	4.0 ± 3.2

IA = Índice de asimetría

Tabla 3.
Comparación de las manifestaciones de la fuerza e IA entre hombres y mujeres

	Mujeres (n = 14)			Hombres (n = 16)		
	PD	PNoD	% IA	PD	PNoD	% IA
Fuerza máxima dinámica (kg)	50.2 ± 16.8	49.7 ± 16.5	2.5 ± 2.7	77.2 ± 14.7*	79.4 ± 12.6**	3.0 ± 3.4
Potencia muscular (W)	163.1 ± 66.4	166.3 ± 6.7	4.0 ± 4.1	282.7 ± 77.1*	297.9 ± 82.3**	5.0 ± 4.6
Fuerza máxima isométrica (kg)	53.5 ± 17.8	50.75 ± 15.1	4.0 ± 3.5	99.3 ± 48.3*	96.1 ± 38.8**	4.1 ± 3.9

IA = Índice de asimetría, PD = Pierna dominante y PNoD = Pierna no dominante

* = Diferencia significativa ($p < .05$) de la PD de hombres y mujeres y ** = Diferencia significativa ($p < 0.5$) de la PNoD entre hombres y mujeres

ejecutó tres veces seguidas. Después de tres minutos de descanso se evaluó la pierna contraria. Para el análisis de los datos se tomó el promedio del valor de las tres ejecuciones.

Fuerza máxima isométrica: La valoración de esta manifestación de la fuerza se llevó a cabo utilizando un aparato para sentadilla V (Life Fitness, EE. UU. A.) y una celda de carga con capacidad para 500 kg (Celtron, EE. UU. A.) la cual se colocó con cadenas en la parte trasera del aparato, manteniendo un sistema rígido. A diferencia de las mediciones anteriores el pie de la pierna que no era medida se mantenía en el aire, mientras que la pierna evaluada se colocaba aproximadamente a 90° de flexión. Después de que el sujeto fuera colocado en la posición inicial y las cadenas de la celda de carga ajustadas se le pidió empujar al máximo con la pierna manteniendo la contracción por espacio de cinco segundos. Por cada pierna fueron dos intentos, los cuales se promediaron para el análisis de los datos.

Análisis estadístico: el análisis de los datos se llevó a cabo con el programa estadístico SPSS versión 19. Los datos descriptivos se presentan con Media ± Desviación Estándar (M ± DE). El análisis de la normalidad de los datos se realizó con la prueba Shapiro Wilk. Para comparar los valores de las manifestaciones de la fuerza entre pierna dominante (PD) y la no dominante (PNoD) se usó la *t* de Student para muestras relacionadas. En cuanto a la comparación de las manifestaciones de fuerza e IA entre hombres y mujeres se utilizó el ANOVA de dos factores para medidas repetidas. Se estableció un nivel de significancia de $p > .05$.

El IA se calculó a partir de la fórmula $\% IA = (PD - PNoD / PD) * 100$ (Carpes, Mota & Faria, 2010). Donde IA es el índice de asimetría, PD y PNoD representan el valor de la evaluación de la pierna dominante y la no dominante, respectivamente. Debido a que los objetivos del presente estudio están relacionados con la determinación del nivel y no con la dirección de la asimetría los signos negativos de los valores fueron eliminados arbitrariamente.

Resultados

En la tabla 2 se puede observar que no hubo diferencia entre la pierna dominante y la no dominante en ninguna de las manifestaciones de la fuerza muscular, también se puede apreciar que el índice de asimetría es de $2.8 \pm 3.0\%$ para la fuerza máxima dinámica, $4.0 \pm 4.3\%$ para la potencia muscular y $4.0 \pm 3.2\%$ para la fuerza máxima isométrica.

Cuando se compararon las diferentes manifestaciones de la fuerza entre hombres y mujeres se observa que los valores mayores son de los primeros, sin embargo, cuando se comparan los índices de asimetría no hay diferencia entre género (Tabla 3).

En cuanto a la comparación entre los IA de las manifestaciones de la fuerza muscular no se encontraron diferencias entre ellos. El 66.6 % de los participantes presentó mayor fuerza en la PD mientras que el restante 33.3 % fue la PNoD.

Discusión

Los participantes presentaron edad similar con respecto al género, mientras que la estatura y el peso, los varones presentaron valores mayores. Características generales similares a las presentadas por los sujetos participantes en el estudio de Stephens, Lawson, DeVoe y Reiser (2007) donde hombres a la misma edad son más altos y pesan más que las mujeres. En cuanto a los perímetros de muslo estos presentaron valores iguales entre la pierna dominante y la no dominante así como entre género, resultados similares a los reportados por Palomino-Martín, González-Martel, Quiroga-Escudero y Ortega-Santana (2015) en un estudio con nadadores adolescentes.

Los resultados del presente estudio indican que si bien no existe diferencia de la fuerza máxima dinámica entre la pierna dominante y la no dominante si existe una ligera asimetría entre ambas extremidades. Resultados similares a los encontrados por McCurdy y Langford (2005) y Candia y De Paz (2015) los cuales usaron la sentadilla unilateral para determinar la fuerza, aunque en el primero de los casos fue con pesos

libres y el segundo con la máquina Smith. Tampoco Weist, Dagnese y Carpes (2010) encontraron diferencia entre ambas extremidades cuando evaluaron la fuerza muscular usando el aparato para extensión de piernas, el índice de asimetría fue de $4.1 \pm 6.0\%$. En los tres casos citados los estudios fueron con jóvenes saludables al igual que en la presente investigación.

En los estudios donde se ha tenido como objetivo determinar la asimetría bilateral de la potencia muscular regularmente se han utilizado los saltos y las plataformas de fuerza (Benjanuvatra et al., 2013; Ceroni, Martin, Delhumeau & Farpour-Lambert, 2012). Los resultados del presente estudio difieren de los presentados por Maulder y Cronin (2005) donde reportan entre 1 y 2 % de diferencia entre la pierna dominante y la no dominante durante la evaluación de diferentes saltos, aunque en este caso lo hicieron con adolescentes. Por su parte Zahalka, Malý, Malá, Gryc, & Hráský, (2013) encontraron mayor grado de asimetría de piernas (desde $3.95 \pm 3.48\%$ hasta $8.61 \pm 5.33\%$) en un grupo de porteros evaluados en diferentes saltos.

En cuanto a resultados de la evaluación de la fuerza máxima isométrica, el índice de asimetría fue de un $4 \pm 3.2\%$. Vernillo, Pisoni & Thiebat, (2016) encontraron entre un 1.7 y un 9.9 % de diferencia de fuerza isométrica entre la pierna izquierda y derecha en jóvenes practicantes de *snowboard*. Por su parte Impellizzeri et al. (2007) también midieron la fuerza isométrica en el aparato de *press* de pierna y tuvieron un 9% más fuerte el miembro inferior en comparación con el más débil. En ambos casos, al igual que en nuestro estudio, se utilizó una celda de carga para la determinación de la fuerza isométrica, sin embargo, los participantes de sus estudios practicaban deporte específico.

Aunque es conocido que existen diferencias en la fuerza muscular absoluta entre mujeres y hombres (Beachle & Earle, 2008) y acorde a dicha información, en los resultados del presente estudio los hombres presentaron mayor fuerza tanto en la extremidad dominante como la no dominante, sin embargo, no hubo diferencia en el índice de asimetría a diferencia de lo reportado por Bailey, Sato, Burnett y Stone (2015) donde encontraron que las mujeres hay más asimetría en la capacidad de producir fuerza. Por su parte Ceroni et al., (2015) encontraron que las mujeres producían mayor fuerza mientras que la producción de potencia de los hombres fue mayor.

Por último, éste es el primer estudio donde se comparan los IA de diferentes manifestaciones de la fuerza. Los valores de los IA de las manifestaciones fueron entre un $2.8 \pm 3.0\%$ y un $4.0 \pm 4.3\%$ sin diferencia entre ellos, sin importar el tipo de contracción (concéntrica e isométrica) o la velocidad de ejecución (fuerza máxima dinámica y potencia muscular) de la sentadilla.

Conclusiones

Después del análisis de los resultados se concluye que, si bien no hubo diferencia estadística cuando se comparó la PD y la PNoD, al ser los resultados de la ecuación diferentes a cero, se asume que existe asimetría bilateral de las manifestaciones de fuerza muscular de las extremidades inferiores y que está presente en los sujetos participantes del estudio, que el índice de asimetría es similar entre hombres y mujeres y por último que los tres tipos de manifestación de la fuerza presentan índice de asimetría similar.

Agradecimientos

El presente estudio se llevó a cabo gracias al apoyo Programa de Desarrollo del Profesorado (PRODEP) de Secretaría de Educación Pública (SEP) de México.

Referencias

Abián, P., Abián-Vicén, J., & Sampedro, J. (2012). Análisis antropométrico de la simetría corporal en jugadores de bádminton. *International Journal of Morphology*, *30*(3), 945-951.

Al-Eisa, E., Egan, D., & Wassersug, R. (2004). Fluctuating asymmetry and low back pain. *Evolution and Human Behavior*, *25*(1), 31-37.

Aragón, J., Fernández, J., Gómez, R., Carrasco, A., Mora J., & González, J. L. (2010). Análisis cinemático del lanzamiento con el brazo derecho e izquierdo en waterpolo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, *10*(39), 369-379.

Bailey, C. A., Sato, K., Burnett, A., & Stone, M. H. (2015). Force-production asymmetry in male and female athletes of differing strength levels. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, *10*(4), 504-508.

Baechele, T. R., & Earle, R. W. (2008). *Essentials of strength training and conditioning*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Benjanuvatra, N., Lay, B. S., Alderson, J. A., & Blanksby, B. A. (2013). Comparison of ground reaction force asymmetry in one-and two-legged countermovement jumps. *Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(10), 2700-2707.

Candia-Lujan, R., & De Paz-Fernandez, J. A. (2015). Asimetría de la masa, fuerza y potencia muscular de los miembros inferiores de estudiantes universitarios. *Tecnociencia Chihuahua*, *9*(1), 22-29.

Carpes, F. P., Mota, C. B., & Faria, I. E. (2010). On the bilateral asymmetry during running and cycling—A review considering leg preference. *Physical Therapy in Sport*, *11*(4), 136-142.

Ceroni, D., Martin, X. E., Delhumeau, C., & Farpour-Lambert, N. J. (2012). Bilateral and gender differences during single-legged vertical jump performance in healthy teenagers. *Journal of Strength & Conditioning Research*, *26*(2), 452-457.

Cuk, I., Pajek, M. B., Jakse, B., Pajek, J., & Pecek, M. (2012). Morphologic bilateral differences of top level gymnasts. *International Journal of Morphology*, *30*(1), 110-114.

Daneshjoo, A., Rahnama, N., Mokhtar, A. H., & Yusof, A. (2013). Bilateral and unilateral asymmetries of isokinetic strength and flexibility in male young professional soccer players. *Journal of human kinetics*, *36*(1), 45-53.

Edwards, S., Steele, J. R., Cook, J. L., Purdam, C. R., & Mcghee, D. E. (2012). Lower limb movement symmetry cannot be assumed when investigating the stop-jump landing. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *44*(6), 1123-1130.

Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, G. (2010). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science & Medicine*, *9*, 364-373.

Iglesias, X., Iruñia, A., Marina, M., & Carrasco, M. (2011). Déficit bilaterales y asimetrías morfofuncionales en jóvenes esgrimistas. *Apunts. Medicina de l'Esport*, *46*(170), 65-71.

Impellizzeri, F. M., Rampanini, E., Maffiuletti, N., & Marcora, S. M. (2007). A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *39*(11), 2044-2050.

Krzykata, M. (2010). Dual energy X-ray absorptiometry in morphological asymmetry assessment among field hockey players. *Journal of Human Kinetics*, *25*, 77-84.

Luk, H. Y., Winter, C., O'Neill, E., & Thompson, B. A. (2014). Comparison of muscle strength imbalance in powerlifters and jumpers. *Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(1), 23-27.

Maulder, P., & Cronin, J. (2005). Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Physical therapy in Sport*, *6*(2), 74-82.

Mayolas, C., Villarroya, A., & Reverter, J. (2011). Lateralidad de miembro inferior y su relación con la distribución de las presiones plantares en el equilibrio estático. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, *20*, 5-8.

McCurdy, K., & Langford, G. (2005). Comparison of unilateral squat strength between the dominant and non-dominant leg in men and women. *Journal of Sports Science & Medicine*, *4*(2), 153-159.

Palomino-Martín, A., González-Martel, V., Quiroga-Escudero, M. E., & Ortega-Santana, F. (2015). Efectos del entrenamiento de natación sobre la asimetría corporal en adolescentes. *International Journal of Morphology*, *33*(2), 507-513.

Paterno, M. V., Schmitt, L. C., Ford, K. R., Rauh, M. J., Myer, G. D., Huang, B., & Hewett, T. E. (2010). Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *American Journal of Sports Medicine*, *38*(10), 1968-1978.

Rammama, I., Port, K., Bazanov, B., & Pedak, K. (2015). Sprint Cycling Performance and asymmetry. *Journal of Human Sport & Exercise*, *10*(1), S247-S258.

Ruas, C. V., Minozzo, F., Pinto, M. D., Brown, L. E., & Pinto, R. S. (2015). Lower-extremity strength ratios of professional soccer players according to field position. *Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(5), 1220-1226.

Samadi, H., Rajabi, R., Minoonejad, H., & Aghaiari, A. (2009). Asymmetries in flexibility, balance and power associated with preferred and non-preferred leg. *World Journal of Sport Sciences*, *2*(1), 38-42.

Stephens, T. M., Lawson, B. R., DeVoe, D. E., & Reiser, R. F. (2007). Gender and bilateral differences in single-leg countermovement jump performance with comparison to a double-leg jump. *Journal of Applied Biomechanics*, *23*(3), 190-202.

Theoharopoulos, A., Tsitskaris, G., Nikopoulou, M., & Tsaklis, P. (2000). Knee strength of professional basketball players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, *14*(4), 457-463.

Vernillo, G., Pisoni, C., & Thiebat, G. (2016). Strength asymmetry between front and rear leg in elite snowboard. Athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *26*(1), 83-85.

Wiest, M. J., Dagnese, F., & Carpes, F. P. (2010). Strength symmetry and imprecise sense of effort in knee extension. *Kinesiology*, *42*(2), 164-168.

Young, W. B., James, R., & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changed of direction? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *42*(3), 282-288.

Zahalka, F., Malý, T., Malá, L., Gryc, T., & Hráský, P. (2013). Power assessment of lower limbs and strength asymmetry of soccer goalkeepers. *Acta Gymnica*, *43*(2), 31-38.