



Original



Centro de presión y patrones de actividad muscular durante la ejecución de una sentadilla monopodal isométrica realizada sobre una superficie esponjosa en mujeres jóvenes sanas

A. Flores-León^a, C. Alonso^a, R. Guzmán-Venegas^a, O.F. Araneda^a, F.J. Berral de la Rosa^b

^a Laboratorio integrativo de biomecánica y fisiología del esfuerzo, escuela de kinesiología, Facultad de Medicina, Universidad de Los Andes, Santiago, Chile.

^b Laboratorio de Biomecánica, Kinesiología y Kineantropometría, Departamento de Deporte e Informática, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 14 de septiembre de 2017, Aceptado el 19 de junio de 2018, On-line el 28 de diciembre de 2018

RESUMEN

Objetivo: Comparar la ejecución del ejercicio de sentadilla monopodal isométrica, en una superficie rígida versus una superficie esponjosa, en relación al centro de presión y los patrones de activación de la musculatura de la extremidad inferior dominante y la columna, en mujeres jóvenes sanas.

Método: 12 mujeres sanas, realizaron la sentadilla monopodal isométrica en una superficie rígida (control) y una superficie esponjosa. Un posturografo registró el área y velocidad de desplazamiento del centro de presión. Un electromiógrafo de superficie evaluó la actividad muscular de multifido, glúteo mayor, glúteo medio, vasto medial y bíceps femoral de la pierna de apoyo.

Resultados: El área y la velocidad de desplazamiento del centro de presión aumentó ($p < 0.05$ y $p < 0.01$ respectivamente) en superficie esponjosa. El bíceps femoral aumenta su actividad muscular en superficie esponjosa ($p < 0.05$). Existe correlación entre la mayor actividad muscular del bíceps femoral y el área y la velocidad del centro de presión ($p < 0.01$).

Conclusión: La sentadilla monopodal isométrica realizada sobre una superficie esponjosa, produce una mayor perturbación del control postural y una mayor actividad del bíceps femoral en mujeres jóvenes sanas. El aumento de actividad de este músculo se relaciona directamente con el desplazamiento del centro de presión.

Palabras clave: Equilibrio postural; Electromiografía; Ejercicio; Contracción isométrica.

Center of pressure and patterns of muscular activity during the execution of an isometric single leg squat performed on a spongy surface in healthy young women

ABSTRACT

Objective: To compare the performance of the isometric single leg squat exercise on a rigid surface versus a spongy surface in relation to the center of pressure and activation patterns of the muscles of the dominant lower limb and spine in healthy young women.

Method: 12 healthy women performed the isometric single leg squat on a rigid surface (control) and a spongy surface. A posturograph recorded the area and velocity of displacement of the pressure center. A surface electromyograph evaluated the muscular activity of multifidus, gluteus maximus, gluteus medius, vastus medialis and biceps femoris of the supporting leg.

Results: The area and the speed of displacement of the center of pressure increased ($p < 0.05$ and $p < 0.01$ respectively) in spongy surface. Femoral biceps increase its muscular activity on the spongy surface ($p < 0.05$). There is a correlation between the greater muscular activity of the biceps femoris and the area and the velocity of the pressure center ($p < 0.01$).

Conclusion: Isometric single leg squat performed on a spongy surface, produces a greater disturbance of postural control and greater activity of the biceps femoris in healthy young women. The increased activity of this muscle is directly related to the displacement of the pressure center.

Keywords: Postural balance; Electromyography; Exercise; Isometric contraction.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: aflores@uandes.cl (A. Flores-León).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2018.06.001>

Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Centro de presión e padrões de atividade muscular durante a execução de um agachamento isométrico uni podal realizado em uma superfície esponjosa por mulheres jovens saudáveis

RESUMO

Objetivo: Comparar o desempenho no agachamento isométrico uni podal em superfície rígida versus superfície esponjosa em relação ao centro de pressão e padrões de ativação dos músculos do membro inferior dominante e coluna vertebral em mulheres jovens saudáveis.

Método: 12 mulheres saudáveis realizaram o agachamento isométrico uni podal em uma superfície rígida (controle) e uma superfície esponjosa. Um posturógrafo registrou a área e a velocidade de deslocamento do centro de pressão. Um eletromiógrafo de superfície avaliou a atividade muscular de multifídus, glúteo máximo, glúteo médio, vasto medial e bíceps femoral da perna de apoio.

Resultados: A área e a velocidade de deslocamento do centro de pressão aumentaram ($p < 0.05$ e $p < 0.01$, respectivamente) na superfície esponjosa. O bíceps femoral aumenta sua atividade muscular na superfície esponjosa ($p < 0.05$). Existe uma correlação entre a maior atividade muscular do bíceps femoral e a área e a velocidade do centro de pressão ($p < 0.01$).

Conclusão: Agachamento isométrico uni podal realizado em uma superfície esponjosa, produz uma maior perturbação do controle postural e uma maior atividade do bíceps femoral em mulheres jovens saudáveis. O aumento da atividade desse músculo está diretamente relacionado ao deslocamento do centro de pressão.

Palavras-chave: Equilíbrio postural; Eletromiografia; Exercício; Contração isométrica.

Introducción

La sentadilla es uno de los ejercicios comúnmente utilizados en el entrenamiento y la rehabilitación de la extremidad inferior, debido que reproduce una actividad funcional con la carga sobre la extremidad^{1,2}. Se han descrito distintas modalidades de sentadilla, dentro de las cuales se encuentra la sentadilla monopodal^{2,4}. La condición monopodal de esta tarea motora aumenta la dificultad de la ejecución, debido a que modifica las estrategias sensoriales y musculares para mantener el control postural^{5,6}. Así, se ha reportado que los adultos jóvenes físicamente activos presentan una mejor ejecución de la sentadilla monopodal en comparación con aquellos que son físicamente no activos, evidenciando un mayor control de la rodilla en el plano frontal y sagital, lo que se traduciría en un menor riesgo de lesiones de rodilla^{7,8}. Pese a ello, existe evidencia de que las mujeres sanas presentan un menor control de rodilla durante la ejecución de la sentadilla monopodal en comparación a los hombres, lo que podría estar relacionado con la mayor prevalencia de lesiones que presentan en esta articulación⁹.

Debido a que la modalidad isométrica de la sentadilla monopodal sobre una superficie inestable, ha sido ampliamente utilizada en el entrenamiento y la rehabilitación del miembro inferior, se hace indispensable conocer el comportamiento del control postural y la actividad muscular que se produce durante la ejecución de esta tarea. McCurdy y cols. analizaron la ejecución monopodal y bilateral de la sentadilla en hombres y mujeres sanos, mediante el uso de electromiografía de superficie, encontrando diferencias en el patrón de activación muscular entre ambos ejercicios¹⁰. Sin embargo, en este trabajo no se determinaron las variaciones sobre el control postural que puede producir la condición monopodal de la sentadilla. Para analizar el control postural durante una tarea funcional, se ha utilizado el desplazamiento del centro de presión registrado por un posturógrafo¹¹. En la investigación de Carry y cols., se evaluó el desplazamiento del centro de presión durante la ejecución de una sentadilla monopodal en mujeres con dolor patelofemoral¹². No obstante, la sentadilla monopodal analizada, correspondió a una ejecución dinámica sobre una superficie estable. También, distintos autores han analizado la sentadilla sobre superficies inestables, debido a que presentan buenos resultados en la mejora del desempeño de la fuerza^{13,14}. Sin embargo, estos estudios no identifican la actividad muscular cuando la sentadilla se realiza de manera monopodal e isométrica, sobre una superficie inestable.

El propósito de la presente investigación fue comparar la ejecución del ejercicio de sentadilla monopodal isométrica en una superficie rígida versus una superficie esponjosa, en relación con el centro de presión y los patrones de activación de la musculatura

de la extremidad inferior dominante y la columna, en mujeres jóvenes sanas.

Método

Sujetos

A través del Software G-Power 3.1.9.2 se calculó el tamaño de la muestra a partir de los valores obtenidos de la actividad mioeléctrica del Vasto Medial (condición estable 182.35 ± 63.28 , condición inestable 119.56 ± 54.53) del artículo de McBride y cols.¹⁵. Considerando una potencia del 80%, con un nivel de confianza de $\alpha = 0.05$, y número de colas = 2, se obtuvo una muestra mínima de 10 voluntarios. Se consideró un porcentaje de pérdida del 20%.

La muestra, correspondió a 12 mujeres sanas de 23 ± 1.59 años; 162.75 ± 6 cms de altura; 58.21 ± 7.54 kg de peso; físicamente activas o que practican al menos 150 minutos semanales de actividad física moderada, o al menos 75 minutos semanales de actividad física intensa, o una combinación equivalente entre actividad moderada e intensa¹⁶.

Tabla 1

Caracterización de la muestra.

Variable	MEDIA n=12 (mujeres)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Edad (años)	23	1.59
Altura (m)	1.63	0.06
Peso (kg)	58.21	7.54
Dominancia Podal	Derecha=100% Izquierda=0%	
Nivel de actividad física	Físicamente activas	

Fueron excluidas aquellas personas que presentaron lesiones del aparato locomotor dentro de los últimos seis meses y aquellas con sintomatología dolorosa del miembro inferior y/o de columna lumbar.

Las participantes del estudio fueron seleccionadas a conveniencia y contactadas vía telefónica, para luego ser citadas de manera programada a la evaluación. Cada persona autorizó en forma voluntaria su participación por medio de un consentimiento informado basado en la declaración de Helsinki. Todos los procedimientos fueron previamente aprobados por el Comité de Ética y Científico de la Universidad la Universidad de los Andes (folio: EK2005).

Diseño experimental

Estudio observacional analítico transversal. El procedimiento de evaluación se realizó en un laboratorio de biomecánica y fisiología

del esfuerzo, donde se mantuvieron las mismas condiciones de evaluación de cada voluntaria. Inicialmente, se procedió con la identificación de la edad, peso y estatura de la participante. Luego se realizó la prueba de dominancia podal a través de tres tareas (balance en un pie, golpear un balón y reacción con un pie), todas las participantes mostraron tener dominancia de la extremidad derecha. Una vez concluidos estos procedimientos, el evaluador enseñó la correcta ejecución de la sentadilla monopodal isométrica, la cual debió practicar la persona evaluada. Previo a la evaluación de la prueba se consideró la instrucción de mantener alineada la rodilla con el pie, para evitar la presencia de valgo dinámico; la instrucción de mantener las manos en la cintura y el tronco erguido, para evitar estrategias de equilibrio con las extremidades superiores; y la instrucción de no despegar el talón de la superficie durante la ejecución de la prueba. En todo momento, un evaluador controló la correcta ejecución de la tarea durante la evaluación.

La evaluación del centro de presión y de la actividad muscular fueron registradas al mismo tiempo durante la ejecución de la sentadilla monopodal isométrica. La tarea se realizó de manera aleatoria, en siete oportunidades para cada superficie. Entre cada prueba se determinaron 30 segundos de reposo.

La ejecución de la sentadilla monopodal isométrica fue realizada sobre un posturógrafo (modelo: BP5050. Bertec, USA), donde se evaluó el área y velocidad de desplazamiento del centro de presión. Se consideró como superficie rígida a los datos obtenidos sobre la plataforma del posturógrafo, y como superficie esponjosa a las evaluaciones registradas sobre una superficie esponjosa adicional de 8 cm de espesor (Bertec, USA) ubicado sobre la plataforma del posturógrafo (figura 1). Los datos fueron capturados por medio del programa Bertec Acquire (versión 4.0.11.403. Bertec, USA), y procesados el software Matlab (versión 7.10.0.499).

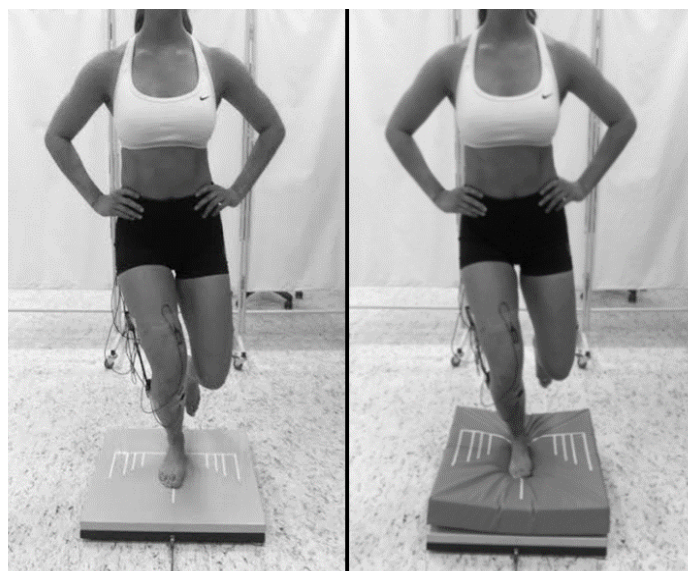


Figura 1. Izquierda: Sentadilla monopodal isométrica en superficie rígida; Derecha: Sentadilla monopodal isométrica en superficie esponjosa.

El registro de la actividad muscular se obtuvo a través de un Electromiógrafo de superficie (Bagnoli 16 System Delsys. MA.USA). Para disminuir la impedancia de la piel, se preparó la zona a evaluar y se limpió con alcohol desnaturalizado 95%. La zona de ubicación de los electrodos fueron realizados según norma SENIAM¹⁷, para los músculos de la pierna de apoyo: multifido, glúteo mayor, glúteo medio, vasto medial y bíceps femoral.

Con uno de los canales del electromiógrafo se utilizó un electrogoniómetro fijado en la cara lateral de la rodilla de la pierna de apoyo, con el cual se determinó una barra de retroalimentación visual fijada a 45° de flexión de rodilla. La persona evaluada fue

instruida en alcanzar la barra anteriormente mencionada, durante los primeros cinco segundos de la prueba y luego mantener tres segundos la sentadilla.

Las señales obtenidas de los músculos fueron registradas a una frecuencia de muestreo de 1000Hz y capturadas por medio de un software (EMGworks 4.0 Acquisition. Delsys. Boston. MA. USA). Posteriormente se utilizó un macro computacional (Igor Pro 6.37. WaveMetrics. OR. USA.), donde se cargó la señal para ser procesada con filtro pasa bajo de 20 Hz, de orden cuatro. La ventana de análisis correspondió a los tres segundos de contracción isométrica de la sentadilla monopodal. Así, se caracterizó la actividad eléctrica muscular como el promedio de la señal rectificadas, la cual fue utilizada para cada repetición.

Análisis estadístico

En primer lugar, se utilizó el test de Shapiro-Wilk para identificar la distribución de la muestra. Un análisis previo descartó la presencia de fatiga muscular o aprendizaje de la prueba por medio de la comparación de las siete repeticiones de la sentadilla monopodal isométrica (test ANOVA), tanto para superficie rígida y como para superficie esponjosa. Al no presentar diferencias en las señales de obtenidas, se utilizó el promedio de las siete repeticiones en cada superficie, como valor representativo para cada músculo.

Para identificar la condición de inestabilidad, se comparó mediante un test de la t de Student para datos pareados, las variables área y velocidad de desplazamiento del centro de presión, durante la sentadilla monopodal isométrica en ambas superficies. Posteriormente, se comparó la actividad de cada músculo durante la ejecución de la sentadilla monopodal isométrica en ambas condiciones, por medio de un test de la t de Student para datos pareados. Finalmente, se realizó un análisis de correlación entre los datos obtenidos de la evaluación del centro de presión y la actividad muscular registrada por medio del test de Pearson.

Todo el análisis estadístico fue realizado con el programa GraphPad Prism 6. Se utilizó un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$) para todos los valores analizados. Los datos se muestran como medias y desviación estándar, incluyendo intervalo de confianza del 95% y diferencia de las medias.

Resultados

El área y la velocidad de desplazamiento del centro de presión, aumentó cuando se ejecutó la sentadilla monopodal isométrica en superficie esponjosa en comparación con la superficie rígida. Los datos se muestran en Tabla 2.

El músculo bíceps femoral aumentó el nivel de activación cuando se ejecutó la sentadilla monopodal isométrica en superficie esponjosa en comparación a superficie rígida. Los otros músculos evaluados no presentaron diferencias. Los datos se muestran en Tabla 3.

El análisis de correlación entre el área y velocidad de desplazamiento del centro de presión con la actividad del bíceps femoral, identificó una correlación directa. Los datos se muestran en Figura 2.

Discusión

Este estudio comparó el desplazamiento del centro de presión y la actividad muscular de la extremidad inferior y columna lumbar, cuando se realiza una sentadilla monopodal isométrica sobre una superficie rígida y una superficie esponjosa.

Inicialmente, se reportó que la ejecución de la sentadilla monopodal isométrica sobre la superficie esponjosa, aumenta el área y la velocidad de desplazamiento del centro de presión, lo que se traduce como un menor control postural o una condición de mayor inestabilidad corporal durante la tarea.

Tabla 2

Comparación del área y velocidad de desplazamiento del centro de presión.

Variable	SUPERFICIE RÍGIDA		SUPERFICIE ESPONJOSA		Test t Student	
	media ± DE	IC 95%	media ± DE	IC 95%	Diferencias de las medias	Valor Estadístico (p)
Área (mm ²)	321.6 ± 293.1	135.3-507.8	430.7 ± 290.9	245.8-615.5	-109.1	0.02
Velocidad (mm/s)	31.59 ± 17.15	20.69-42.49	38.72 ± 19.54	26.30-51.14	-7.13	<0.01

Registros del centro de presión en 12 participantes, obtenidas por el posturógrafo durante la ejecución de sentadilla monopodal isométrica, en superficie rígida y superficie esponjosa. DE: desviación estándar; IC: Intervalo de Confianza.

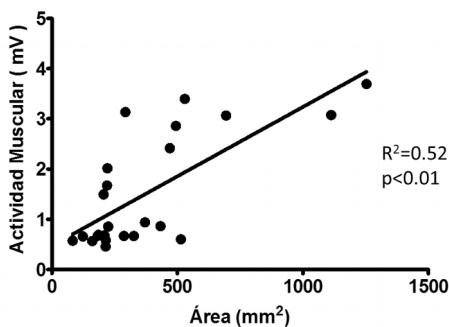
Tabla 3

Comparación de las señales electromiográficas entre ambas superficies.

Músculo	SUPERFICIE RÍGIDA		SUPERFICIE ESPONJOSA		Test t Student	
	media ± DE	IC 95%	media ± DE	IC 95%	Diferencias de las medias	Valor Estadístico (p)
Multífido	0.87 ± 0.41	0.60-1.13	0.86 ± 0.40	0.60-1.12	0.004	0.89
Glúteo Máximo	0.59 ± 0.41	0.33-0.86	0.61 ± 0.31	0.41-0.81	-0.01	0.78
Glúteo Medio	0.97 ± 0.49	0.66-1.28	0.99 ± 0.50	0.67-1.31	-0.02	0.70
Vasto Medial	3.69 ± 2.39	2.17-5.21	3.19 ± 1.66	2.15-4.25	0.49	0.27
Bíceps Femoral	1.45 ± 1.10	0.73-2.12	1.60 ± 1.17	0.86-2.35	-0.17	0.01

Señales electromiográficas en 12 participantes, expresadas en mVolts, obtenidas durante la ejecución de sentadilla monopodal isométrica, en superficie rígida y superficie esponjosa. DE: desviación estándar; IC: Intervalo de confianza.

CORRELACIÓN ENTRE LA ACTIVIDAD DEL BÍCEPS FEMORAL Y EL ÁREA DE DESPLAZAMIENTO DEL CENTRO DE PRESIÓN



CORRELACIÓN ENTRE LA ACTIVIDAD DEL BÍCEPS FEMORAL Y LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DEL CENTRO DE PRESIÓN

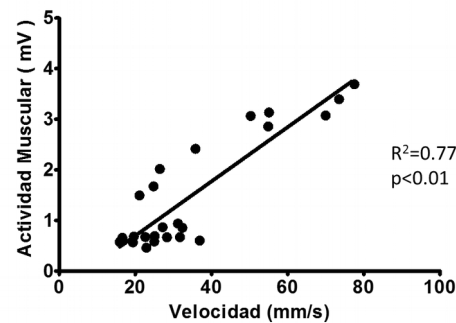


Figura 2. Correlación de la actividad del bíceps femoral con el área y la velocidad de desplazamiento del centro de presión. Se muestran los datos obtenidos en ambas superficies de las 12 participantes.

Estudios anteriores han reportado distintas modalidades de sentadillas y su relación con el centro de presión^{12,18}. Sin embargo, de nuestro conocimiento, este es el primer reporte que identifica el comportamiento del control postural cuando se compara la ejecución de una sentadilla monopodal isométrica en distintas superficies.

Con los datos obtenidos en este estudio, se puede señalar que la ejecución de la sentadilla monopodal isométrica en la superficie esponjosa, aumenta la actividad del bíceps femoral. Este hallazgo se relaciona con el trabajo realizado por McCurdy y cols., donde se identifica que en mujeres deportistas el isquiotibial es el músculo que genera mayor actividad en comparación con los músculos cuádriceps y glúteo medio durante la ejecución de la sentadilla monopodal⁴. A su vez, cuando se describen las variables biomecánicas y dinámicas de la sentadilla, se ha identificado que los isquiotibiales se activan continuamente durante esta tarea, debido a que son músculos biarticulares que deben controlar excéntricamente la flexión de la cadera y concéntricamente la flexión de la rodilla². Por otra parte, existe evidencia que las mujeres activan más el cuádriceps que los isquiotibiales en comparación a los hombres, durante una sentadilla monopodal en condición estable¹⁹. Según los resultados obtenidos en la presente investigación, la inestabilidad corporal proporcionada por la condición monopodal de la sentadilla sumado a la superficie inestable, es responsable de la mayor actividad del bíceps femoral en mujeres sanas, debido a que existe una relación directa entre el aumento de la actividad de este músculo y el aumento del área y velocidad de desplazamiento del centro de presión. Esta relación podría deberse a una mejor estrategia muscular para mantener rendimiento de la tarea motora^{20,21}.

Existen limitaciones en este estudio. La selección de las participantes fue a conveniencia, donde se determinó como criterio de inclusión a mujeres físicamente activas, en base a las pautas de ejercicios que realizaban en el gimnasio; por lo que

futuros reportes podrían identificar si la cuantificación de esta variable afecta al rendimiento durante la ejecución de la prueba. También, el poco control postural que se produce en la superficie esponjosa genera que el control visual del evaluador durante la ejecución de la prueba pueda ser insuficiente.

Debido a que se ha reconocido que la contracción isométrica genera efectos beneficiosos sobre la fuerza, el dolor y la capacidad funcional de la rodilla²², los resultados obtenidos en este estudio, aportan información relevante para la aplicación de este ejercicio isométrico en la rehabilitación y entrenamiento del miembro inferior. Futuras investigaciones podrían identificar el efecto que produce este ejercicio en personas que presentan patologías de miembro inferior.

Por todo lo anterior, este estudio concluye que la sentadilla monopodal isométrica realizada sobre una superficie esponjosa, produce una mayor perturbación del control postural y una mayor actividad del bíceps femoral. El aumento de la actividad de este músculo se relaciona con el aumento del área y la velocidad de desplazamiento del centro de presión.

Autoría. Todos los autores han contribuido intelectualmente en el desarrollo del trabajo, asumen la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, están de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Financiación.** Los autores declaran no haber recibido financiación. **Agradecimientos.** Los autores desean expresar un especial agradecimiento a las personas que voluntariamente participaron en el presente estudio. **Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. **Confidencialidad.** Los autores declaran que han seguido los protocolos establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. **Privacidad.** Los autores declaran que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

Bibliografía

1. Hall MP, Paik RS, Ware AJ, Mohr KJ, Limpisvasti O. Neuromuscular Evaluation With Single-Leg Squat Test at 6 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2015;3(3):2325967115575900.
2. Escamilla RF. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(1):127-41.
3. McBride JM, Skinner JW, Schafer PC, Haines TL, Kirby TJ. Comparison of kinetic variables and muscle activity during a squat vs. a box squat. *J Strength Cond Res.* 2010;24(12):3195-9.
4. cCurdy K, O'Kelley E, Kutz M, Langford G, Ernest J, Torres M. Comparison of lower extremity EMG between the 2-leg squat and modified single-leg squat in female athletes. *J Sport Rehabil.* 2010;19(1):57-70.
5. Riemann BL, Schmitz R. The relationship between various modes of single leg postural control assessment. *Int J Sports Phys Ther.* 2012;7(3):257-66.
6. Riemann BL. Is There a Link Between Chronic Ankle Instability and Postural Instability? *J Athl Train.* 2002;37(4):386-93.
7. Gianola S, Castellini G, Stucovitz E, Nardo A, Banfi G. Single leg squat performance in physically and non-physically active individuals: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):299.
8. Horan SA, Watson SL, Carty CP, Sartori M, Weeks BK. Lower-limb kinematics of single-leg squat performance in young adults. *Physiother Can.* 2014;66(3):228-33.
9. Weeks BK, Carty CP, Horan SA. Effect of sex and fatigue on single leg squat kinematics in healthy young adults. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16(1):271.
10. McCurdy K, Langford G. The relationship between maximum unilateral squat strength and balance in young adult men and women. *J Sports Sci Med.* 2006;5(2):282-8.
11. Dingenen B, Malfait B, Nijs S, Peers KH, Vereecken S, Verschueren SM, et al. Postural Stability During Single-Leg Stance: A Preliminary Evaluation of Noncontact Lower Extremity Injury Risk. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2016;46(8):650-7.
12. Carry PM, Gala R, Worster K, Kanai S, Miller NH, James D, et al. Postural stability and kinetic change in subjects with patellofemoral pain after a nine-week hip and core strengthening intervention. *Int J Sports Phys Ther.* 2017;12(3):314-23.
13. Silva PCR, de Oliveira VH, Neto ECA, Azevedo KPM, Rebouças GM, Knackfuss MI. Impacto do agachamento em superfície estável e instável sobre o equilíbrio estático e dinâmico de idosos. *Rev Andal Med Deporte.* 2017;10(4):176-80.
14. Kang JI, Park JS, Choi H, Jeong DK, Kwon HM, Moon YJ. A study on muscle activity and ratio of the knee extensor depending on the types of squat exercise. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(1):43-7.
15. McBride JM, Cormie P, Deane R. Isometric squat force output and muscle activity in stable and unstable conditions. *J Strength Cond Res.* 2006;20(4):915-8.
16. OMS | Actividad física: World Health Organization; 2017 [updated 2017-02-22 14:38:39. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs385/es/>.
17. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10(5):361-74.
18. Dionisio VC, Almeida GL, Duarte M, Hirata RP. Kinematic, kinetic and EMG patterns during downward squatting. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(1):134-43.
19. Youdas JW, Hollman JH, Hitchcock JR, Hoyme GJ, Johnsen JJ. Comparison of hamstring and quadriceps femoris electromyographic activity between men and women during a single-limb squat on both a stable and labile surface. *J Strength Cond Res.* 2007;21(1):105-11.
20. Ting LH, McKay JL. Neuromechanics of muscle synergies for posture and movement. *Curr Opin Neurobiol.* 2007;17(6):622-8.
21. McKay JL, Ting LH. Optimization of muscle activity for task-level goals predicts complex changes in limb forces across biomechanical contexts. *PLoS Comput Biol.* 2012;8(4):e1002465.
22. Anwer S, Alghadir A. Effect of isometric quadriceps exercise on muscle strength, pain, and function in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled study. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(5):745-8.