

Investigación Descriptiva, Correlacional o Cualitativa



PENSAR EN MOVIMIENTO:

Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud

ISSN 1659-4436

Vol. 19, No.1, pp. 1-15

Abre 1 de enero, cierra 30 de junio, 2020

ACTIVIDAD ELECTROMIOGRÁFICA DE LOS MÚSCULOS DEL CUÁDRICEPS ASOCIADO A LAS DIFERENTES POSICIONES DEL PIE: UN ESTUDIO PILOTO¹

ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DA MUSCULATURA DO QUADRÍCEPS ASSOCIADO ÀS DIFERENTES POSIÇÕES DO PÉ: UM ESTUDO PILOTO

ELECTROMYOGRAPHIC ACTIVITY OF THE QUADRICEPS MUSCULATURE ASSOCIATED WITH THE DIFFERENT FUNCTIONS OF THE FOOT: A PILOT STUDY

Poliana Lima Costa Loures, M.Sc  ^{3(B,D,E)}, Francielle Pereira Santos, M.Sc  ^{2,3(B,D,E)}, Luiz Gustavo Monteiro, Lic  ^{2(D,E)}, Cintia Campolina Duarte Rocha da Silva, P.hD  ^{3(B,D,E)} e Sandro Fernandes da Silva, P.hD  ^{2(B,C,D,E)}

poli.edf@hotmail.com; franpereiras@hotmail.com; gustavomonteiro76@globomail.com; cintiacdrs@gmail.com; sandrofs@ufla.br

² Universidad Federal de Lavras, Lavras, Brasil

³ Faculdade Presbiteriana Gammon, Lavras, Brasil

Envío original: 2020-01-02 Reenviado: 2020-08-07
Aceptado: 2020-08-25 Publicado en versión en español:

Doi: <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v19i1.46169>

¹ Versión traducida al español. Original en portugués disponible en: Lima Costa Loures, P., Pereira Santos, F., Monteiro, L., Duarte Rocha da Silva, C., & Fernandes da Silva, S. (2020). Atividade eletromiográfica da musculatura do quadríceps associado às diferentes posições do pé: um estudo piloto. *Pensar en Movimento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 18(2), e40268. doi: <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v18i2.40268>



RESUMEN

Costa Loures, P L., Pereira Santos, F., Monteiro, L G., Duarte Rocha da Silva, C C y Fernandes da Silva, S. (2020). Actividad electromiográfica de los músculos del cuádriceps asociada a las diferentes posiciones del pie: un estudio piloto. **PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud**, 18(2), 1-15. El fortalecimiento de los músculos del cuádriceps femoral (CF) es importante debido a su función en el movimiento. La posición de la articulación puede generar cambios en el reclutamiento muscular. De esa forma el presente estudio tiene como objetivo verificar si variaciones en las posiciones del pie durante la extensión de las rodillas son eficaces para la selección específica de los músculos recto femoral, vasto lateral y vasto medial, que componen el CF. Once mujeres universitarias (edad 22.36 ± 3.56 años) participaron del estudio. Fue evaluada la activación de los músculos a través de la electromiografía de superficie, con una configuración bipolar, en 3 series de 10 repeticiones máximas (RM) de extensión bilateral de rodilla, en tres posiciones de los pies: neutra, rotación interna y rotación externa. Los resultados no presentaron diferencias significativas entre los músculos del CF en todas las posiciones del pie. En conclusión, los resultados del presente estudio sugieren que las variaciones en los grados de rotación de los pies durante la extensión de las rodillas no son eficaces para la selección específica de los músculos que componen el CF.

Palabras clave: evaluación electromiográfica, extensores de la rodilla, variaciones del pie.

RESUMO

Costa Loures, P L., Pereira Santos, F., Monteiro, L G., Duarte Rocha da Silva, C C e Fernandes da Silva, S. (2020). Atividade eletromiográfica da musculatura do quadríceps associado às diferentes posições do pé: um estudo piloto. **PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud**, 18(2), 1-15. O fortalecimento do grupo muscular quadríceps femoral (QF) é muito importante devido sua função para o movimento. Mudanças na posição do pé, podem gerar alterações no recrutamento muscular, desta forma o presente estudo objetivou verificar se as variações nas posições dos pés, durante a extensão de joelhos, são eficazes para a seleção específica dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial, que compõem o QF. Onze mulheres universitárias (idade 22.36 ± 3.56 anos) participaram do estudo. Foi avaliada a ativação dos músculos através da eletromiografia de superfície, com configuração bipolar, em 3 séries de 10 repetições máximas (RM) de extensão de joelhos bilateral, em três posições dos pés: posição neutra, rotação interna e rotação externa. Os resultados não apontam diferenças significativas entre os músculos do QF superficial em todas as posições dos pés. Em conclusão, os resultados do presente estudo sugerem que as variações nos graus de rotação dos pés

-2-



Esta obra está bajo una

[Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

durante a extensão de joelhos, não são eficazes para a seleção específica dos músculos que compõem o QF.

Palavras-chave: avaliação eletromiográfica, extensores de joelho, posição dos pés.

ABSTRACT

Costa Loures, P L., Pereira Santos, F., Monteiro, L G., Duarte Rocha da Silva, C C & Fernandes da Silva, S. (2020). Electromyographic activity of the quadriceps musculature associated with the different functions of the foot: a pilot study. **PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud**, 18(2), 1-15. Strengthening the femoral quadriceps (FQ) muscular group is very important due to its function in moving. The joint position may generate modifications in muscle recruitment. Consequently, the objective of this study was to verify if foot position variations during knee extension are efficient in the specific selection of the rectus femoris, vastus lateralis, and vastus medialis muscles comprising the FQ. Eleven female college students (ages 22.36 ± 3.56 years old) participated in the study. Muscle activation was evaluated through surface electromyography, with bipolar configuration, in 3 series of 10 maximum repetition (MR) of bilateral knee extension, in three foot positions: neutral position, internal rotation, and external rotation. Results do not indicate significant differences among the superficial FQ muscles in all foot positions. In conclusion, results suggest that variations in foot rotation degrees during knee extension are not efficient for the specific selection of the muscles comprising FQ.

Keywords: electromyographic evaluation, knee extensors, foot variation.

El cuádriceps femoral (CF) es un grupo muscular situado en la cara anterior del muslo, constituido por los músculos recto femoral (RF), vasto lateral (VL), vasto medio (VM) y vasto intermedio (VI) (Ando et al., [2016](#)), que actúan de forma integrada para generar torque extensor en la rodilla (de Souza, Cabral, de Oliveira, y Vieira, [2018](#); Spairani et al., [2012](#)). El CF ha sido ampliamente investigado en la literatura (Akima y Ando, [2017](#); Ando, Tomita, Watanabe, y Akima, [2018](#); Wu, Delahunt, Ditroilo, Lowery, y De Vito, [2017](#)), por ejercer un importante papel en movimientos humanos, como caminar, correr y subir gradas (Saito y Akima, [2015](#); Watanabe y Akima, [2009](#)), y por actuar como uno de los principales estabilizadores de la rótula o patela (Lanza, Balshaw, y Folland, [2017](#)).

En este sentido, Briani et al. ([2018](#)) y Saito y Akima ([2015](#)), afirman que un desequilibrio generado en los músculos VM y VL pueden comprometer la cinemática patelar, contribuyendo en



el aumento de las fuerzas de reacción y compresión femopatelaes. Estas acciones pueden generar tensión excesiva en las estructuras citadas, lo que podría desencadenar un cuadro de dolor y mal alineamiento patelar (Fagan y Delahunt, [2008](#); Noorköiv, Nosaka, y Blazevich, [2014](#)). Síntomas como estos pueden estar relacionados al síndrome del dolor femopatelar, patología que afecta atletas y no atletas y que representa un problema común en la rodilla de adolescentes y adultos jóvenes físicamente activos (Ando et al., [2018](#); Fagan y Delahunt, [2008](#)).

En segundo lugar, la variación de la orientación del pie en el plano sagital, modifica las cargas del tobillo, rodilla y cadera, debido al cambio en la postura y dirección de la pierna resultante del vector de fuerza (Akima, Tomita, y Ando, [2019](#); Watanabe y Akima, [2009](#)). Spairani et al. ([2012](#)) afirman que en una acción muscular isométrica del CF, tanto en la posición del pie, como en el grado de extensión de la rodilla, influyen la activación electromiográfica de los músculos del CF. Estos mismos autores, en un estudio clásico en 1995, analizaron las diferentes posiciones del pie (posición neutra (PN), rotación externa (RE) y rotación interna (RI) en el ejercicio dinámico de extensión de rodilla, y observaron que la RE produce mayores activaciones en todos los músculos del CF, y el RF es el músculo más activado (Signorile, Kwiatkowski, Caruso, y Robertson, [1995](#)). Ya, Stoutenberg, Pluchino, Ma, Hctor y Signorile ([2005](#)) encontraron en sus resultados una mayor activación electromiográfica en la RE en el músculo RF; sin embargo, en la posición RI, se identificó mayor activación del VL y del VM.

Sabiendo que las diferentes posiciones y ángulos de los pies durante un ejercicio pueden alterar la activación muscular del CF (Lanza et al., [2017](#); Murray, Cipriani, O'Rand, y Reed-Jones, [2013](#)), y que los factores como las variaciones en la orientación de la fibra muscular y la unión de la patela resultan en marcadas diferencias en la dirección de los vectores de la fuerza y en la funcionalidad del CF (Cha, [2014](#)), se refuerza la importancia de conocer las alteraciones provocadas por las modificaciones de la posición de los pies en la activación de los grupos musculares del CF.

Según lo previamente expuesto, se presenta el objetivo del presente estudio, que fue verificar la interferencia de la utilización de diferentes posiciones de los pies durante el movimiento de extensión de rodillas, en la selección específica de los músculos que componen el CF. Se espera encontrar (a) mayor activación del músculo RF durante la PN; (b) mayor activación del VL durante la RI; y (c) mayor activación del VM en RE durante el ejercicio extensión de rodilla.

METODOLOGÍA

Participantes

La selección de la muestra fue intencional, considerando un tamaño de efecto $(f)=0.8$; potencia $(1-\beta) = .5$; $\alpha = .05$, estableciendo un total de once mujeres universitarias (edad $22.36 \pm$



3.56 años, peso corporal 59.48 ± 5.88 kg, estatura 164.20 ± 4.63 cm, porcentaje de grasa 23.10 ± 3.26 %), saludables, físicamente activas, con experiencia previa en el entrenamiento contra resistencia y en la ejecución del ejercicio de extensión de rodillas. Las participantes no presentaban historial de lesiones y/o cirugías musculoesqueléticas que imposibilitaran la realización del ejercicio de extensión de rodilla extenuante. Los procedimientos del estudio fueron aprobados por el Comité de Ética 01565412.0.0000.5148 y estaban acorde con los reglamentos establecidos por los responsables de la Comisión de Investigación Clínica y Ética y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y de la Declaración de Helsinki.

Diseño Metodológico

Para el inicio del estudio, después de las evaluaciones antropométricas, los participantes fueron sometidos a un test para determinar la carga máxima relativa a 10-RM durante la extensión de rodilla, bilateral, en la máquina de extensión de rodilla (Physicus® Linha Pro).

Después de un período de 48 horas, se aplicó el test que consistió, primeramente, de un calentamiento de 20 repeticiones al 50% de 10RM y un descanso de 2 minutos. Posteriormente, se realizaron 3 series de 10RM de extensión bilateral de rodilla y cada serie era ejecutada en una posición específica del pie (PN, RI y RE), con un intervalo de descanso de 5 minutos entre cada serie.

Las activaciones electromiográficas fueron recolectadas, únicamente, en los músculos de la pierna derecha, con una duración de 4 segundos en cada movimiento (2 segundos para la fase concéntrica y 2 segundos para la fase exéntrica, controlados a partir de un metrónomo). Vale resaltar que, en toda la recolección, se siguieron las recomendaciones del *Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscle* (SENIAN) (Hermens, Merletti, y Freiks, [1996](#)).

Las variaciones de la posición de los pies para la evaluación del músculo CF fueron (a) posición neutra (PN), en la cual las piernas estaban alineadas con la cadera y no había rotación de los pies; (b) rotación interna (RI), ejercida ligeramente en la articulación de la cadera y favoreciendo, también, a la rodilla y los pies; (c) rotación externa (RE) que, también, se aplica ligeramente a la articulación de la cadera, favoreciendo la misma rotación de las rodillas y los pies.

En situaciones prácticas, el ángulo de RI o RE de los pies depende de la amplitud de movimiento y de la capacidad del individuo de mantener la rotación durante todo el movimiento de extensión de la pierna, sin que sea necesaria la determinación de los ángulos específicos para cada posición de los pies.

El orden de las variaciones de las posiciones de los pies fue ejecutado aleatoriamente para cada individuo, con el objetivo de minimizar los efectos de la fatiga y otras posibles modificaciones resultantes de la secuencia de los ejercicios.



Instrumentos

A) Electromiografía

La señal electromiográfica fue analizada durante todo el movimiento de cada ejercicio de extensión de rodilla en las diferentes posiciones de los pies. Los músculos del cuádriceps –RF, VM y VL– fueron evaluados a través de la electromiografía de superficie (Miotool 400 - Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda, POA, Brasil®), con configuración bipolar, para maximizar el área de recepción de la señal, colocando los pares de electrodos, en los puntos propuestos por el SENIAN (Hermens et al., [1996](#)), paralelos a las fibras musculares activas, de acuerdo con la penetración de cada músculo. Un electrodo de referencia fue colocado sobre la patela. La preparación del lugar de colocación de los electrodos en los músculos consistió de la depilación, abrasión y limpieza de la epidermis de la pierna derecha, para minimizar las posibles interferencias que reducen la fidelidad de las señales.

Para el análisis de las activaciones electromiográficas, las señales fueron depuradas utilizando el filtro Butterworth de 5° orden, del tipo pasa banda, con frecuencia de corte de 20-500Hz, para la eliminación de posibles riesgos de señal. Así, se determinó el valor medio y máximo de las activaciones, utilizando el RMS (*Root Mean Square*). El *software* Miograph 2.0 Alpha 9 Build 5 fue utilizado para el análisis y procesamiento de los datos.

Análisis Estadístico

Se utilizó estadística descriptiva con comparaciones de promedios y desviación estándar. Para verificar la distribución de la muestra, se aplicó el test Shapiro-Wilk. Como se obtuvo una distribución no homogénea, se utilizó el test de Friedman para analizar las activaciones electromiográficas entre las diferentes posiciones de los pies y las activaciones en los grupos musculares estudiados (RF, VM y VL) en relación con cada posición de los pies. El software utilizado para todos los análisis fue el IBM SPSS Statistics 20.0 y, para significancia estadística, se adoptó $p \leq .05$.

RESULTADOS

En la [Tabla 1](#) se presenta información relacionada con las comparaciones electromiográficas entre los músculos en cada posición de los pies. Al analizar la interferencia de la PN en la activación de los músculos RF, VM y VL, se verificó una diferencia significativa entre el RF en comparación con los demás músculos, VM y VL (RF x VM - $p = .026$; RF x VL - $p = .019$). Entre los músculos VM y VL no hubo diferencias significativas ($p = .831$). El tamaño del efecto demostrado fue pequeño ($d = .006$).

Cuando los pies se colocaron en posición de RI, se identificó una diferencia significativa entre los músculos RF x VM ($p = .016$), y RF x VL ($p = .026$). Entre el VM x VL no hubo diferencia significativa ($p = .534$). Al analizar el resultado del tamaño del efecto, este mostró ser pequeño ($d = .005$).



En la posición RE no se identificaron diferencias significativas entre los músculos RF X VM ($p = .155$), RF x VL ($p = .110$) y VM x VL ($p = .790$). El tamaño del efecto, en este análisis, mostró la misma tendencia de las demás: pequeño ($d = .003$).

Tabla 1

Comparación de la activación electromiográfica entre los músculos, en las diferentes posiciones de los pies

Posiciones	Músculos			p			d
	RF (μ V)	VM (μ V)	VL (μ V)	RF x VM	RF x VL	VM x VL	
PN (μ V)	117.64 \pm 44.26	141.55 \pm 53.72*	148.13 \pm 49.02**	.026	.019	.831	.006
RI (μ V)	116.56 \pm 44.81	142.97 \pm 57.73***	150.28 \pm 49.24****	.016	.026	.534	.005
RE (μ V)	124.83 \pm 39.75	143.62 \pm 46.87	144.71 \pm 47.43	.155	.110	.790	.003

Nota. * diferencia significativa entre el RF-VM en la posición neutra $p < .026$. ** diferencia significativa entre el RF-VL en la posición neutra $p < .019$. *** diferencia significativa entre el RF-VM en la rotación interna $p < .016$. **** diferencia significativa entre el RF-VL en la rotación interna $p < .026$. RF: recto femoral. VM: vasto medial. VL: vasto lateral. PN: posición neutra. RI: rotación interna. RE: rotación externa. Fuente: elaboración propia.

En la [Figura 1](#), se observa el análisis del músculo RF en las diferentes posiciones de los pies, donde no se indentificó una diferencia significativa en PN x RI ($p = .998$), PN x RE ($p = .926$) y RI x RE ($p = .904$). El tamaño de efecto fue pequeño ($d = .008$).

Activación electromiográfica del RF en las 3 posiciones del pie

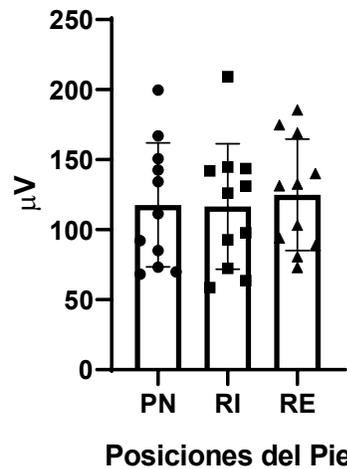


Figura 1. Comparación de la EMG en el músculo RF. PN: posición neutra. RI: rotación interna. RE: rotación externa. Fuente: elaboración propia.

El músculo VM matuvo la misma tendencia que el RF, no mostró diferencias significativas entre las posiciones de los pies (PN x RI $p = .989$; PN x RE $p = .996$; RI x RE $p = .998$), con un tamaño del efecto pequeño ($d = .066$) ([Figura 2](#)).

Activación electromiográfica del VM en las 3 posiciones del pie

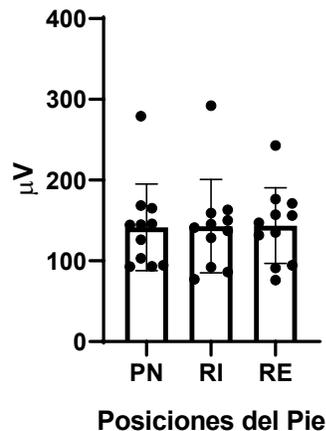


Figura 2. Comparación de la EMG en el músculo VM. PN: posición neutra. RI: rotación interna. RE: rotación externa. Fuente: elaboración propia.



En la [Figura 3](#), se muestran las activaciones del músculo VL, en la que no se identificó alguna diferencia significativa en ninguna de las posiciones (PN x RI ($p = .995$), PN x RE ($p = .986$) y RI x RE ($p = .965$), el tamaño del efecto se mantuvo pequeño como en los demás análisis ($d = .002$).

Activación electromiográfica del VL en las 3 posiciones del pie

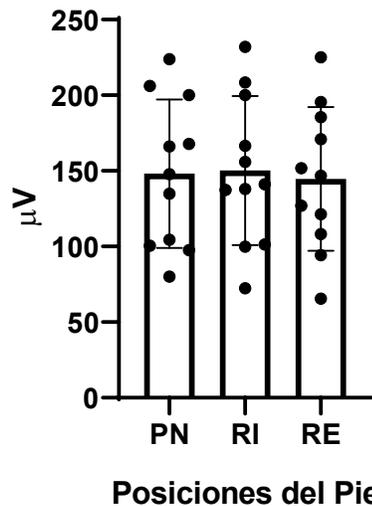


Figura 3. Comparación de la EMG en el músculo VL. PN: posición neutra. RI: rotación interna. RE: rotación externa. Fuente: elaboración propia.

Al observar en valores del cambio Δ de variación de la activación del CF en las diferentes posiciones de los pies ([tabla 2](#)), se nota que la mayor variación ocurre siempre en la comparación entre la posición PN x RE, en todos los músculos analizados.

Tabla 2

Descripción del Δ de variación de las activaciones de los músculos en las diferentes posiciones de los pies durante la extensión de rodillas

Músculos	PN x RI	PN x RE	RI x RE
RF	> .91 %	< 5.75 %	< 6.62 %
VM	< .98 %	< 1.44 %	< .45 %
VL	< .42 %	> 2.3 %	> 3.69 %

Nota. RF: recto femoral. VM: vasto medial. VL: vasto lateral. PN: posición neutra. RI: rotación interna. RE: rotación externa. Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Al analizar la interferencia de las diferentes variaciones en la posición de los pies en la activación de los músculos del CF, en el movimiento de extensión de rodilla, los resultados de la presente investigación sugieren que el RF es el músculo que demostró menor activación en dos de las tres posiciones analizadas.

Se verificó, también, que no hubo diferencias en relación con una mayor activación entre los músculos VL y VM. Dado este análisis, se entiende que no es necesario variar la posición de los pies en RI y RE durante el ejercicio de extensión de rodilla, apuntando a mayores acciones de los músculos VL y VM.

Estos resultados corroboran parcialmente los resultados de Lanza et al. (2017) y Saito y Akima (2015), que investigaron la relación entre las posiciones de los pies (PN, RI e RE) y la activación de los músculos VM y VL en contracciones voluntarias isométricas máximas en la extensión de rodilla. Los autores citados no observaron diferencias significativas ($p > .05$) entre los músculos analizados y sugieren que las diferentes posiciones de los pies no influyen en la activación selectiva de los músculos del CF. Visscher et al. (2017) y Wu et al. (2017) tampoco observaron cambios significativos en el nivel de activación electromiográfica durante las diferentes posiciones de los pies, en extensión isométrica de rodilla. En estudios que evaluaron, solamente, ejercicios de cadena cinética cerrada, como la sentadilla en diferentes posiciones de los pies (PN, RI, RE y un pie ligeramente al frente del otro), tampoco encontraron diferencias significativas ($p > .05$) en la actividad eléctrica de los músculos analizados (Ando et al., 2018; da Silva et al., 2016).

En una investigación en la que el objetivo fue verificar la posible asociación entre las fases del ciclo menstrual y las activaciones musculares a través de la electromiografía, en la sentadilla guiada, manteniendo la posición neutra de los pies, no se observaron diferencias significativas



en la activación de los músculos del CF (RF, VM y VL) (De Lima Costa, Santos, Duarte Rocha, y Da Silva, [2015](#)). Por el contrario, el presente estudio identificó una mayor activación del RF en la PN de los pies, lo que puede justificarse por la diferencia de los ejercicios realizados en las dos investigaciones: uno de cadena cinética abierta y el otro de cadena cinética cerrada. Otro punto a ser discutido en relación con los hallazgos de las diferentes investigaciones, es la arquitectura muscular del CF, que interfiere de manera distinta en la ejecución de los movimientos realizados en la extensión de rodilla y en la sentadilla guiada (Ando et al., [2018](#)).

Se esperaba encontrar activaciones significativamente mayores para el músculo VL durante la RI de los pies. Se nota que el VM y VL muestran valores mayores, durante la PN y la RI, y las mayores activaciones fueron observadas en el VM y en el VL. La literatura señala y justifica que la mayor activación de esos músculos durante la RI se debe a más tensión de estiramiento de las fibras musculares, que discurren oblicuamente desde el lateral a la medial del músculo, llevando una mayor magnitud de activación (Murray et al., [2013](#); Visscher et al., [2017](#)). En una línea más antigua y contraria, otros grupos de investigaciones no reportan diferencias significativas ($p > .05$) en la activación eléctrica del VL durante las condiciones de rotación de los pies (Alkner, Tesch, y Berg, [2000](#); Signorile et al., [1995](#)).

La hipótesis de que una mayor magnitud de activación del RF sería detectada durante la PN del ejercicio tampoco fue sustentada en el presente estudio, ya que el RF presentó menor activación en esa posición. Los estudios antes mencionados observaron que el RF mostró mayores niveles de activación muscular durante la RE (Alkner et al., [2000](#); Signorile et al., [1995](#); Stoutenberg et al., [2005](#)), lo que contrasta con los resultados de este estudio. Esa mayor activación puede ser justificada debido a su punto de origen y estructura biarticular, diferentes de los vastos, mientras que la RE del fémur puede aumentar la tensión y, por consiguiente, el nivel de activación de este músculo (Signorile et al., [1995](#)). Otros investigadores también informaron de una mayor activación eléctrica del RF en condiciones de RE, durante el ejercicio dinámico (Alkner et al., [2000](#); Stoutenberg et al., [2005](#)). Este hallazgo no respalda los resultados del presente estudio, ya que no fue detectada una activación diferente en la RE. La justificación que sustenta estos resultados está basada en el hecho de que el ejercicio de extensión de rodilla es monoarticular y eso hace que los músculos del CF sean activados de manera similar, lo que no ocurre cuando se utilizan ejercicios multiarticulares, como la sentadilla (Akima et al., [2019](#)).

Además, el VM tampoco mostró diferencias significativas durante las condiciones neutras y de rotación. De Souza et al. ([2018](#)) reportan altos niveles de activación del VM durante la RE, mientras que otra investigación muestra resultados contrarios, en los que se observan mayores activaciones durante la RI (Stoutenberg et al., [2005](#)).

En relación con las posiciones de los pies, no se encontraron diferencias significativas en el presente estudio (gráficos 1, 2 y 3). Sin embargo, se destaca una tendencia de mayor activación durante la RE en relación a la PN y RI. Por otra parte, se observaron mayores niveles



de activación eléctrica de la PN y RI en relación a la RE, durante la contracción isométrica, mostrando mayor actividad significativa ($p = .013$) (Akima et al., [2019](#); Watanabe y Akima, [2009](#)).

LIMITACIONES

Factores como las diferencias entre contracciones dinámicas e isométricas y variaciones en la magnitud de activación a través del cambio de ángulo de la rodilla, pueden justificar las divergencias de los resultados (Ando et al., [2018](#)). Condiciones limitantes del presente estudio pueden ser descritas, primeramente, por no haber controlado el ángulo de movimiento durante la ejecución del ejercicio dinámico de extensión de rodilla, lo que puede permitir la ausencia de significancia entre las posiciones de los pies. Adicionalmente, se sugiere que la activación muscular electromiográfica sea examinada de forma separada, durante las fases concéntrica y exéntrica del movimiento, para verificar posibles diferencias de la actividad electromiográfica para estas condiciones.

CONCLUSIÓN

En conclusión, los resultados del presente estudio sugieren que las variaciones en las rotaciones de los pies –interna o externamente– durante la extensión de rodilla, en la medida en que fueron aplicados, no son eficaces para la selección específica de los músculos que componen el cuádriceps femoral. Estos resultados demuestran que para las aplicaciones clínicas, las diferentes posiciones de los pies, en la medida en que fueron aplicados, no son suficientemente eficaces para aumentar, selectivamente, el desempeño de los músculos del cuádriceps. Las condiciones activan de igual manera a los músculos del cuádriceps, por lo que no son necesarias variaciones en las rotaciones de los pies con el objetivo de mantener en equilibrio la tensión en los músculos y ligamentos responsables del movimiento.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos estaban de acuerdo con las regulaciones establecidas por los responsables de la Comisión de Investigación Clínica y ética y de acuerdo con los de la Asociación Médica Mundial y de la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que no aparecen datos de pacientes en este artículo.

Derecho a la privacidad y consentimiento escrito. Los autores declaran que no aparecen datos de pacientes en este artículo.



Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

TRADUCCIÓN AL ESPAÑOL: Ph.D. Elizabeth Carpio Rivera, Escuela de Educación Física y Deportes, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

REFERENCIAS

- Akima, H., y Ando, R. (2017). Oxygenation and neuromuscular activation of the quadriceps femoris including the vastus intermedius during a fatiguing contraction. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 37(6), 750-758. doi: <https://doi.org/10.1111/cpf.12370>
- Akima, H., Tomita, A., y Ando, R. (2019). Effect of knee joint angle on the neuromuscular activation of the quadriceps femoris during repetitive fatiguing contractions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 49, 102356. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2019.102356>
- Alkner, B. A., Tesch, P. A., y Berg, H. E. (2000). Quadriceps EMG/force relationship in knee extension and leg press. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(2), 459-463. doi: <https://doi.org/10.1097/00005768-200002000-00030>
- Ando, R., Nosaka, K., Inami, T., Tomita, A., Watanabe, K., Blazevich, A. J., y Akima, H. (2016). Difference in fascicle behaviors between superficial and deep quadriceps muscles during isometric contractions. *Muscle & Nerve*, 53(5), 797-802. doi: <https://doi.org/10.1002/mus.24905>
- Ando, R., Tomita, A., Watanabe, K., y Akima, H. (2018). Knee joint angle and vasti muscle electromyograms during fatiguing contractions. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 38(4), 566-572. doi: <https://doi.org/10.1111/cpf.12372>
- Briani, R. V., De Oliveira Silva, D., Flóride, C. S., Aragão, F. A., De Albuquerque, C. E., Magalhães, F. H., y De Azevedo, F. M. (2018). Quadriceps neuromuscular function in women with patellofemoral pain: Influences of the type of the task and the level of pain. *PLoS ONE*, 13(10), e0205553. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205553>
- Cha, Y. J. (2014). Isokinetic training effect of ankle positions on knee extensor strength. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(9), 1465-1467. doi: <https://doi.org/10.1589/jpts.26.1465>
- Fagan, V., y Delahunt, E. (2008). Patellofemoral pain syndrome: a review on the associated neuromuscular deficits and current treatment options. *British Journal of Sports Medicine*, 42(10), 789-795. doi: <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.046623>
- Lanza, M. B., Balshaw, T. G., y Folland, J. P. (2017). Do changes in neuromuscular activation contribute to the knee extensor angle-torque relationship? *Experimental Physiology*, 102(8), 962-973. doi: <https://doi.org/10.1113/EP086343>



- De Lima Costa, P., Santos, Pereira F., Duarte Rocha, C. C., Da Silva, F. S. (2015). Study of the electromyographic activation of lower limbs during the menstrual cycle phases. *Journal of Exercise Physiology Online*, 18(2), 52-57. Recuperado de <https://bit.ly/3m4vy6Y>
- Hermens, H. J., Merletti, R., Freiks, B. (1996). European Activities on Surface Electromyography. In *Proceedings of the first general SENIAN workshop*. Enschede, Netherlands: Publishers Roessing Research and Development. Recuperado de <http://www.seniam.org/pdf/contents1.PDF>
- Murray, N., Cipriani, D., O'Rand, D., y Reed-Jones, R. (2013). Effects of Foot Position during Squatting on the Quadriceps Femoris: An Electromyographic Study. *International Journal of Exercise Science*, 6(2), 114-125. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27293497>
- Noorköiv, M., Nosaka, K., y Blazevich, A. J. (2014). Neuromuscular adaptations associated with knee joint angle-specific force change. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(8), 1525-1537. doi: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000269>
- Saito, A., y Akima, H. (2015). Neuromuscular Activation of the Vastus Intermedius Muscle during Isometric Hip Flexion. *PLOS ONE*, 10(10), e0141146. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141146>
- Signorile, J. F., Kwiatkowski, K., Caruso, J. F., y Robertson, B. (1995). Effect of foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps muscles during the parallel squat and knee extension. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(3), 182-187. doi: <https://doi.org/10.1519/00124278-199508000-00011>
- da Silva, C. R., de Oliveira Silva, D., Briani, R. V., Pazzinatto, M. F., Ferrari, D., y de Azevedo, F. M. (2016). Test-retest reliability of electromyographic signal parameters used to evaluate neuromuscular fatigue in quadriceps femoris muscle. *Kinesiology*, 48(2), 174-181. doi: <https://doi.org/10.26582/k.48.2.14>
- de Souza, L. M. L., Cabral, H. V., de Oliveira, L. F., y Vieira, T. M. (2018). Motor units in vastus lateralis and in different vastus medialis regions show different firing properties during low-level, isometric knee extension contraction. *Human Movement Science*, 58, 307-314. doi: <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.12.012>
- Spairani, L., Barbero, M., Cescon, C., Combi, F., Gemelli, T., Giovanetti, G., Magnani, B., y D'Antona, G. (2012). An electromyographic study of the vastii muscles during open and closed kinetic chain submaximal isometric exercises. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(6), 617-626. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3537462/>
- Stoutenberg, M., Pluchino, A. P., Ma, F., Hctor, J. E., y Signorile, J. F. (2005). The impact of foot position on electromyographical activity of the superficial quadriceps muscles during leg extension. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 931-938. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16437818>



- Visscher, R. M. S., Rossi, D., Friesenbichler, B., Dohm-Acker, M., Rosenheck, T., y Maffiuletti, N. A. (2017). Vastus medialis and lateralis activity during voluntary and stimulated contractions. *Muscle & Nerve*, 56(5), 968-974. doi: <https://doi.org/10.1002/mus.25542>
- Watanabe, K., y Akima, H. (2009). Normalized EMG to normalized torque relationship of vastus intermedius muscle during isometric knee extension. *European Journal of Applied Physiology*, 106(5), 665-673. doi: <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1064-z>
- Wu, R., Delahunt, E., Ditroilo, M., Lowery, M. M., y De Vito, G. (2017). Effect of Knee Joint Angle and Contraction Intensity on Hamstrings Coactivation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(8), 1668-1676. doi: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001273>

Participación: A- Financiamiento, B- Diseño del estudio, C- Recolección de datos, D- Análisis estadístico e interpretación de resultados, E- Preparación del manuscrito.

