



Arias-Poblete, L.; Álvarez-Zúñiga, M.; Contreras-Díaz, G.; Jerez-Mayorga, D.; Villalobos-Antúnez, J.; Monteverde-Sánchez, A. (2019). Clasificación de Ejercicios de Fortalecimiento de la Cadena Posterior de Miembro Inferior, en Base a la Amplitud de Activación Muscular en Futbolistas Amateur entre 18-25 Años. *Journal of Sport and Health Research*. 11(Supl 2):155-164.

Original

CLASIFICACIÓN DE EJERCICIOS DE FORTALECIMIENTO DE LA CADENA POSTERIOR DE MIEMBRO INFERIOR, EN BASE A LA AMPLITUD DE ACTIVACIÓN MUSCULAR EN FUTBOLISTAS AMATEUR ENTRE 18-25 AÑOS

CLASSIFICATION OF STRENGTHENING EXERCISES OF THE LOWER MEMBER POSTERIOR CHAIN, BASED ON THE AMPLITUDE OF MUSCULAR ACTIVATION IN AMATEUR SOCCER PLAYERS BETWEEN 18-25 YEARS

Arias-Poblete, L.¹; Álvarez-Zúñiga, M.²; Contreras-Díaz, G.³; Jerez-Mayorga, D.¹; Villalobos, Antúnez, J.⁵; Monteverde Sánchez, A.⁶

¹ Universidad Andrés Bello, Chile

² Universidad de Las Américas, Chile

³ Universidad de Los Lagos, Chile

⁵ Universidad Católica de Temuco, Chile

⁶ Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Chile

Correspondence to:

Leónidas Eduardo Arias Poblete

Universidad Andres Bello

Address: Fernandez Concha #700, Las Condes, Santiago, Chile

Email: leonidas.arias@unab.cl

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*



editor@journalshr.com

Received: 9/04/2019

Accepted: 18/07/2019



RESUMEN

Las lesiones de isquiotibiales son recurrentes en disciplinas deportivas de equipos como el fútbol, siendo la rehabilitación un punto clave para prevenir alteraciones futuras. Dentro de este proceso, los paradigmas de fortalecimiento son más bien empíricos, por lo tanto, criterios fundamentados en torno a los ejercicios utilizados son requeridos. Bajo este contexto, el objetivo de la presente investigación fue clasificar los ejercicios de fortalecimiento de la cadena posterior de miembro inferior, en base a la amplitud de activación muscular, en futbolistas amateur de la Universidad Andrés Bello (UNAB), para lo cual se utilizó un diseño no experimental de tipo descriptivo y de corte transversal. La población de estudio, fueron 30 estudiantes universitarios, que estaban cursando de primero a quinto año, durante el periodo académico 2017. Los participantes fueron citados al Laboratorio de Ciencias de Rehabilitación de la UNAB, en donde luego de firmar el consentimiento informado debieron realizar una fase de calentamiento en cicloergómetro, posteriormente se calculó la MCIV (Máxima contracción isométrica voluntaria) de los músculos semimembranoso, semitendinoso, bíceps femoral y glúteo mayor, para finalmente aplicar una batería de ejercicios de fortalecimientos, los cuales fueron clasificados según la intensidad de activación muscular. En relación con esto, se obtuvo que 8 de los 13 ejercicios implementados fueron clasificados de baja intensidad ($p < 0.05$), 3 de mediana intensidad ($p < 0.05$) y 2 de alta intensidad ($p < 0.05$), mientras que el peak de amplitud de los músculos semimembranoso, semitendinoso y bíceps femoral se desplazó a la derecha en términos temporales, en la medida que se comparan los ejercicios clasificados como de baja, media y alta intensidad.

Palabras claves: Músculos isquiotibiales, electromiografía, clasificación, fútbol

ABSTRACT

The hamstring injuries are recurrent in the sports disciplines of teams such as football, with rehabilitation being a key point to prevent future alterations. Within this process, the strengthening paradigms are rather empirical, therefore, criteria based on the exercises used are required. In this context, the objective of the present investigation is to classify the strengthening exercises of the posterior lower limb chain, based on the amplitude of muscular activation, in amateur soccer players of the Andrés Bello University (UNAB), for which a non-experimental, descriptive, cross-sectional design. The study population was 30 university students, who were studying from first to fifth year, during the academic period 2017. The participants were summoned to the Laboratory of Rehabilitation Sciences, where after signing the informed consent they had to perform a phase of heating on a cycle ergometer, then the MCIV (maximum voluntary isometric contraction) of the semimembranous, semitendinous, biceps femoral and gluteus maximus muscles was calculated, finally applying a battery of strengthening exercises, which were classified according to the intensity of muscle activation. In relation to this, it was obtained that 8 of the 13 exercises implemented were classified as low intensity ($p < 0.05$), 3 of medium intensity ($p < 0.05$) and 2 of high intensity ($p < 0.05$), while the peak of amplitude of the semimembranous, semitendinous and biceps femoral muscles moved to the right in temporal terms, to the extent that the exercises classified as low, medium and high intensity are compared.

Keywords: Hamstrings muscles, electromyography, classification, football



INTRODUCCIÓN

El deporte es una actividad tanto recreativa como competitiva, que puede traer consigo múltiples daños a los tejidos, ya sea fracturas, esguinces o lesiones musculares (Almarcha, 2010). Un estudio realizado en cuatro campeonatos de fútbol organizados por la CONMEBOL (Confederación Sudamericana de Fútbol) destaca que los hombres presentaron lesiones con mayor incidencia en el muslo con un 25.2%, seguido de la cabeza y cara 14.8%, la pantorrilla 11.2%, el pie 10.3% y el tobillo 9.5% (Forriol, 2016). Las lesiones de isquiotibiales son recurrentes en disciplinas deportivas de equipo y en el fútbol en general, debido a que en estos deportes existen cambios de dirección, aceleraciones y acciones de alta velocidad (Carrasco, 2013). El mecanismo de lesión más común es la acción excéntrica de los isquiotibiales en la carrera, particularmente en la fase de desaceleración, siendo el músculo bíceps femoral el más afectado en su porción larga (Carrasco, 2013). Adicionalmente, estudios electromiográficos y cinéticos revelan que los isquiotibiales son el grupo muscular más activo y desarrollan el mayor torque en la cadera y rodilla desde la fase de oscilación final, hasta la fase de apoyo medio en la carrera (Best, 2005; Abbey, 2008; Bass, 2004). Por otro lado, según la literatura existen factores de riesgo que pueden predisponer al sujeto a tener una lesión en la región posterior del muslo, como son la falta de fuerza y flexibilidad, sobrecarga, fatiga, o haber tenido una lesión anterior en la zona (Carrasco, 2013).

Con respecto a la rehabilitación de las lesiones musculares, en general se distinguen 3 fases, la primera es de tipo aguda que tiene como objetivo proteger la zona, minimizar el rango de movimiento y disminuir la pérdida de fuerza a través del ejercicio o del entrenamiento isométrico en múltiples rangos sin dolor; la segunda consiste en restablecer los niveles de fuerza a través de todos los rangos de movimiento y mejorar el control neuromuscular de cadera y pelvis en preparación para movimientos específicos del deporte, se puede comenzar con el entrenamiento de fuerza tanto en contracciones excéntricas y concéntricas; y por último la tercera fase que se enfoca en movimientos funcionales y entrenamiento excéntrico en posiciones musculares alargadas, todo ello, según el estudio realizado por McHugh (2012). Sin embargo, poco se sabe sobre la activación

muscular selectiva de la región posterior de muslo, particularmente glúteo mayor e isquiotibiales, que permita generar un programa de fortalecimiento progresivo para la prevención y/o rehabilitación de lesiones, del mismo modo se desconocen programas que consideren la amplitud de activación muscular como un factor relevante durante la ejecución de ejercicios que tradicionalmente, son ocupados para intervenir sobre estos grupos musculares, con el objetivo de fortalecer la musculatura aledaña y de manera progresiva llegar hasta el sitio de lesión. En la actualidad los programas de fortalecimiento son de tipo empírico y no cuentan con fundamentos sólidos para su posterior aplicación, por lo que, frente a este problema, en la presente investigación se evaluó la actividad eléctrica del glúteo mayor e isquiotibiales, mediante una batería de ejercicios que permita generar una clasificación de estos, en base a la amplitud de activación muscular. Estos elementos podrían ser utilizados para implementar un programa de fortalecimiento progresivo en el contexto de la rehabilitación y prevención de lesiones.

En esta línea la pregunta de investigación se enmarcó en lo siguiente ¿En futbolistas amateur, es posible clasificar los ejercicios de fortalecimiento de la cadena posterior de miembro inferior, según criterios de baja, media y alta intensidad en base a la amplitud de activación muscular, durante la ejecución de ejercicios de fortalecimiento?

MATERIAL Y MÉTODO

La presente investigación, tuvo un enfoque cuantitativo, y un diseño de investigación no experimental de tipo descriptivo y de corte transversal.

La población objetivo fueron hombres entre 18 y 25 años, pertenecientes a la Región Metropolitana, Santiago. Siendo la población de estudio, estudiantes de la UNAB, que estuvieran cursando entre primero y quinto año de Kinesiología, durante el periodo académico 2017 y que practiquen fútbol de manera amateur. El tamaño de la muestra se determinó usando el software (G*Power versión 7.10.0.), obteniendo 30 participantes, cuya edad promedio fue de 21.8 años \pm 1.46, masa 63.6 kg \pm 4.67, altura 1.71 m \pm 0.05, IMC (índice de masa corporal) 21.72 \pm 0.68. Cabe señalar que todos los participantes del



estudio debieron cumplir con los siguientes criterios de inclusión y exclusión expuestos en la tabla 1.

Tabla 1: Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Hombres	Antecedente de lesión en grupo muscular isquiotibial y glúteo mayor menor a 6 meses (Korakakis, 2015).
Edad entre los 18 y 25 años	Lesiones músculo esqueléticas de miembro inferior (Carp, 2007).
Futbolista amateur	Cirugías recientes de miembro inferior (Carp, 2007). Realización de ejercicios de alta intensidad 24 horas antes de la prueba (D'Andrea, 2006).
IMC entre 18.5 y 24.9	Uso de relajantes musculares.

Por otro lado, la variable dependiente fue la amplitud de la señal. Es importante mencionar que la variable en cuestión fue normalizada, por lo tanto, si bien la unidad de medida es mV (milivoltios), al ser normalizada comenzamos a trabajar con porcentajes en relación con la MCIV

Respecto a la recolección de los datos, se citaron a los participantes al Laboratorio de Ciencias de Rehabilitación de la UNAB. Posterior a su llegada, se les entregó el consentimiento informado, teniendo en consideración que este estudio fue aprobado por el comité de ética de la UNAB.

En primer lugar, los participantes del estudio realizaron una fase de calentamiento en cicloergómetro durante 10 min a una intensidad submáxima y 10 min de estiramientos estáticos pasivos de la cadena posterior del muslo, aplicado específicamente en la musculatura isquiotibial y glúteo mayor (Ali, 2013).

Posteriormente se procedió de la siguiente manera:

- Determinar el miembro inferior dominante, mediante la prueba de golpear el balón
- Se posicionaron los electrodos según el protocolo de la SENIAM (Disselhorst-Klug, 2000) en los músculos glúteo mayor,

semitendinoso y bíceps femoral, mientras que para el semimembranoso se utilizó el método de descrito por Delagi (2011).

- Mediante un equipo Delsys, Bagnoli-16 EMG System, se registró la actividad eléctrica de los músculos semimembranoso, semitendinoso, bíceps femoral y glúteo mayor durante la MCIV considerando las posiciones descritas por Anthony (2011), (contracción mantenida durante 5 s).
- Se aplicó una batería de ejercicios de fortalecimiento, ejecutando 5 repeticiones o mantención de la posición por 10 s según corresponda, con 2 min de pausa entre cada modalidad, en donde paralelamente se evaluó la actividad eléctrica de los músculos en cuestión. En la tabla 2, se muestra el orden en que fueron aplicados los ejercicios.

Tabla 2: Set de ejercicios

1-Estocada	8-Puente en prono
2-Peso muerto en una pierna	9-Puente en decúbito lateral
3-Balanceo mancuerna rusa	10-Tijera sostenida en decúbito lateral
4-Puente flexión unilateral de cadera	11-Puente con espalda neutra
5-Nórdico	12-Cuatro apoyos con brazos y piernas extendidas
6-Puente en silla	13-Golpe de talón contra balón
7-Deslizar pierna	

Técnicas para el análisis de la información

El procesamiento de la señal se realizó mediante el software MatLab © versión 7.10.0. de la siguiente manera: Se comenzó con un filtrado de todas las señales mediante ICA (Análisis de componentes independientes), con el uso del algoritmo FastICA, a continuación, se aplicó la transformada de Hilbert, obteniendo solo el espectro positivo de la señal, consiguiendo así la envolvente a partir del valor real de la señal y dicha transformada. Posteriormente se



obtuvo la RMS (Raíz cuadrada media) de cada señal, estableciendo el umbral de activación muscular con este valor. Finalmente, se aplicó el suavizado con media móvil, con el objetivo de nivelar los peak en amplitud. A continuación, se procedió a cortar cada una de las señales electromiográficas según las espigas generadas por el acelerómetro, con el fin de obtener ciclos de cada modalidad de ejercicio. Una vez establecidos los ciclos, estos fueron submuestreados a 1000 puntos, con el objetivo de representar el eje X de 0% a 100%. Mientras que el eje Y, fue normalizado, expresando cada conjunto de datos como un coeficiente relativo al valor de referencia proporcionado por la MCIV de cada músculo.

Considerando el procesamiento de la señal enunciado anteriormente, es importante señalar que para cada sujeto en estudio se obtuvieron señales independientes, las cuales fueron analizadas para cada músculo y cada modalidad de ejercicio. Finalmente, las señales obtenidas fueron clasificadas según el nivel de activación detectado, considerando los criterios de baja intensidad (<50% MCIV), media intensidad ($\geq 50\%$ a <80% MCIV) y alta intensidad ($\geq 80\%$ of MCIV).

Análisis de datos

Una vez que los datos fueron codificados y transferidos a una matriz, se procedió a analizarlos descriptivamente mediante medidas de tendencia central (media) y medidas de variabilidad (Desviación estándar). Por otro lado, se evaluó el tipo de distribución, en donde considerando las características de estos y el n, se utilizó la prueba ShapiroWilk, dando como resultado que la totalidad de estos, para cada músculo, condición y variable distribuyeron normal, avalado por un p-valor mayor a alfa (nivel de confianza 0.05). Lo anterior es clave, ya que, si consideramos que para cada sujeto se obtuvo un valor en amplitud promedio para cada músculo y ejercicio, y ponderando la distribución normal de los datos, se procedió a promediar el valor en amplitud para cada una de estas condiciones según corresponda. Finalmente, se aplicó la t-Student para evaluar si las diferencias entre los niveles de intensidad eran estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Intensidad de los ejercicios

En función de este ítem, es importante dar cuenta de ciertos hallazgos:

- Para el músculo glúteo mayor, todos los ejercicios fueron considerados de baja intensidad, ya que su actividad fue menor al 50% de la MCIV.
- Si consideramos los porcentajes de activación en amplitud, para los músculos semimembranoso y semitendinoso, podemos visualizar que estos presentan una mayor amplitud que el bíceps femoral, para los ejercicios catalogados de baja y media intensidad. Mientras que el bíceps femoral es reclutado con una mayor amplitud para los ejercicios clasificados de alta intensidad.
- Al ponderar el tiempo de ejecución de los ejercicios (0 a 100%), el peak de amplitud de los músculos semimembranoso, semitendinoso y bíceps femoral se desplazó a la derecha, en la medida que se comparan los ejercicios clasificados como de baja, media y alta intensidad.

Ejercicios de baja intensidad (<50% de la CVM)

Los siguientes ejercicios fueron clasificados de baja intensidad en función de los porcentajes de activación de los músculos semimembranoso, semitendinoso y bíceps femoral. Es importante señalar que el orden en que serán enunciados a continuación es bajo un criterio creciente de amplitud:

- Puente en decúbito lateral
- Tijera sostenida en decúbito lateral
- Puente en prono
- Puente con espalda neutra
- Estocada
- Peso muerto en una pierna
- Balanceo de mancuerna rusa
- Puente en flexión unilateral de cadera

De acuerdo con la figura 1, se observa que para los ejercicios expresados anteriormente los músculos semimembranoso y semitendinoso, presentaron mayor amplitud de activación que el bíceps femoral,



cuya diferencia es estadísticamente significativa $p < 0.05$.

Por otro lado, si consideramos el procesamiento de la señal, es importante señalar que el peak de amplitud para cada modalidad de ejercicio se obtuvo entre el 40 al 60% del tiempo de ejecución del ejercicio.

Ejercicios de mediana intensidad ($\geq 50\%$ o $< 80\%$ de la MCIV)

Los siguientes ejercicios fueron clasificados de media intensidad, bajo un criterio creciente de amplitud (figura 1):

- Cuatro apoyos con brazos y piernas extendidas
- Nórdico
- Puente en silla

Los músculos semimembranoso y semitendinoso presentaron mayor amplitud de activación que el bíceps femoral, cuya diferencia es estadísticamente significativa $p < 0.05$.

Bajo la misma lógica señalada en la subsección anterior, el peak de amplitud para cada modalidad de ejercicio se obtuvo entre el 50% al 70% del tiempo

de ejecución.

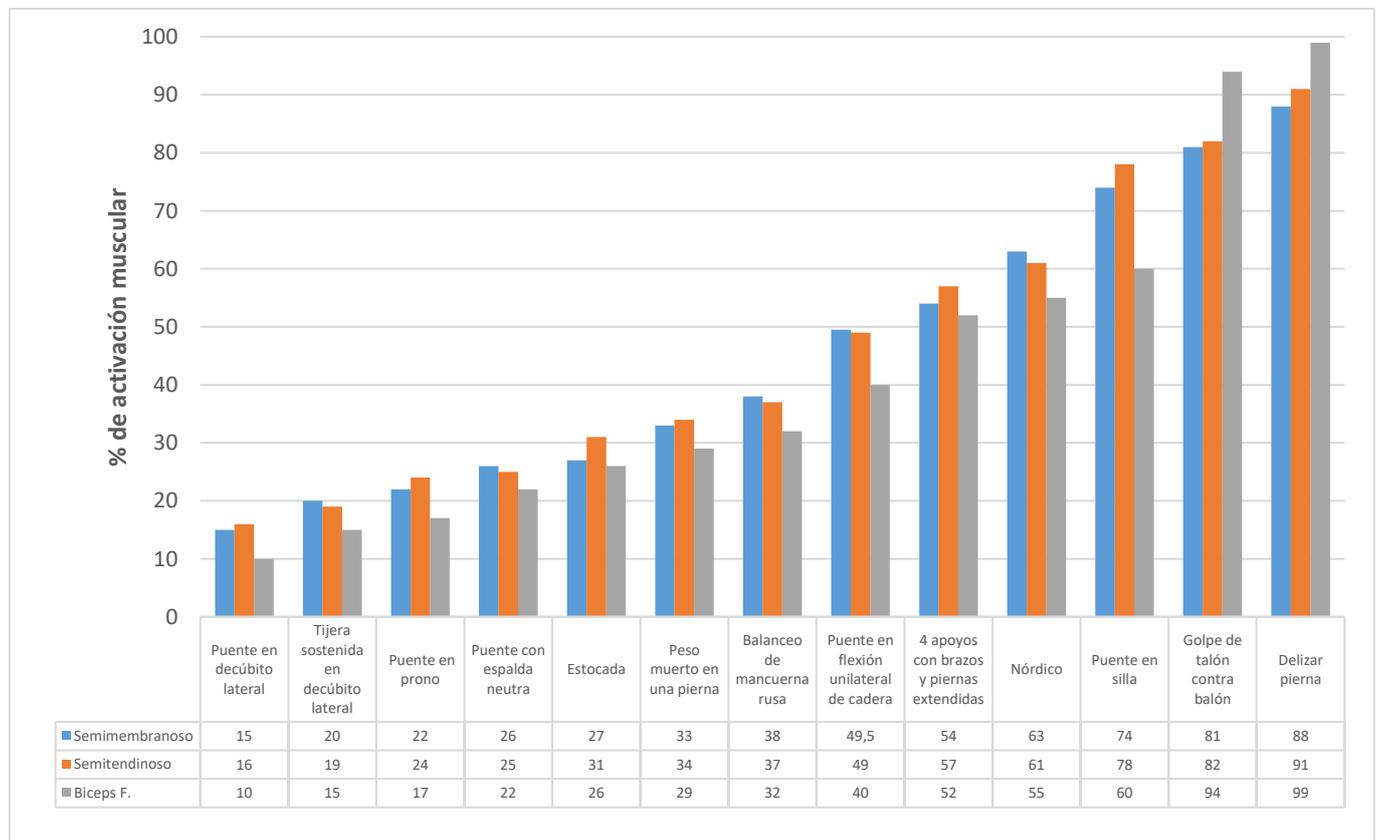
Ejercicios de alta intensidad ($\geq 80\%$ de la MCIV)

Los siguientes ejercicios fueron clasificados de alta intensidad (Ver figura 1):

- Golpe de talón contra balón
- Deslizar pierna

El patrón de activación muscular en amplitud se invierte en los ejercicios clasificados de alta intensidad, ya que en esta ocasión el bíceps femoral es el músculo que presenta una mayor amplitud en comparación al semimembranoso y semitendinoso, lo cual está avalado con un $p < 0.05$. Finalmente, se obtuvo que el peak de amplitud para cada modalidad de ejercicio se encuentra entre el 60 al 80% del tiempo de ejecución.

Figura 1: Porcentajes de activación muscular.





DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluaron 13 ejercicios de fortalecimiento de la cadena posterior del muslo, los cuales fueron descritos en los apartados anteriores, en base a la amplitud de activación muscular.

En lo que respecta a los resultados expuestos, podemos mencionar que el músculo glúteo mayor presentó una activación que se considera dentro de la categoría baja intensidad, debido a una amplitud < al 50% de la MCIV, lo cual contrasta con el resto de los músculos evaluados. En este marco, existen múltiples líneas argumentativas que pueden explicar este hallazgo, dentro de las cuales encontramos que la batería de ejercicios propuestos no son los más adecuados para obtener una mayor activación del glúteo mayor. Por otro lado, considerando la naturaleza monoarticular de este músculo, podría verse mermada su activación en comparación a los isquiotibiales que son biarticulares, por lo tanto, si evaluamos que la mayoría de los ejercicios involucran un movimiento de rodilla y cadera, la configuración espacial que tienen estos últimos se ve potenciada.

En relación a los músculos semitendinoso y semimembranoso que fueron activados con una mayor amplitud que el bíceps femoral en los ejercicios de baja y media intensidad, podemos visualizar que el estudio realizado por Malliaropoulos (2012), difiere en este hallazgo, ya que según este autor, los ejercicios no tienen actividad preferencial en la musculatura isquiotibial, en cambio según los resultados de nuestro estudio los músculos semitendinoso y semimembranoso se activan en forma similar entre ellos, sin embargo difieren con el bíceps femoral. Esta situación podría ser explicada por el procesamiento de los datos, ya que si ponderamos que la señal electromiográfica es considerada de alta complejidad debido a que está influenciada por múltiples factores, como el ruido, el volumen conductor y el crosstalk (Luca, 2006) en donde esta última hace referencia a los potenciales de acción de músculos cercanos, resulta fundamental que los algoritmos utilizados en el marco del procesamiento puedan sobreponerse a esta situación, y en este contexto los estudios realizados en esta área hasta la fecha emplean algoritmos tradicionales para el filtrado de los datos, lo cual puede resultar en la

pérdida de información. Bajo estos antecedentes, en el presente estudio se utilizó para el filtrado de la señal el algoritmo ICA (análisis de componentes independientes), técnica iterativa que estima la independencia estadística de señales de un set dado de combinaciones lineales (Kumar, 2006), la cual se basa en el problema de la separación ciega de fuentes, en donde si consideramos que las señales recibidas por los sensores son mezclas que proceden de varias fuentes independientes, el objetivo será tomar estas mezclas y obtener a partir de ellas las señales originales puras. Si bien se sugiere que ICA puede aislar adecuadamente algunas señales como el ruido e interferencia, su eficacia para la separación de la crosstalk puede ser discutida (Kumar, 2006), sin embargo, considerando estudios actuales sobre la actividad eléctrica de los músculos, el procesamiento en cuestión es mejor, a la hora de ponderar el reclutamiento muscular y su correlación con la cinemática del movimiento (Daud, 2017). Siguiendo esta línea argumentativa, asociada al procesamiento de los datos, se constata que el peak de amplitud para cada modalidad de ejercicio clasificado como baja intensidad, se obtuvo entre el 40 al 60% del tiempo de ejecución, lo cual pudo deberse a que en dicho periodo existió una mayor cantidad de fibras musculares que fueron reclutadas de manera progresiva para cumplir con la prueba, en relación a ello, puede inferirse que dicho intervalo concuerda con la posición más cercana a la MCIV y donde el sujeto es capaz de realizar su mayor esfuerzo para poder llevar a cabo una óptima ejecución del movimiento. Por otro lado, si ponderamos el resto de los ejercicios clasificados como mediana y alta intensidad, se aprecia que este peak se desplaza a la derecha del tiempo de ejecución, antecedente que va en línea con la mayor demanda muscular, por lo tanto, se requiere una mayor inercia temporal para lograr la aceleración necesaria y cumplir con los requerimientos de la tarea.

Continuando con el análisis cinemático del movimiento, haciendo énfasis en los factores temporo-espaciales, se aprecia que la velocidad de ejecución de los ejercicios podría modificar su clasificación, sobre todo si nos enfocamos en el ejercicio nórdico, ya que si bien fue clasificado de mediana intensidad, se logró apreciar que en el marco del procesamiento de los datos, uno de los sujetos evaluados presentó un nivel de amplitud que



sobrepasaba ampliamente al resto de los sujetos, presentando un 96% de activación en relación a la MCIV, lo cual habría sido catalogado como alta intensidad. Esta situación se pudo verificar, ya que se tuvo la precaución de grabar cada uno de los ejercicios, mediante una cámara que registró a 60 FPS (frame por segundo), y al analizar el registro del sujeto en cuestión, en comparación al resto de los participantes, se observó un aumento de velocidad. Es importante señalar que esta situación solo se presentó en este ejercicio, lo cual nos lleva a reflexionar sobre sus características. En esta línea, resulta evidente que al ser un ejercicio que requiere un control excéntrico y además implica regular el peso de gran parte de nuestro cuerpo, al aumentar la velocidad, los requerimientos de fuerza de la musculatura posterior de muslo también se acrecientan, lo cual genera un aumento no solo en el reclutamiento de unidades motoras, sino que también en la frecuencia de descarga de estas, que en términos electrofisiológicos se podría manifestar con una mayor amplitud de activación muscular.

Para efectos de la extrapolación de los resultados obtenidos, con el fin de contribuir a la prevención y/o rehabilitación de lesiones, los ejercicios de fuerza muscular son utilizados en forma recurrente para fortalecer los grupos musculares que serán sometidos a cargas de intensidad variable. Cabe mencionar que en muchos casos la elección de ejercicios es más bien empírica y por ende la intervención carece de objetividad. Es por esto, que los resultados expuestos pueden ser beneficiosos para una correcta elección en el proceso de rehabilitación y generar una progresión acorde a las características y condición del usuario objetivo de la intervención.

Si bien queda demostrado en los resultados, que el orden en que fueron implementados los ejercicios no afectaría los datos obtenidos, nos encontramos con la incertidumbre en cuanto a la técnica que dominaban los sujetos durante la ejecución de la batería de prueba, puesto que el tiempo de práctica después del calentamiento y elongaciones habría sido muy limitado. Además, en el contexto de la evaluación de los ejercicios, se debió integrar un grupo que fuese propio del glúteo mayor para poder considerar la amplitud que genera y si efectivamente existe una mayor activación en contraste con los otros músculos evaluados.

CONCLUSIONES

Considerando el objetivo de la presente investigación, haciendo referencia a clasificar los ejercicios de fortalecimiento de la cadena posterior de miembro inferior, en base a la amplitud de activación muscular, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- a) 8 de los 13 ejercicios implementados fueron clasificados de baja intensidad, 3 de mediana intensidad y 2 de alta intensidad, siendo el ejercicio nórdico el más controversial, debido a que la velocidad de ejecución condiciona su clasificación en alguna de las dos categorías más altas (mediana y/o alta intensidad).
- b) Al aumentar la demanda sobre la musculatura isquiotibial, el peak de activación durante el ejercicio se desplaza a la derecha en términos temporales
- c) La amplitud de activación durante la ejecución de los ejercicios difiere entre los músculos analizados. Estableciendo diferencias entre el bíceps femoral y el par funcional semimembranoso-semi-tendinoso.
- d) En la medida que aumenta la demanda muscular y si consideramos los ejercicios clasificados como alta intensidad, el músculo que más contribuye es el bíceps femoral, en función de la variable amplitud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abbey, A. N; Garrett, W. E; Liu, Y; Moorman, C. T; Queen, R. M; Yu, B. (2008). Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting, *Journal of Biomechanics*, 41(15), 3121-3126.
2. Ali, M. A; Chellappan, K; Chang, T. G; Chowdhury, R. H; Bakar, A. A; Reaz, M. B. (2013). Surface electromyography signal processing and classification techniques. *Sensors*, 13(9), 12431-12466.
3. Almarcha, J; Berengüí, R; Garcés de Los Fayos, E. J; Ortega, E. (2010). Injuries and personality in competitive sports. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*, 13(1):10-16.



4. Anthony, W; Geise, P; Kendall, E; McIntyre, M; Peterson, F. (2007). *Kendall's: Músculos, Pruebas Funcionales, Postura y Dolor*. 5th ed. Madrid: Marban libros.
5. Bass, C; Buchbinder, R; Connell, D. A; Hoving, J. L; Koulouris, G; Malara, F; Schneider-Kolsky, M. E. (2004). Longitudinal study comparing sonographic and MRI assessments of acute and healing hamstring injuries. *American Journal of Roentgenology*, 183(4), 975-984.
6. Best, T.M; Chumanov, E. S; Heiderscheit, B. C; Hoerth, D. M; Li, L; Swanson, S. C; Thelen, D. G; Young, M. (2005) Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 37(1), 108-114.
7. Carrasco, L; De Hoyo, M; Domínguez-Cobo, S; Jiménez-Barroca, J. J; Naranjo-Orellana, J; Sañudo, B. (2013). Revisión sobre la lesión de la musculatura isquiotibial en el deporte: factores de riesgo y estrategias para su prevención. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6(1), 30-37.
8. Carp, K. C; Donatelli, R. A; Ekstrom, R. A. (2007). Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 37(12), 754-762.
9. D'Andrea, J. M; Guilherme, C; Pedrinelli, A; Rubio Jaramillo D. E; Santos-Silva, P. R. (2006). Evaluación isocinética de músculos flexores y extensores en jugadores de fútbol profesional antes de iniciar la fase de pretemporada. *Revista Latinoamericana de Cirugía Ortopédica*, 1(2), 54-57.
10. Daud, O; Ruiz-del-Solar, J; Tapia, C. (2017). EMG signal filtering based on independent component analysis and empirical mode decomposition for estimation of motor activation patterns. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 37(1), 140-155.
11. Delagi, E; Perotto, A. (2011). *Anatomical Guide for the Electromyographer*. Springfield, Ill.: Charles C. Thomas.
12. Disselhorst-Klug, C; Freriks, B; Hermens, H. J; Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5), 361-374.
13. Forriol, F; Pangrazio, O. (2016). Differences from the injuries suffered in 4 South American championships of soccer female and male. *Revista Latinoamericana de Cirugía Ortopédica*, 1(2), 58-65.
14. Korakakis, V; Malliaras, P; Malliaropoulos, N; Mendiguchia, J; Tsaklis, P; Tsapralis, K; Pyne, D. (2015). Muscle and intensity based hamstring exercise classification in elite female track and field athletes: implications for exercise selection during rehabilitation. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6, 209-217.
15. Kumar, D; Naik, G; Singh, V. (2006). Hand Gestures for HCI Using ICA of EMG. *Journal Use of Vision In HCI*, 56, 67-72.
16. Luca, C. (2006). Electromyography. *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*, J. G. Webster (Ed.). doi:10.1002/0471732877.emd097
17. Malliaropoulos, N; Malliaras, P; Maffulli, N; Mendiguchia, J; Papadopoulou, S; Pehlivanidis, H; Valle, X. (2012). Hamstring exercises for track and field athletes: Injury and exercise biomechanics, and possible implications for exercise selection and primary prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 46(12), 846-851.
18. McHugh, M; Schmitt, B; Tim, T. (2012). Hamstring injury rehabilitation and prevention of reinjury using lengthened state eccentric training: a new concept. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(3), 333-341.

