

Efectos de un programa de ejercicios excéntricos sobre la musculatura isquiotibial en futbolistas jóvenes

David Álvarez-Ponce^{1,2}, Eduardo Guzmán-Muñoz¹

¹Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Chile. ²Universidad Finis Terrae, Chile.

Recibido: 23.02.2018

Aceptado: 07.05.2018

Resumen

Objetivo: Determinar los efectos de un programa de ejercicios excéntricos de 6 semanas de duración sobre el rango de extensión activa de rodilla en futbolistas juveniles.

Material y método: Ensayo clínico aleatorizado y controlado de corte longitudinal. La muestra fue constituida por 37 futbolistas juveniles (18 grupo control y 19 experimental) de sexo masculino entre 14 y 16 años pertenecientes a las categorías sub-15 y sub-16 de un club deportivo de la ciudad de Talca, Chile. Todos los jugadores fueron evaluados en una sesión pre-intervención (S0) midiendo el rango de extensión activa de rodilla en la pierna dominante (PD) y no dominante (PND) con el test *Active Knee Extension* (AKE) utilizando un electrogoniómetro. El grupo experimental fue sometido a ejercicios excéntricos de la musculatura isquiotibial 3 veces a la semana por un periodo de 6 semanas. Las sesiones de intervención se llevaron a cabo previo al entrenamiento habitual de los futbolistas. Ambos grupos fueron reevaluados en 4 sesiones: tercera (S1), sexta (S2), novena (S3) y duodécima semana (S4).

Resultados: En el grupo control no se observan ganancias en el rango de extensión activa de rodilla, mientras que en los futbolistas que fueron sometidos a 6 semanas de ejercicio excéntrico se observa una ganancia del rango de movimiento de 11,4° para la PD y de 7,8° para la PND. En este grupo los cambios significativos se produjeron a la S1 ($p = 0,005$) en PD y PND ($p = 0,008$); S2 en PD ($p < 0,001$) y PND ($p = 0,006$); y S3 en la PD ($p = 0,004$).

Conclusión: Un entrenamiento progresivo de ejercicios excéntricos de 6 semanas sobre la musculatura isquiotibial genera cambios positivos en el rango de extensión activa de rodilla, disminuyendo el acortamiento de este grupo muscular, principalmente, en la pierna dominante. Los efectos se mantienen hasta la tercera semana una vez finalizada la intervención.

Palabras clave:

Ejercicios de contracción excéntrica.
Acortamiento de isquiotibiales.
Fútbol. Deportes.

Key words:

Eccentric contraction exercises. Hamstrings tightness. Soccer. Sports.

Effects of a program of eccentric exercises on hamstrings in youth soccer players

Summary

Objective: To determine the effects of a 6-week eccentric exercise program on the active knee extension range of motion in young soccer players.

Material and method: Randomized controlled trial. The sample was constituted by 37 youth players (18 control group and 19 experimental) of male sex between 14 and 16 years belonging to the under-15 and under-16 categories of a sports club in the Talca city, Chile. All the players were evaluated in a pre-intervention session (S0) by measuring the active knee extension range of motion in the dominant leg (DL) and non-dominant leg (NDL) with the Active Knee Extension (AKE) test using an electrogoniometer. The experimental group was subjected to eccentric exercises of the hamstring muscle 3 times a week for a period of 6 weeks. The intervention sessions were carried out prior to the usual training of the players. Both groups were reevaluated in 4 sessions: third (S1), sixth (S2), ninth (S3) and twelfth week (S4).

Results: In the control group there were no gains in the active knee extension range of motion, while in the soccer players who underwent eccentric exercise, a gain of 11.4° was observed for the DL and 7.8° for the NDL. In this group, significant changes occurred at S1 ($p = 0.005$) in PD and PND ($p = 0.008$); S2 in PD ($p < 0.001$) and PND ($p = 0.006$); and S3 in the PD ($p = 0.004$).

Conclusion: A progressive training of eccentric exercises of 6 weeks on the hamstring musculature generates positive changes in the active knee extension range of motion, reducing the shortening of this muscle group, mainly, in the dominant leg. The effects are maintained until the third week after the intervention.

Correspondencia: David Antonio Álvarez Ponce
E-mail: davidalvarezpo@santotomas.cl

Introducción

El jugador de fútbol se encuentra constantemente expuesto a sufrir lesiones musculoesqueléticas, siendo la extremidad inferior más afectada que la superior¹. Se ha visto que los futbolistas juveniles tienen mayor incidencia de lesiones que los profesionales durante el periodo de entrenamiento y que las más frecuentes son las de origen muscular².

La lesión de isquiotibiales alcanza un 37%³, representando entre el 12 y 16% del total de las lesiones relacionadas al fútbol⁴. Investigaciones actuales señalan que alrededor de un 12% del total de una temporada de competencia es perdida debido a las lesiones que puede sufrir el futbolista⁵. Además, se ha reportado que entre un 12% y 30% de los jugadores se vuelve a lesionar dentro de los 2 primeros meses de regreso a la práctica deportiva, lo que ha generado una gran preocupación en las grandes organizaciones del fútbol de elite⁵. En este contexto, se ha establecido que la lesión de isquiotibiales presenta una alta tasa de recidiva tras la vuelta al entrenamiento deportivo, alcanzando un 12%⁴.

En general, los isquiotibiales se lesionan principalmente en la carrera, debido a un cambio intenso y brusco desde una contracción excéntrica máxima a una contracción concéntrica durante la desaceleración de la extensión de rodilla⁶. Esto se produce en la fase final del balanceo, provocando una elongación de la estructura muscular asociada a una carga y/o contracción. La porción mayormente afectada corresponde a la porción larga del bíceps femoral, por sobre el semitendinoso y semimembranoso, debido a que sus puntos de inserción son los que más se alejan durante el mecanismo de lesión, siendo la unión miotendinosa la ubicación anatómica más frecuente de injuria⁶.

El riesgo de sufrir una lesión de isquiotibiales es generalmente multifactorial, donde se ha descrito que algunos de los factores extrínsecos se asocian al entrenamiento y otros directamente a la competencia, pero se coincide que los más comunes corresponden a un calentamiento insuficiente y la sobreexigencia de la musculatura^{6,7}. Por su parte, los factores intrínsecos incluyen la fatiga muscular, disminución de la fuerza, desequilibrio de fuerza agonista/antagonista y la falta de flexibilidad^{6,8}. Con respecto a la flexibilidad, no está clara su contribución en la lesión de isquiotibiales, pero se ha reportado que estructuras músculo-tendinosas acortadas provocan una respuesta tardía en la musculatura adyacente ante situaciones desestabilizantes, lo cual podría estar asociado a lesiones musculoesqueléticas⁹⁻¹¹. Específicamente en isquiotibiales, los resultados han sido controversiales y solo algunos autores sugieren que habría una relación entre la falta de flexibilidad e incidencia de la lesión en futbolistas durante una temporada regular¹². Las diferencias de resultados encontrados por las investigaciones se podrían atribuir a los distintos métodos de evaluación utilizados para medir la flexibilidad de isquiotibiales. Para evaluar la flexibilidad de isquiotibiales existen pruebas como el *Straight-Leg-Raising* (SLR), el *Sit and Reach* (SR) y el *active knee extensión* (AKE). En la actualidad, el SLR ha quedado destinado principalmente a la evaluación neurológica y el SR ha sido considerado poco apropiado para evaluar isquiotibiales por la participación de musculatura lumbo-pélvica en la prueba¹³. Por su parte, el AKE es un test de movilidad activa que pareciera ser la prueba más válida de evaluación puesto que logra aislar la flexibilidad de la musculatura isquiotibial¹⁴. Esta prueba mide el ángulo de extensión de

rodilla con flexión de cadera en 90° con un sistema de verticalización de fémur. Por su validez y confiabilidad, el test ha sido recomendado como una buena herramienta para evaluar la flexibilidad de isquiotibiales¹⁴.

El ejercicio de contracción excéntrica podría ser un mecanismo de prevención para diversas lesiones de rodilla en el fútbol. Sin embargo, los efectos de estos ejercicios sobre la flexibilidad de isquiotibiales han sido poco reportados. Se ha señalado que los ejercicios excéntricos mejoran la flexibilidad de isquiotibiales aumentando el rango de extensión activa de rodilla en 1,67° en adolescentes con acortamiento de isquiotibiales tras 6 semanas de intervención, pero sin presentar diferencias con las técnicas tradicionales de estiramiento muscular¹⁵. Además, se ha observado que el trabajo excéntrico de esta musculatura durante 6 semanas, utilizando el *nordic hamstring* como único ejercicio, mejora la fuerza excéntrica del musculo en 25 nm, optimiza la cinemática con un control más prolongado en la caída del *nordic hamstring* de 5,6° y mejora parámetros neuromusculares durante un gesto motor, aumentando la actividad electromiográfica en un 38%¹⁶. En otros grupos musculares, como por ejemplo en el tríceps sural, se ha demostrado un aumento de la flexibilidad posterior a un programa de ejercicios excéntricos¹⁷. Por su parte, Ramírez-Campillo *et al.* (2015) aplicaron durante 6 semanas un protocolo de entrenamiento pliométrico a un grupo de futbolistas juveniles, intervención con un importante componente excéntrico, y observaron mejoras significativas en pruebas de salto, agilidad, velocidad y flexibilidad de extremidad inferior¹⁸. Si bien, hay algunas investigaciones que sugieren que el ejercicio excéntrico tiene efectos positivos sobre la flexibilidad y otros parámetros musculares, la duración de este cambio en el tiempo no ha sido descrita claramente.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto a corto y largo plazo del entrenamiento excéntrico de 6 semanas sobre el rango de extensión activa de rodilla en futbolistas juveniles.

Material y método

Este estudio corresponde a un ensayo clínico controlado y aleatorizado. Se realizó un muestreo aleatorio simple para asignar a los participantes a un grupo experimental (n=19) y control (n=18).

Participantes

De los 40 futbolistas juveniles entre 14 y 16 años de un club deportivo de la ciudad de Talca (Chile), 37 cumplieron con los criterios de elegibilidad descritos en la Tabla 1. Todos los participantes fueron autorizados por sus tutores legales, para participar en la investigación mediante un asentimiento informado aprobado por el comité de ética de la Universidad Santo Tomás (Chile), respetando los principios fundamentales establecidos en la declaración de Helsinki.

Intervención

La investigación fue llevada a cabo en el campo de entrenamiento del club deportivo durante periodo competitivo del campeonato de clausura 2016 compuesto por 15 fechas con un partido por fin de semana. Ambos grupos (control y experimental) realizaron durante 5 días a la semana su entrenamiento normal de fútbol consistente en ca-

Tabla 1. Criterios de elegibilidad de los participantes.

<p>Criterios de inclusión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Futbolistas de género masculino. - Edad entre 14 y 16 años. - Acortamiento de musculatura isquiotibial mayor a 20° de rango de extensión activa de rodilla en al menos una extremidad. - Aprobación de consentimiento informado por tutor.
<p>Criterios de exclusión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desgarros musculares de isquiotibiales 2 meses previos a la investigación. - Cirugías de MMII en los últimos 6 meses previos a la investigación. - Lesiones de MMII que hayan requerido inmovilización de rodilla prolongada 1 mes previo al estudio. - Lesión musculoesquelética de MMII durante el transcurso del estudio que no le permita continuar con este.

MMII: miembro inferior.

lentamiento, trabajo físico, trabajo técnico, enfriamiento y elongaciones de acuerdo con un programa desarrollada por el equipo de preparación física. La duración de los entrenamientos fue de 90 min. El grupo experimental, durante 3 días a la semana (lunes, miércoles y viernes) fue citado 15 minutos antes de los entrenamientos para ser sometidos a un programa de ejercicios excéntricos de isquiotibiales dirigidos por un kinesiólogo. Previo a esto, se realizó un calentamiento de 1.000 m. con trote suave (máximo nivel 4 según escala de Borg modificada). Los ejercicios excéntricos fueron diseñados en base los antecedentes entregados por la literatura^{6,19-21}, con un descanso de 1 minuto entre cada serie y aplicados durante un periodo de 6 semanas¹⁵⁻¹⁷ (Tabla 2 y Figura 1).

Variable de estudio

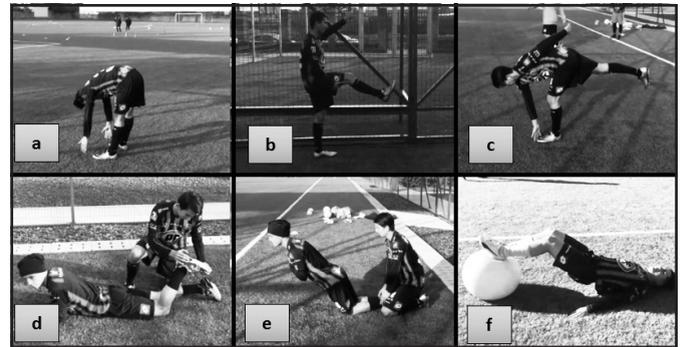
Los 37 participantes de la muestra fueron sometidos a la medición del grado de acortamiento de isquiotibiales por medio del rango de extensión activa de rodilla a través del test de AKE¹⁴ y medidos con un electrogoniómetro (Pasco®, Santiago, Chile) en la pierna dominante

Tabla 2. Pauta de ejercicios de contracción excéntrica de isquiotibiales.

Semana 1	Semana 2	Semana 3
Peso muerto bipodal (3 x 10 rep)	Peso muerto unipodal (3 x 8 rep)	Peso muerto unipodal (3 x 12 rep)
Kick controlado (3 x 8 rep)	Kick controlado (3 x 12 rep)	Contra resistencia manual (3 x 8 rep)
Semana 4	Semana 5	Semana 6
Contra resistencia manual (3 x 12 rep)	Nórdico (3 x 8 rep)	Nórdico (3 x 10 rep)
Nórdico (3 x 6 rep)	Supino con balón suizo bipodal (3 x 8 rep)	Supino con balón suizo bipodal (3 x 12 rep)

Rep: repeticiones.

Figura 1. Ejercicios excéntricos de isquiotibiales aplicados en el grupo experimental. a) Peso muerto bipodal, b) Kick controlado, c) Peso muerto unipodal, d) Contra resistencia manual, e) Nórdico, f) Supino con balón suizo bipodal.



(PD) y no dominante (PND), determinada por la pierna de pateo. La medición se realizó con los sujetos posicionados en decúbito supino sobre una colchoneta con caderas y rodillas flexionadas en 90°, con las piernas posadas sobre un cajón con asas y un rollo bajo las rodillas para mantener el fémur en forma vertical. Se posicionó el electrogoniómetro con el fulcro en la línea inter articular lateral de rodilla, el brazo fijo proyectado al trocánter mayor del fémur y el brazo móvil al maléolo lateral de tobillo, según los criterios establecidos por la *American Academy of Orthopaedic Surgeons* (AAOS). Las mediciones fueron realizadas en 5 sesiones: preintervención (S0), tercera semana (S1), sexta semana (S2), novena semana (S3) y duodécima semana (S4). S3 y S4 fueron realizadas a la tercera y sexta semana post intervención, respectivamente.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa GraphPadPrism 6.0. Se consideró la media y desviación estándar para describir las características generales de la muestra (edad, peso, talla e IMC). Para describir el rango de extensión activa de rodilla, se utilizó la mediana y los valores mínimo y máximo. La distribución de normalidad y homogeneidad de varianza fueron calculadas usando las pruebas de *Shapiro-Wilk* y de *Levene*, respectivamente. Se aplicó la prueba no paramétrica de *Kruskal-Wallis* para determinar diferencias en el rango de extensión activa de rodilla, tanto para el grupo experimental como el de control. Para conocer las diferencias entre cada una de las mediciones, se empleó el test *post hoc* de *Dunns*. Para todos los análisis se consideró un valor de significancia de 0,05.

Resultados

De los 37 jugadores elegidos, 30 de ellos terminaron el estudio (15 grupo experimental y 15 grupo control). Las características basales de los futbolistas que formaron parte de la investigación se observan en la Tabla 3. Cabe señalar que los futbolistas evaluados presentaron principalmente dominancia de pierna derecha (93,4% control y 80% experimental) y solo una pequeña parte dominancia de pierna izquierda (6,6% control y 20% experimental).

Tabla 3. Características basales de la muestra (media y desviación estándar).

Característica	Control (n=15) media (DE)	Experimental (n=15) media (DE)
Edad (años)	15,00 (0,85)	15,07 (0,80)
Peso corporal (kg)	65,49 (7,18)	61,8 (4,75)
Estatuta bípida (m)	1,72 (0,06)	1,70 (0,06)
IMC (kg/m ²)	22,03 (1,45)	21,33 (1,49)

DE: desviación estándar; IMC: índice de masa corporal; Kg: kilogramos; m: metros.

Para el grupo control de futbolistas juveniles pertenecientes a las categorías sub 15 y 16 no se observan diferencias significativas en el rango de extensión activa de rodilla medida con el test de AKE durante la intervención y seguimiento tanto para la PD ($p = 0,314$) como para la PND ($p = 0,309$) (Tabla 4). Para el grupo experimental, se observa un aumento en el rango de extensión activa de rodilla tanto para la PD ($p = 0,0001$) como para la PND ($p = 0,0014$). La prueba *post hoc* (test de *Dunns*) revela las siguientes diferencias significativas para la PD: S0 vs S1 ($p = 0,005$), S0 vs S2 ($p < 0,001$), S0 vs S3 ($p = 0,004$), S2 vs S4 ($p = 0,001$). En la PND las diferencias fueron encontradas en las siguientes comparaciones: S0 vs S1 ($p = 0,008$) y S0 vs S2 ($p = 0,006$) (Tabla 4).

Discusión

El principal hallazgo de esta investigación señala un efecto positivo de los ejercicios de contracción excéntrica sobre la longitud muscular del grupo isquiotibial evidenciada en el aumento del rango de extensión activa de rodilla y cuantificada a través del test de AKE con electrogoniometría en jugadores de fútbol jóvenes (14-16 años) con acortamiento muscular. Este aumento en el rango fue conseguido tras 6 semanas de entrenamiento progresivo en cuanto a volumen, intensidad y dificultad, con 3 sesiones semanales. Estos resultados son similares a los obtenidos por Brughelli *et al.* (2010), quienes tras 4 semanas de intervención lograron concluir que los ejercicios de contracción excéntrica logran aumentar el rango de rodilla y alargar la musculatura isquiotibial en futbolistas masculinos profesionales²⁰. También, se asemeja a lo reportado por Mahieu *et al.* (2008) con un entrenamiento de 6 semanas en musculatura de pantorrilla de 64 sujetos sanos, voluntarios,

de ambos sexos y con edad promedio aproximada de 22 años¹⁷. Este tipo de ejercicios también ha demostrado generar cambios en fuerza, cinemática y parámetros neuromusculares en sujetos sedentarios¹⁶, mientras que en fútbol se ha señalado como una buena herramienta para prevenir lesiones de isquiotibiales^{22,23}.

Los cambios en el rango de extensión activa de rodilla provocados por el ejercicio excéntrico podrían deberse a un cambio en la rigidez pasiva a nivel de la unión miotendinosa²⁴. Se plantea que el aumento de puentes cruzados de actina y miosina, provocan un incremento de iones de calcio residuales en las fibras musculares, los cuales están vinculados a la ruptura de la membrana celular muscular^{24,25}. El proceso reparativo del micro daño generado por el ejercicio excéntrico provocarían una reestructuración del tejido conectivo, incrementando la rigidez²⁴. Sin embargo, se cree que cuando el ejercicio excéntrico se repite por un periodo mínimo de 6 semanas, la rigidez pasiva musculo-tendón disminuye y transfiere parte de la restricción mecánica del tendón al musculo, aumentando los componentes elásticos en serie del músculo y el tendón que mejoran la longitud muscular^{17,24,26}. Coincidentemente, en nuestro estudio los principales cambios de rango de extensión activa de rodilla se observaron a la sexta semana de intervención.

Se ha señalado que una adecuada longitud muscular es uno de los principales factores protectores frente a lesiones de tejidos blandos, principalmente de las distensiones musculares que alteran la integridad del tejido conectivo y estructuras vasculares relacionadas conducentes a un daño de la fibra muscular²⁶. Una óptima longitud de la musculatura isquiotibial podría mantener una cantidad adecuada de unidades contráctiles o sarcómeros en paralelo y en serie, influyendo directamente en el área de sección transversal y permitiendo un mejor reclutamiento de las fibras de este grupo muscular. Esto permitiría una adecuada relación longitud-tensión y un aumento del brazo de palanca, lo cual favorecería una mayor producción de fuerza^{27,28}.

Van Doormaal *et al.* (2017), señalan que no habría una relación entre la falta de flexibilidad y un riesgo de lesión, medido con el test de *sit and reach*²⁹. Sin embargo, se ha demostrado que esta prueba es incapaz de individualizar la musculatura isquiotibial de la musculatura lumbopélvica¹³. Por esto, en el presente estudio se decidió utilizar la prueba de AKE para evaluar la flexibilidad de isquiotibiales de manera indirecta, debido a que en fútbol se ha demostrado que una adecuada evaluación de la flexibilidad podría ser una herramienta útil como predictor de lesiones y, que incluso, el trabajo de flexibilización podría ser una estrategia preventiva de lesión³⁰.

Tabla 4. Valores en grados del rango de extensión activa de rodilla durante las semanas de evaluación.

Sesiones de medición	Control (n=15) mediana (min-máx)		Experimental (n=15) mediana (min-máx)	
	PD	PND	PD	PND
S0	21,2 (16,8 - 44,7)	25,2 (18,2 - 44,7)	27,9 (21,1-37,3)	27,4 (17,5-44,1)
S1	24,7 (18,2 - 43,1)	28,7 (20,9 - 37,2)	20,2 (13,1-42,1)	19,9 (12,3-41,9)
S2	23,6 (17,9 - 36,4)	26,7 (19,9 - 37,9)	16,5 (13,9-23,4)	19,6 (10,3-24,8)
S3	23,9 (18,8 - 43,9)	28,1 (21,2 - 37,8)	20,1 (14,3-33,0)	21,2 (13,4-33,7)
S4	24,3 (17,6 - 38,1)	27,5 (20,8 - 38,4)	23,6 (19,3-33,2)	23,1 (17,9-36,4)

S0: Evaluación inicial (pre intervención); S1: evaluación tercera semana (mitad de intervención); S2: evaluación sexta semana (final de la intervención); S3: evaluación novena semana (tercera semana de seguimiento); S4: evaluación duodécima semana (sexta semana de seguimiento); Min: valor mínimo; máx: valor máximo; PD: pierna dominante; PND: pierna no dominante.

Por otra parte, se observó que a las 6 semanas de intervención la PD o de pateo tiene un cambio mayor en el REAR (11,4°) que la pierna no dominante (7,8°). Si bien se ha reportado que la pierna de pateo es sometida a un mayor número de lesiones musculares en futbolistas³¹, existe escasa evidencia que compare los resultados del ejercicio excéntrico entre PD y PND. Los resultados obtenidos en esta investigación podrían ser explicados por la mayor adaptabilidad neuromuscular de la pierna dominante al ser constantemente utilizada.

En esta investigación los cambios comienzan a aparecer a la tercera semana de intervención en ambas piernas y esto coincide con los cambios y adaptaciones arquitectónicas reportadas en isquiotibiales (principalmente en la longitud de los fascículos) a partir de dicha semana con ejercicio excéntrico³². A la duodécima semana de evaluación no se observaron diferencias con respecto a la evaluación inicial para ninguna de las 2 piernas, indicando que a las 6 semanas de seguimiento, durante las cuales continuaron con su entrenamiento y competencia deportiva con normalidad, se perderían los efectos logrados en la longitud muscular provocados por el ejercicio excéntrico en este grupo de estudio. Esto difiere con lo que sostiene Brughelli *et al.* (2009), quien indica que los efectos del ejercicio excéntrico pueden mantenerse durante 23 semanas posteriores a la intervención, no obstante su investigación fue realizada en futbolistas con antecedentes de lesiones recurrentes de isquiotibiales y no en jugadores con acortamiento²⁰. Además, no queda debidamente claro que realizan los futbolistas durante estas 23 semanas, en cambio, la presente investigación específica que los jugadores continúan con su entrenamiento y competencia normal durante las 6 semanas post-intervención. Debido a las diferencias de resultados en investigadores sería interesante determinar el momento exacto donde desaparecen los efectos beneficiosos del ejercicio de contracción excéntrica, el cual ha demostrado ser un activo participante en la prevención de lesiones en el deporte⁶. Esto permitiría establecer la frecuencia con la cual se deben realizar estos ejercicios en el entrenamiento de fútbol con el fin de evitar el acortamiento de la musculatura isquiotibial, lesiones y recidivas. Una investigación ha señalado que un programa de entrenamiento pliométrico de alta intensidad realizado dos veces por semana podría ser implementado como sustituto de algunos ejercicios dentro de la práctica regular de fútbol durante la temporada, ya que determinaron que la inclusión de este tipo de ejercicios en futbolista juveniles mejora el rendimiento explosivo y de resistencia en comparación con un entrenamiento de fútbol aislado³³. Por lo tanto, los ejercicios de tipo excéntrico podrían ser beneficiosos no solo en la rehabilitación de futbolistas lesionados, sino que también en el entrenamiento periódico del deportista como método de prevención de lesiones y mejora del rendimiento deportivo.

Dentro de las limitaciones de este estudio se puede considerar la muestra considera solo jugadores de un club específico de fútbol y excluye la falta de evaluaciones complementarias como la medición de la fuerza excéntrica a través de una máquina de isocinética que se ha utilizado en estudios previos. A pesar de esto es importante destacar que este estudio fue controlado y aleatorizado, fortaleciendo la calidad metodológica de la investigación.

En conclusión, una intervención progresiva de ejercicios excéntricos para la musculatura isquiotibial de 6 semanas de duración realizada durante una temporada de competencia de fútbol genera cambios

positivos en el rango de extensión activa de rodilla en futbolistas juveniles, disminuyendo el acortamiento de isquiotibiales. Estos cambios se lograron evidenciar principalmente en la pierna de pateo, donde su efecto se mantuvo durante 3 semanas posteriores a la intervención. Por el potencial beneficio que tienen los ejercicios de tipo excéntrico sobre la longitud muscular, se recomienda incluirlos en los programas de flexibilidad aplicados a futbolistas, lo cual, además, podría disminuir el riesgo de lesión y favorecer el rendimiento del deportista.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

1. Cheron C, Le Scanff C, Leboeuf-Yde C. Association between sports type and overuse injuries of extremities in adults: a systematic review. *Chiropr Man Ther.* 2017;25:1-10.
2. Cheron C, Le Scanff C, Leboeuf-Yde C. Association between sports type and overuse injuries of extremities in children and adolescents: a systematic review. *Chiropr Man Ther.* 2016;24:1-10.
3. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer). *Am J Sports Med.* 2011;39(6):1226-32.
4. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football - analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med.* 2004;38(1):36-41.
5. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med.* 2011;45(7):553-8.
6. Sherry MA, Best TM, Silder A, Thelen DG, Heiderscheit BC. Hamstring Strains: Basic Science and Clinical Research Applications for Preventing the Recurrent Injury. *Strength Cond J.* 2011;33(3):56-71.
7. van Beijsterveldt AMC, van de Port IGL, Vereijken AJ, Backx FJG. Risk Factors for Hamstring Injuries in Male Soccer Players: A Systematic Review of Prospective Studies. *Scand J Med Sci Sports.* 2013;23(3):253-62.
8. Clark RA. Hamstring injuries: Risk assessment and injury prevention. *Ann Acad Med Singapore.* 2008;37(4):341-6.
9. Mendez-Rebolledo G, Guzman-Munoz E, Gatica-Rojas V, Zbinden-Foncea H. Longer reaction time of the fibularis longus muscle and reduced postural control in basketball players with functional ankle instability: A pilot study. *Phys Ther Sport.* 2015;16(3):242-7.
10. Guzmán-Muñoz E, Mendez-Rebolledo G, Gatica-Rojas V. Retraso de la latencia de activación de los músculos de cadera y rodilla en individuos con acortamiento de la banda iliotibial. *Fisioterapia.* 2017;39(3):116-21.
11. Guzmán-Muñoz E, Concha-Cisternas Y. Retraso de la latencia de activación de los músculos vasto medial oblicuo y vasto lateral en individuos con síndrome de dolor patelofemoral. *MHSALUD.* 2016;13(2):1-11.
12. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players - A prospective study. *Am J Sports Med.* 2003;31(1):41-6.
13. Bennell K, Tully E, Harvey N. Does the toe-touch test predict hamstring injury in Australian Rules footballers?. *Aust J Physiother.* 1999;45(2):103-9.
14. Hamid MSA, Ali MRM, Yusof A. Interrater and Intrarater Reliability of the Active Knee Extension (AKE) Test among Healthy Adults. *J Phys Ther Sci.* 2013;25(8):957-61.
15. Nelson RT, Bandy WD. Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *J Athl Train.* 2004;39(3):254-8.
16. Delahunt E, McGroarty M, De Vito G, Ditroilo M. Nordic hamstring exercise training alters knee joint kinematics and hamstring activation patterns in young men. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(4):663-72.
17. Mahieu NN, McNair P, Cools A, D'Haen C, Vandermeulen K, Witvrouw E. Effect of eccentric training on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(1):117-23.
18. Ramírez-Campillo R, Meylan CM, Álvarez-Lepín C, Henríquez-Olguín C, Martínez C, Andrade DC, *et al.* The effects of interday rest on adaptation to 6 weeks of plyometric training in young soccer players. *J Strength Cond Res.* 2015;29(4):972-9.
19. Seagrave III RA, Perez L, McQueeney S, Toby EB, Key V, Nelson JD. Preventive effects of eccentric training on acute hamstring muscle injury in professional baseball. *Orthop J Sports Med.* 2014;2(6):2325967114535351.

20. Brughelli M, Mendiguchia J, Nosaka K, Idoate F, Los Arcos A, Cronin J. Effects of eccentric exercise on optimum length of the knee flexors and extensors during the preseason in professional soccer players. *Phys Ther Sport*. 2010;11(2):50-5.
21. Krist MR, van Beijsterveldt AMC, Backx FJG, de Wit GA. Preventive exercises reduced injury-related costs among adult male amateur soccer players: a cluster-randomised trial. *J Physiother*. 2013;59(1):15-23.
22. Petersen J, Thorborg K, Nielsen MB, Budtz-Jorgensen E, Holmich P. Preventive Effect of Eccentric Training on Acute Hamstring Injuries in Men's Soccer A Cluster-Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med*. 2011;39(11):2296-303.
23. Arnason A, Andersen TE, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18(1):40-8.
24. Guilhem G, Cornu C, Guével A. Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. *Ann Phys Rehabil Med*. 2010;53(5):319-41.
25. Howell JN, Chleboun G, Conatser R. Muscle stiffness, strength loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans. *J Physiol London*. 1993;464:183-96.
26. Brockett CL, Morgan DL, Proske U. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(5):783-90.
27. Gajdosik RL. Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2001;16(2):87-101.
28. Savellberg H, Meijer K. Contribution of mono- and biarticular muscles to extending knee joint moments in runners and cyclists. *J Appl Physiol (1985)*. 2003;94(6):2241-8.
29. van Doormaal MCM, van der Horst N, Backx FJG, Smits DW, Huisstede BMA. No Relationship Between Hamstring Flexibility and Hamstring Injuries in Male Amateur Soccer Players: A Prospective Study. *Am J Sports Med*. 2017;45(1):121-6.
30. McCall A, Davison M, Andersen TE, Beasley I, Bizzini M, Dupont G, et al. Injury prevention strategies at the FIFA 2014 World Cup: perceptions and practices of the physicians from the 32 participating national teams. *Br J Sports Med*. 2015;49(9):603-U66.
31. Hagglund M, Walden M, Ekstrand J. Risk Factors for Lower Extremity Muscle Injury in Professional Soccer The UEFA Injury Study. *Am J Sports Med*. 2013;41(2):327-35.
32. Guex K, Degache F, Morisod C, Saily M, Millet GP. Hamstring Architectural and Functional Adaptations Following Long vs. Short Muscle Length Eccentric Training. *Front Physiol*. 2016;7:9.
33. Ramírez-Campillo R, Meylan C, Alvarez C, Henríquez-Olguín C, Martínez C, Cañas-Jamett R, et al. Effects of in-season low-volume high-intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *J Strength Cond Res*. 2014;28(5):1335-42.