

Stretching Programme with Neuromuscular Proprioceptive Facilitation. Hamstring Flexibility in Football Players

Karol Bibiana García-Solano^{1*},
Julio Ernesto Pérez-Parra¹, Jhon Gilberto Román-Grajales²
and Sandra Patricia Palacios-Estrada¹

¹ Autonomous University of Manizales, Colombia,

² Faculty of Health Sciences, Technological University of Pereira,
Colombia

Programa de estiramientos con facilitación neuromuscular propioceptiva. Flexibilidad de isquiosurales en futbolistas

Karol Bibiana García-Solano^{1*},
Julio Ernesto Pérez-Parra¹, Jhon Gilberto Román-Grajales²
y Sandra Patricia Palacios-Estrada¹

¹ Universidad Autónoma de Manizales, Colombia,

² Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

Abstract

The objective of this study was to determine the long-term effect of a stretching program using the proprioceptive neuromuscular facilitation technique (PNF) on the hamstring flexibility of pre-juvenile football players. A quasi-experimental study was carried out with 20 young football players. Their lower limbs were randomized by assigning one to the control group and the other to the experimental group. The control group underwent a static-passive stretching programme, while the experimental group received a stretching program using the PNF contraction-release technique. Hamstring flexibility was assessed through the passive knee extension test. The difference between groups were assessed through homogeneity tests for independent samples (Student's t-test) and for related samples (Wilcoxon signed rank test). In both the control and experimental groups, the post-test measures of the popliteal angle improved very little compared to the pre-test. In none of the limb groups was the difference statistically significant ($p > .05$). The measure of popliteal angle change was 0.4° higher in the control group, although this small difference between groups was not statistically significant ($p = .829$). In conclusion, there were no changes in the popliteal angle between limbs where the static-passive stretching programme was applied compared to stretching with PNF. Neither program was shown to be effective in increasing hamstring flexibility in the long term.

Keywords: football, adolescent, hamstring muscles, muscle-stretching exercises, articular arthrometry

Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto a largo plazo de un programa de estiramiento con la técnica de facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP) sobre la flexibilidad de los isquiosurales en futbolistas de la categoría prejuvenil. Se realizó un estudio cuasiexperimental con 20 jóvenes futbolistas. Se aleatorizaron sus miembros inferiores asignando una extremidad al grupo control y otra al experimental. En cada grupo se realizaron 36 sesiones de estiramiento de isquiosurales. El grupo control llevó a cabo un programa de estiramiento estático-pasivo, mientras que el experimental realizó un programa de estiramiento con la técnica contracción-relajación de FNP. La valoración de la flexibilidad de isquiosurales se hizo a través del test de extensión pasiva del ángulo poplíteo. Se valoró la diferencia entre grupos a través de pruebas de homogeneidad para muestras independientes (t de Student) y para muestras relacionadas (prueba de rangos con signo de Wilcoxon). Tanto en el grupo control como en el experimental las medidas postest del ángulo poplíteo mejoraron muy poco respecto al pretest. En ninguno de los grupos de extremidades la diferencia fue estadísticamente significativa ($p > .05$). La medida de cambio del ángulo poplíteo fue 0.4° superior en el grupo control, esta pequeña diferencia entre grupos no fue estadísticamente significativa ($p = .829$). En conclusión, no se evidenciaron cambios en el ángulo poplíteo entre extremidades donde se aplicó el programa de estiramiento estático-pasivo y aquellas que recibieron estiramiento con FNP. Ninguno de los dos programas mostró ser efectivo en el aumento de la flexibilidad de isquiosurales a largo plazo.

Palabras clave: fútbol, adolescente, músculos isquiosurales, ejercicios de estiramiento muscular, artrometría articular

* Correspondence:
Karol Bibiana García-Solano (karolgarcia@autonoma.edu.co).

* Correspondencia:
Karol Bibiana García-Solano (karolgarcia@autonoma.edu.co).

Introduction

In football, many training or recovery processes are focused on improving hamstring flexibility. Their evaluation and maintenance are important in the field of physical-sport health, since a shortening of this muscle group has been related to an increase in the likelihood of suffering from muscular-skeletal alterations (Croisier, Forthomme, Namurois, Vanderthommen, & Crielaard, 2002).

Flexibility is the ability to move one or several joints throughout the entire range of motion required for a specific activity or action, and it is one of the basic components for physical-sport purposes (Cejudo, Sainz de Baranda, Ayala, & Santonja, 2014).

A deficiency in this conditional physical capacity can lead to muscle injuries when executing a sports move due to the joint's lower range of motion. The majority of times, this is detected in sports medicine check-ups or by using different evaluation methods. The popliteal angle test has been used the most. Authors like Ayala, Sainz de Baranda, Cejudo, and Santonja (2013) used it to estimate and monitor the flexibility of the hamstring musculature. The purpose of the test is to eliminate the limitations detected in the straight-leg elevation test (Luque-Suárez, Fuente-Hervías, Barón-López, & Labajos-Manzanares, 2010; Marella, Santos, & Bermúdez, 2013; Neves et al., 2012). It is based on measuring the existing angles through a knee extension with the hip flexed. The person must be lying down in supine position with the hip and knee at a 90° right angle and the ankle in a neutral position, with the centre of the goniometer flush with the knee's axis of motion (Ayala et al., 2013).

The lack of flexibility in the hamstring musculature affects the mobility of the pelvis and hip, which leads to a change in the biomechanics of the distribution of the loads borne by the backbone. Because of this, it creates limitations in the gait and makes on susceptible to muscular-skeletal injuries, in addition to increasing the risks of falling (Da Silva Dias & Gómez-Conesa, 2008).

It is generally accepted that increasing flexibility will improve sport performance. Athletes with a high degree of flexibility traditionally master the movements better (Decoster, Scanlon, Horn, & Cleland, 2004).

Introducción

En el fútbol muchos procesos de entrenamiento o recuperación se enfocan a mejorar la flexibilidad de los isquiosurales. Su valoración y mantenimiento son importantes en el ámbito de la salud fisicodeportiva ya que el acortamiento de este grupo muscular ha sido relacionado con un incremento de la probabilidad de sufrir alteraciones musculoesqueléticas (Croisier, Forthomme, Namurois, Vanderthommen y Crielaard, 2002).

La flexibilidad es la habilidad para mover una o varias articulaciones a través de todo el rango de movimiento requerido para una actividad o acción específica, siendo uno de los componentes básicos con fines fisicodeportivos (Cejudo, Sainz de Baranda, Ayala y Santonja, 2014).

La deficiencia de esta capacidad física condicional puede llevar a desencadenar lesiones musculares en la ejecución de un gesto deportivo por una disminución del rango de movimiento de la articulación. La mayoría de las veces se detecta en los reconocimientos médicos deportivos o utilizando diferentes métodos de evaluación. La prueba del ángulo poplíteo ha sido la más utilizada, autorías como Ayala, Sainz de Baranda, Cejudo y Santonja (2013) la usaron para estimar y monitorizar la flexibilidad de la musculatura isquiosural. La prueba tiene como finalidad eliminar las limitaciones que se han detectado en la prueba de elevación de la pierna recta (Luque-Suárez, Fuente-Hervías, Barón-López y Labajos-Manzanares, 2010; Marella, Santos y Bermúdez, 2013; Neves et al., 2012). Se basa en medir los ángulos existentes a través de la extensión de rodilla con cadera flexionada. La persona debe estar en decúbito supino con la cadera y la rodilla en un ángulo recto de 90° y el tobillo en una posición neutral, haciendo coincidir el centro del goniómetro con el eje de movimiento de la rodilla (Ayala et al., 2013).

La falta de flexibilidad en la musculatura isquiotibial afecta a la movilidad de la pelvis y cadera lo que conlleva un cambio en la biomecánica de distribución de las cargas que soporta la columna vertebral. Debido a esto se crean limitaciones en la marcha y se hace susceptible a lesiones musculoesqueléticas, además de aumentar los riesgos de caída (Da Silva Dias y Gómez-Conesa, 2008).

Se acepta en general que el aumento de la flexibilidad mejora el rendimiento deportivo. Atletas con un alto grado de flexibilidad, tradicionalmente, presentan un mejor dominio de los movimientos (Decoster, Scanlon, Horn y Cleland, 2004).

Many stretching techniques are described in the scholarly literature, with the static stretching technique being the one used in the most in the clinical and physical-sport fields due to its simplicity and safety (Ayala, Sainz de Baranda, De Ste Croix, & Santonja, 2012). It consists in taking the articulation through a maximum range of motion through an external force like the action of gravity or a person holding the limb (Solana-Tramunt, 2007).

On the other hand, the neuromuscular proprioceptive facilitation (NPF) method described by Voss, Ionta, and Myers (2001), fosters or accelerates the neuromuscular mechanism by stimulating the proprioceptors. It includes, among others, the hold-relax technique, which lengthens the muscles to their maximum; at this point the individual makes an isometric contraction of between 6 and 10 seconds, followed by a passive movement of the limb. Likewise, there are studies which examine the dynamic of isometrically contracting just 5 seconds followed by another 10 seconds of stretching with the muscle relaxed; these procedures are repeated twice and the entire manoeuvre lasts a total of 30 seconds, five series of 30 seconds, with a 30-second rest interval between them (Tavella-Navega, Paleari, & Morcelli, 2014).

Currently, no scholarly studies have been found that have unanimously determined the effects of a stretching training programme using the neuromuscular proprioceptive facilitation (NPF) technique compared to static-passive stretching programmes among young athletes. The most effective technique of the two for working on stretching in terms of frequency, number of repetitions and length of the stretch has not been determined, since each study uses different protocols with the goal of validating it particularly (Neves et al., 2012).

The elongation lowers muscle rigidity, generating immediate changes in the muscle's viscoelastic properties, which in turn leads to an increase in the joints' range of motion (Osorio, Rossi, Hidalgo, & Lizana, 2009). Thus, when working on the physical capacity of flexibility, an immediate but not long-term effect is attained, so the stretching techniques are used to maintain flexibility, but not to increase it in the long term. It is valid to highlight that flexibility is behind the range of breadth of one or more joints until a maximum point without the risk of injuring the anatomical structure, given

Las técnicas de estiramiento descritas en la literatura científica son numerosas, siendo la técnica de estiramiento estático la más utilizada en el ámbito clínico y físicodeportivo debido a su sencillez y seguridad (Ayala, Sainz de Baranda, De Ste Croix y Santonja, 2012). Esta consiste en llevar la articulación a un rango de movimiento máximo a través de una fuerza externa como la acción de la gravedad o de una persona que sujeta la extremidad (Solana-Tramunt, 2007).

Por otra parte, el método de facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP), descrito por Voss, Ionta y Myers (2001), favorece o acelera el mecanismo neuromuscular mediante la estimulación de los propioceptores; incluye, entre otras, la técnica de sostener-relajar, la cual implica el alargamiento de los músculos hasta un punto límite; en este punto el individuo realiza una contracción isométrica a partir de 6 segundos con un máximo de 10 segundos, seguido de un movimiento pasivo de la extremidad. Igualmente, hay estudios en los que se ha manejado la dinámica de contraer isométricamente solamente 5 segundos seguidos por otros 10 segundos de estiramiento teniendo el músculo relajado; estos procedimientos se repiten dos veces y la maniobra tiene una duración total de unos 30 segundos, cinco ciclos de 30 segundos, con un intervalo de 30 segundos de descanso entre ellos (Tavella-Navega, Paleari y Morcelli, 2014).

En la actualidad, no se han encontrado estudios científicos que hayan determinado de forma unánime los efectos de un programa de entrenamiento de la flexibilidad utilizando la técnica de la facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP) comparados con programas de estiramiento estático-pasivo en una población juvenil de deportistas. No se ha establecido cuál es la técnica más eficaz de ambas para realizar un trabajo de estiramientos en términos de frecuencia, número de repeticiones y duración del estiramiento, ya que cada estudio emplea diferentes protocolos con el objetivo de validarlo particularmente (Neves et al., 2012).

La elongación disminuye la rigidez muscular generando cambios inmediatos en las propiedades viscoelásticas del músculo, provocando un aumento en el rango de movimiento de las articulaciones (Osorio, Rossi, Hidalgo y Lizana, 2009). De tal manera que cuando se trabaja la capacidad física de la flexibilidad se logra un efecto inmediato y no a largo plazo por lo que las técnicas de estiramiento se utilizan para mantener la flexibilidad y no para aumentarla a largo plazo. Es válido destacar que la flexibilidad es la responsable del rango de amplitud de una o más articulaciones hasta un punto tope sin riesgo de lesionar la estructura anatómica, puesto que un

that a stretch focuses on increasing the length of the muscle-tendon unit by increasing the distance between the muscle's origin and insertion (Page, 2012). Long-term flexibility in the lower limbs "is important to be successful in the majority of sports. When a muscle is chronically shortened, it cannot develop its full potential when it is recruited to contract. Coupled with this, chronically shortened muscles limit the breadth of motion" (McAtee & Charland, 2010).

Studies examined have determined the immediate effect of different stretching techniques on hamstring flexibility (Davis-Hammonds, Laudner, McCaw, & McLoda, 2012; Garrido-Marín et al., 2013; Michaeli, Tee, & Stewart, 2017), and a gap was found in the evaluation of the long-term effect. The purpose of this study was to determine the long-term effect of an eight-week stretching programme using the NPF technique on hamstring flexibility on football players in the pre-juvenile category compared to the static-passive technique.

Methodology

Design

A quasi-experimental study was performed with young football players in the pre-juvenile category in the Risaraldense football league (Colombia).

Participants

The participants were youths who met the inclusion criteria and agreed to participate via informed consent, parental approval and the authorisation of the leaders of the Risaraldense Football League. The participants had to be males aged 14 to 16 who had been a member of the Risaralda team for at least one month and played football at least three times per week. Anyone who had suffered from lower-limb injuries within the past six months or who did not have hamstring retraction was excluded. The sample size was calculated with a confidence level of 95%, a statistical power of 80%, an 8° expected difference among groups of knee flexion and a reference standard deviation of 8.93°, following the results reported by Puentedura et al. (2011) for a minimum sample of 20 lower limbs in each group: control and experimental.

Twenty young football players from the male pre-juvenile team in the Department of Risaralda

estiramiento se centra en aumentar la longitud de una unidad musculotendinosa, aumentando la distancia entre un músculo de origen y la inserción (Page, 2012). La flexibilidad a largo plazo en los miembros inferiores "es importante para tener éxito en la mayoría de los deportes. Cuando un músculo está acortado en forma crónica, no puede desarrollar toda su potencia cuando es reclutado para contraerse. Sumado a esto, los músculos crónicamente acortados limitan la amplitud del movimiento" (McAtee y Charland, 2010).

Investigaciones consultadas han determinado el efecto inmediato de distintas técnicas de estiramiento sobre la flexibilidad de los isquiosurales (Davis-Hammonds, Laudner, McCaw y McLoda, 2012; Garrido-Marín et al., 2013; Michaeli, Tee y Stewart, 2017), encontrando un vacío en la evaluación del efecto a largo plazo. El propósito del presente estudio fue determinar el efecto a largo plazo de un programa de estiramientos a ocho semanas con la técnica de FNP sobre la flexibilidad de isquiosurales en futbolistas categoría prejuvenil, comparada con la técnica estático-pasiva.

Metodología

Diseño

Se realizó un estudio cuasiexperimental con jóvenes futbolistas de categoría prejuvenil de la liga Risaraldense de fútbol (Colombia).

Participantes

Se contó con la participación de jóvenes que cumplían los criterios de inclusión y aceptaron su vinculación mediante consentimiento informado, asentimiento de padres de familia y autorización de directivas de la Liga Risaraldense de Fútbol. Los participantes debían ser hombres de 14 a 16 años, con una vinculación mínima de un mes en la selección Risaralda y que jugaran a fútbol como mínimo tres veces por semana. Se excluyeron aquellos con lesiones de miembros inferiores sufridas en los últimos seis meses y los que no presentaban retracción de isquiosurales. El cálculo del tamaño de la muestra se realizó con un nivel de confianza del 95%, un poder estadístico del 80%, una diferencia esperada entre grupos de 8° de flexión de rodilla y una desviación estándar de referencia de 8.93° según lo reportado por Puentedura et al. (2011) para una muestra mínima de 20 miembros inferiores en cada grupo: control y experimental.

Se evaluaron 20 jóvenes futbolistas de la selección prejuvenil masculina del Departamento de Risaralda

Table 1
 Descriptive statistics for sociodemographic and athletic variables
 (n=20)

Variable	Minimum	Maximum	Mean	SD
Age (years)	14	16	15.15	0.67
Time on the football team (months)	1	48	27.50	15.82

(Colombia) were evaluated; they had with an average age of 15.2 years and had spent a mean of 27.5 months in the football schools (Table 1). Forty-five percent played as midfielders, 35% on defence, 15% as forwards, and 5% as goalkeepers.

This study conforms to the ethical norms issued by the Declaration of Helsinki and Resolution 8430 of the Ministry of Health of Colombia from 1993, and it was approved by the Bioethics Committee of the Autonomous University of Manizales.

Instruments

Hamstring flexibility was assessed through the passive knee extension test; a goniometer was designed for this purpose following the description by Ayala et al. (2013). The goniometer was built with two aluminium plates with a movable and a stationary arm with a horizontal width of 4 centimetres. A Maped brand 360° transporter was used to measure angles. Levellers were adapted to the stationary arm to make the measurements more precise. An acrylic support was made for the hip with a 180° transporter and a leveller. Furthermore, the antenna that represents the bisector was added, which goes through the greater trochanter and the femoral condyle, as anatomical references (Figure 1). The reliability of the goniometer was assessed by measuring the popliteal angle in 30 people who were not participating in the study, and then comparing the measurements between a conventional goniometer and the goniometer manufactured for this study. Thirty young football players from the Corporación Deportiva Once Caldas de Manizales (Colombia) participated in the study. The measurements were taken in the dominant lower limb by different evaluators for each type of goniometer. No significant differences were found in the results ($p < .001$): CCI = .911 (IC95% = .821-.956).

Tabla 1
 Descriptivos para variables sociodemográficas y deportivas
 (n=20)

Variable	Mínimo	Máximo	Media	DE
Edad (años)	14	16	15.15	0.67
Antigüedad en la selección de fútbol (meses)	1	48	27.50	15.82

(Colombia), con un promedio de edad de 15.2 años y una media de antigüedad en las escuelas de fútbol de 27.5 meses (tabla 1). El 45% jugaban como centrocampistas, el 35% como defensas, el 15% como delanteros y el 5% como guardameta.

Este estudio se adecúa a las normas éticas emanadas de la Declaración de Helsinki y de la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, y fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad Autónoma de Manizales.

Instrumentos

La valoración de la flexibilidad de isquiosurales se hizo a través del test de extensión pasiva del ángulo poplíteo; con este objetivo se diseñó un goniómetro tomando como referencia la descripción de Ayala et al. (2013). Se construyó el goniómetro con dos platinas de aluminio, con brazos móvil y fijo con una amplitud horizontal de 4 centímetros. Se utilizó un transportador marca Maped de 360° para medición de ángulos. Al brazo fijo se le adaptaron unos niveladores para dar mayor precisión a la medición. Se realizó un soporte para la cadera en acrílico con un transportador de 180° y un nivelador. Además, se incorporó la antena que representa la bisectriz que pasa por el trocánter mayor y el cóndilo femoral como referencias anatómicas (figura 1). Se valoró la confiabilidad del goniómetro mediante la medición del ángulo poplíteo a 30 personas no participantes en la investigación, comparando las mediciones entre un goniómetro convencional y el goniómetro fabricado para este estudio. Participaron treinta futbolistas juveniles de la Corporación Deportiva Once Caldas de Manizales (Colombia). Las mediciones se hicieron en el miembro inferior dominante por evaluadores diferentes para cada tipo de goniometría. No se encontraron diferencias significativas en los resultados ($p < .001$): CCI = .911 (IC95% = .821-.956).



Figure 1.
Passive knee extension test.
(Source: Authors).

Figura 1.
Test de extensión pasiva del ángulo poplíteo. (Fuente: registro propio).

Procedure

The participants' lower limbs were randomised via a random number generator without repetition; one limb was assigned to the control group and the other to the experimental group. Each group was made up of 20 dominant and 20 non-dominant legs. Each group participated in 36 hamstring stretching sessions, with five sessions per week. The lower limbs of the control group were administered a static-passive stretching programme, while those of the experimental group were administered a stretching programme with the PNF contracting-relax technique. The static-passive stretching was done for 30 seconds, and at the end of the stretch the leg remained relaxed for 30 seconds. The contralateral leg was administered the NPF technique with a time of 5 seconds of contraction and 10 seconds of passive stretching, followed by another 5 seconds of contraction and 10 seconds of passive stretching, for a total of 30 seconds. Two repetitions of each technique were done during the first 12 sessions, progressing to three in sessions 13 to 24 and four in sessions 25 to 36. No one dropped out of the study.

The popliteal angle was measured on each group of limbs before and after the intervention, that is, before the first session and after session 36 (pre-test and post-test). A simple blind technique was used, in this case with the evaluating group. The main evaluator was a sports physician, working with the assistance of a physiotherapist, who were trained previously by conducting 32 tests. The pelvis was immobilised to minimise the effect of the shift in position on the popliteal angle (Herrington, 2013; Sullivan, DeJulia, & Worrell, 1992).

The stretching was done after practising football, since previous studies show that when static stretching is done in the warm-up phase, this could lead to a decline in sports performance, although this is not true for dynamic stretching (Ayala-Rodríguez & Sainz de Baranda, 2010).

Procedimiento

Se aleatorizaron los miembros inferiores de los participantes mediante un generador de números aleatorios sin repetición, asignando una extremidad al grupo control y otra al experimental. Cada grupo quedó constituido por veinte piernas dominantes y veinte no dominantes. En cada grupo se realizaron 36 sesiones de estiramiento de isquiosurales, con cinco sesiones semanales. A los miembros inferiores del grupo control se les aplicó un programa de estiramiento estático-pasivo, mientras que a los del grupo experimental se les realizó un programa de estiramiento con la técnica contracción-relajación de FNP. El estiramiento estático pasivo se ejecutó durante 30 segundos, al finalizar el estiramiento la pierna permaneció relajada 30 segundos. A la pierna contralateral se realizó la técnica FNP con un tiempo de 5 segundos de contracción, 10 segundos de estiramiento pasivo, seguido de 5 segundos de contracción y 10 segundos de estiramiento pasivo, para un total de 30 segundos. Se realizaron dos repeticiones por cada técnica durante las primeras doce sesiones, progresando a tres entre las sesiones 13 y 24 y finalizando con cuatro entre las sesiones 25 y 36. Durante el estudio no se presentaron deserciones.

A cada grupo de extremidades se midió el ángulo poplíteo antes y después de la intervención, o sea, antes de la primera sesión y después de la sesión 36 (pretest y postest). Se contó con enmascaramiento simple, en este caso del equipo evaluador. El evaluador principal fue un médico deportivo con la asistencia de un fisioterapeuta, que fueron entrenados previamente mediante la realización de 32 test. Se fijó la pelvis para minimizar el efecto del cambio de su posición sobre el ángulo poplíteo (Herrington, 2013; Sullivan, DeJulia y Worrell, 1992).

Los estiramientos se realizaron después de practicar fútbol, ya que estudios previos muestran que los estiramientos estáticos al realizarlos en la fase de calentamiento pueden conllevar una disminución en el rendimiento deportivo, no siendo así en el caso de la técnica dinámica (Ayala-Rodríguez y Sainz de Baranda, 2010).

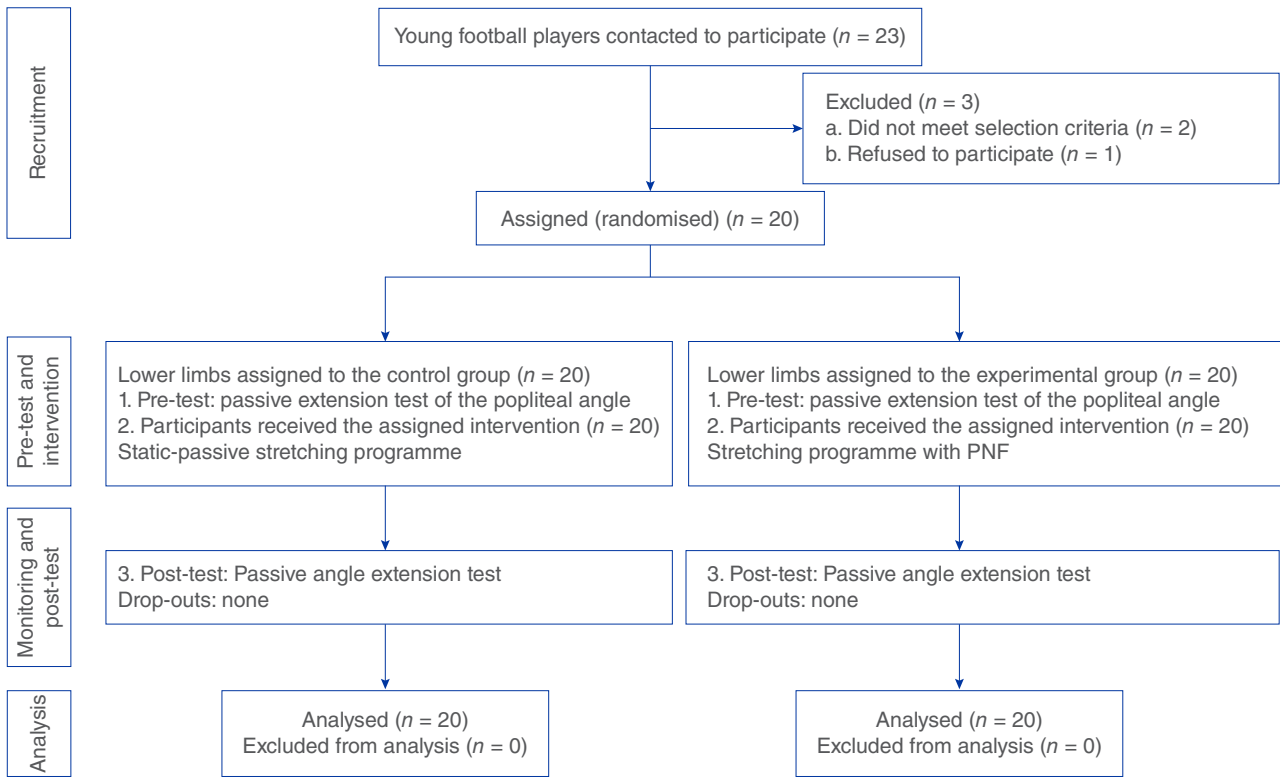


Figure 2. Flow chart of the study.

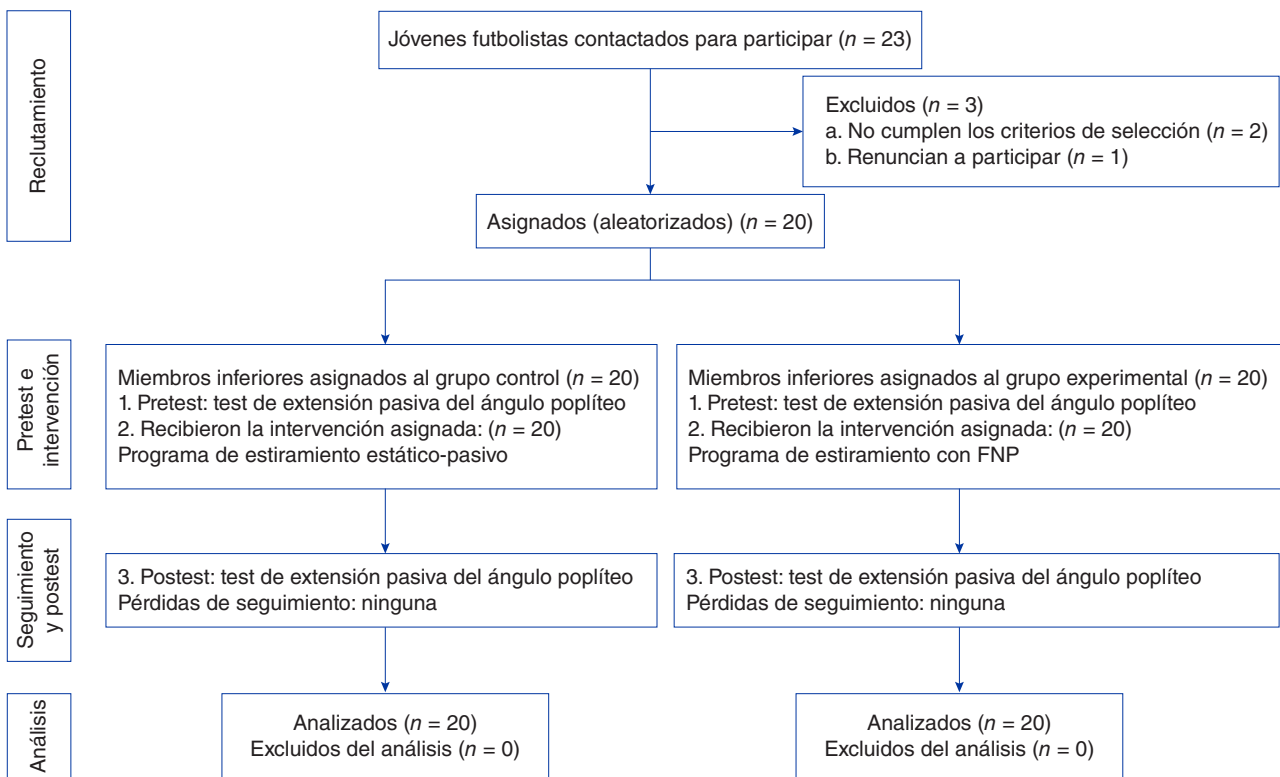


Figura 2. Flujoograma del estudio.

Statistical Analysis

The measurements of the popliteal angle were described, and Shapiro-Wilk normality tests were performed for the different tests, finding that the measurement in the pre-test and the measurement of change between the pre-test and the post-test for independent samples (control and experimental) showed normal distribution (Table 2). The difference between groups was assessed via bilateral homogeneity tests for independent samples (Student t-test) and for related samples (Wilcoxon signed rank test). Differences were accepted when the bilateral asymptotic significance was equal to or less than .05. The SPSS 23.0 (Statistical Package for the Social Science) statistical software was used for the information processing. No data was lost in the information processing.

Table 2
Normality tests

Variables	Shapiro-Wilk	df	Sig.
Popliteal angle (pre-test)	0.953	40	0.098
Popliteal angle (post-test)	0.913	40	0.005
Measure of change (pre-test vs. post-test)	0.989	40	0.963

Note. Sig.: bilateral asymptotic significance; df: degrees of freedom.

Results

Difference of Independent Samples for the Pre-tests. No significant differences were found in the pre-test of the popliteal angle between the control and experimental groups (Student t-test = $-.800$, $p = .428$), which shows the homogeneity of the limbs at the start of the study.

Difference of Related Samples (difference between pre-test and post-test). As shown in Table 3, in both the control and experimental groups, the post-test measurements of the popliteal angle improved very little compared to the pre-test. In none of the groups of limbs was the difference statistically significant ($p > .05$).

Difference of Independent Samples for the Measurements of Changes Pre-test and Post-test. The measure of popliteal angle change in the pre-test and post-test was 0.4° higher in the control group. As shown in Table 3, this small difference between groups is not statistically significant ($p < .05$).

Análisis estadístico

Se realizó la descripción de las mediciones del ángulo poplíteo y se realizaron pruebas de normalidad Shapiro-Wilk para los distintos test, encontrando que la medida en el pretest y la medida de cambio entre el pretest y postest para muestras independientes (control y experimental) se distribuye normalmente (tabla 2). Se valoró la diferencia entre grupos a través de pruebas de homogeneidad bilateral para muestras independientes (t de Student) y para muestras relacionadas (prueba de rangos con signo de Wilcoxon). Se aceptaron diferencias cuando la significación asintótica bilateral fue igual o menor a .05. Para el procesamiento de la información se utilizó el programa estadístico SPSS 23.0 (Statistical Package for the Social Science). No se presentaron datos perdidos en el procesamiento de información.

Tabla 2
Pruebas de normalidad

Variables	Shapiro-Wilk	gl	Sig.
Ángulo poplíteo (pretest)	0.953	40	0.098
Ángulo poplíteo (postest)	0.913	40	0.005
Medida de cambio (pretest vs. postest)	0.989	40	0.963

Nota. Sig.: significación asintótica bilateral; gl: grados de libertad.

Resultados

Diferencia de muestras independientes para los pre-test. No se encontraron diferencias significativas entre las medidas pretest del ángulo poplíteo entre grupos control y experimental (t de Student = $-.800$, $p = .428$), lo que demuestra la homogeneidad de las extremidades al inicio del estudio.

Diferencia de muestras relacionadas (diferencia entre pretest y postest). Como se aprecia en la tabla 3, tanto en el grupo control como en el experimental, las medidas postest del ángulo poplíteo mejoraron muy poco respecto al pretest. En ninguno de los grupos de extremidades la diferencia fue estadísticamente significativa ($p > .05$).

Diferencia de muestras independientes para las medidas de cambio pretest y postest. La medida de cambio del ángulo poplíteo pretest y postest fue 0.4° superior en el grupo control. Como se observa en la tabla 3 esta pequeña diferencia entre grupos no es estadísticamente significativa ($p < .05$).

Table 3

Comparison of the popliteal angle before and after the intervention: for related samples (intragroup differences) and for the measure of change for independent samples (intergroup difference)

Limb Extremidad (n=20)	Pre-test Pretest	Post-test Posttest	Intragroup differences Diferencias intragrupal			Intergroup differences Diferencia intergrup		
	Mean (SD) Media (DE)	Mean (SD) Media (DE)	Mean (SD) Media (DE)	Z	Sig.	Mean Media	t	Sig.
Control	50.1° (6.01)	51.1° (6.99)	1.0° (5.46)	-1.29	.197	0.4°	0.217	0.829
Experimental	51.6° (5.84)	52.2° (4.55)	0.6° (6.18)	-1.20	.844			

Note. SD: standard deviation; Z: Wilcoxon signed rank test (related samples); t: Student t-test (independent samples); Sig.: bilateral asymptotic significance.

Tabla 3

Comparación del ángulo poplíteo antes y después de la intervención: para muestras relacionadas (diferencias intragrupal) y para la medida de cambio para muestras independientes (diferencia intergrupos)

Note. DE: desviación estándar; Z: prueba de rangos con signo de Wilcoxon (muestras relacionadas); t: prueba t de Student (muestras independientes); Sig.: significación asintótica bilateral.

These results enable us to infer that there are no significant differences in the long-term improvement of the popliteal angle between limbs where a static-passive stretching programme was administered and those that received stretching with NPF. Indeed, in neither of the two programmes was there evidence of an improvement in the hamstring flexibility measured with the passive extension test of the popliteal angle.

Discussion

These findings lead us to conclude that neither the stretching programme with the NPF contraction-relaxation nor the static-passive technique led to long-term improvements in hamstring flexibility in the football players in the pre-juvenile category given that the post-test measurements of the popliteal angle did not improve compared to the pre-test in either the control or the experimental group after eight weeks of administering the stretching protocols, which determined the long-term effect.

Calle-Fuentes, Muñoz-Cruzado, Catalán-Matamoros, and Fuentes-Hervías (2016) claim that stretching techniques manage to increase joints' range of motion, but they argue, citing Cometti (2003), that this increase does not take place because of a structural change in the muscle but instead because of the gradual increase in the tolerance of the pain caused by stretching, both central and peripheral (Calle-Fuentes et al., 2006). In this study, none of the techniques led to a long-term increase in the range of motion of the knee extension; the reason may be that in neither group was the stretch pushed to the point of pain. Cometti

Los resultados anteriores permiten inferir que no existen diferencias importantes en la mejoría a largo plazo del ángulo poplíteo entre extremidades donde se aplicó un programa de estiramiento estático-pasivo y aquellas que recibieron estiramiento con FNP. Efectivamente, en ninguno de los dos programas se evidenció mejoría en la flexibilidad de isquiosurales medida con la prueba de extensión pasiva del ángulo poplíteo.

Discusión

Estos hallazgos conllevan a la conclusión que ni el programa de estiramiento con la técnica de FNP contracción-relajación ni la técnica estático-pasiva mejoran a largo plazo la flexibilidad de los isquiosurales en los futbolistas de categoría prejuvenil, puesto que las medidas postest del ángulo poplíteo no mejoraron respecto al pretest, ni en el grupo control ni en el experimental, después de ocho semanas de aplicación de los protocolos de estiramiento, que determinaba el efecto a largo plazo.

Calle-Fuentes, Muñoz-Cruzado, Catalán-Matamoros y Fuentes-Hervías (2016) sostienen que las técnicas de estiramiento consiguen aumentar el rango de movilidad articular, pero argumentan, citando a Cometti (2003), que dicho aumento no se produce por un cambio estructural del músculo sino por una progresiva elevación de la tolerancia al dolor producido por el estiramiento, tanto a nivel central como periférico (Calle-Fuentes et al., 2006). En este estudio, ninguna de las dos técnicas produjo a largo plazo aumento de la amplitud de movimiento de la extensión de rodilla; el motivo podría ser que en ninguno de los dos grupos se trabajó forzando el estiramiento al límite de dolor. Cometti (2014), citado por Calle-Fuentes et al. (2006), muestra que el estiramiento en una sesión aislada disminuye la rigidez

(2014), cited by Calle-Fuentes et al. (2006), shows that stretching in an isolated session lowers the muscle rigidity or muscle resistance at rest, but this effect disappears one hour after the session; he adds that in long-term interventions, there was no evidence of significant changes in the rigidity or viscoelastic changes in the muscle. This author holds that this behaviour is most likely due to the muscle mechanism which provides structural integrity after the micro-ruptures of some filaments that limit the elongation of the muscle in the long term.

Similar to these results, Wiemann (2000), cited by Calle-Fuentes et al. (2006), did not find changes in the muscle length in people who were administered a stretching programme for several weeks, as measured via strength-muscle length curves. The author states that in athletes who require a great deal of joint flexibility, like gymnasts, there is a natural preselection of individuals with suitable anatomical-functional characteristics, who then manage to achieve greater flexibility after intense specific training (Calle-Fuentes et al., 2006).

In terms of the use of NPF techniques to increase joint flexibility, it has been argued that muscle relaxation takes place by the mechanisms of neuromuscular inhibition caused by the stimulation of the Golgi tendon organ via Ib fibres, which takes place by the sustained stretching of the muscle (Guyton & Hall, 2016). According to the argument put forth by Guissart et al. (1988), the decrease in the excitability of the motor neuron is brief, and it quickly goes back to baseline values (Calle-Fuentes et al., 2006). This could explain why in this study, no long-term effects on hamstring flexibility were achieved after 36 sessions of stretching using the NPF technique.

Likewise, Tavella-Navega et al. evaluated and compared the long-term effects of two stretching techniques, NPF and static-passive, on the hamstring muscles of 45 young women. Both the static stretching group and the facilitation group engaged in three stretching sessions per week over the course of four weeks. They evaluated the flexibility at the start and end of the programme with the popliteal angle test. Counter to the results in this study, they found a significant increase in hamstring flexibility when analysing the evaluations and re-evaluations of both stretching protocols, but they found no significant differences to indicate which of the

muscular o resistencia muscular de reposo, pero dicho efecto desaparece pasada una hora de terminada la sesión; añade que en intervenciones a largo plazo, no se evidenciaron cambios significativos en la rigidez o cambios viscoelásticos del músculo. Dicha autoría sostiene que dicho comportamiento se debe probablemente a los mecanismos musculares que proveen la integridad estructural tras las microrupturas de algunos filamentos que limitan a largo plazo la elongación del músculo.

Similar a estos resultados, Wiemann (2000), citado por Calle-Fuentes et al. (2006), no encontró variaciones en la longitud muscular en personas a las que se les realizó durante varias semanas programas de estiramientos, tanto estáticos como dinámicos, medidas a través de curvas de fuerza-longitud muscular. El autor afirma que en deportistas que requieren gran flexibilidad articular, como los gimnastas, existe una preselección natural de personas con características anatomofuncionales aptas, que sumadas a entrenamientos intensos específicos alcanzan mayor flexibilidad (Calle-Fuentes et al., 2006).

En cuanto al uso de las técnicas de FNP para aumentar la flexibilidad articular, se ha argumentado que la relajación muscular se produce por el mecanismo de inhibición neuromuscular producida por la estimulación del órgano tendinoso de Golgi a través de las fibras Ib, la cual se produce por el estiramiento mantenido del músculo (Guyton y Hall, 2016). De acuerdo con el argumento de Calle-Fuentes et al. (2006), basado en trabajos de autorías como Guissart et al. (1988), la disminución de la excitabilidad de la motoneurona es muy breve, logrando un efecto máximo a los 5 o 10 segundos del estiramiento, volviendo a valores basales muy rápidamente (Calle-Fuentes et al., 2006). Esto podría explicar que en este trabajo no se lograran efectos a largo plazo en la flexibilidad de isquiosurales tras 36 sesiones de estiramiento con la técnica de FNP.

También Tavella-Navega y colaboradores evaluaron y compararon los efectos a largo plazo de dos técnicas de estiramiento, la FNP y la estática-pasiva, en los músculos isquiosurales de 45 mujeres jóvenes. Tanto el grupo de estiramiento estático como el grupo de facilitación realizaron tres sesiones de estiramiento semanales durante un período de cuatro semanas. Evaluaron la flexibilidad al inicio y al final del programa con la prueba de ángulo poplíteo. Contrariamente a los resultados obtenidos en este trabajo, evidenciaron un aumento significativo en la flexibilidad de los isquiosurales al analizar las evaluaciones y reevaluaciones de ambos protocolos de estiramiento, pero tampoco hallaron diferencias significativas

two stretching techniques, NPF or passive-static, was the best to increase flexibility (Tavella-Navega et al., 2014).

Likewise, testing for a long-term effect, Gama, Medeiros, Dantas, and Souza (2007) analysed the optimal frequency to increase the flexibility of the hamstring muscles, but this time they used the active knee extension breadth test. Thirty-six women were chosen and randomly divided into four groups. Three groups were administered stretching with NPF at different frequencies: one, three and six manoeuvres per session, while the fourth group was the control group. The three stretching groups received the intervention five days a week for two consecutive weeks. The data indicated that there was a statistically significant increase in the arc of joint mobility when NPF stretching was administered compared to the control group, but not among the experimental groups. They concluded that there is no difference in using 1, 3 or 6 stretching manoeuvres with the NPF sustain-release technique in the hamstrings in terms of long-term gains in flexibility (Gama et al., 2007).

Sánchez-Rivas, Mayorga-Vega, Fernández-Rodríguez, and Merino-Marbán (2014) analysed the long-term effects of a stretching programme on the hamstring muscles conducted during physical education classes. The sample was comprised of 44 schoolchildren randomly divided into the experimental group (EG) and the control group (CG). The EG received hamstring stretching lasting three minutes, applying the static-passive method in the physical education class for nine weeks. The CG had their usual physical education classes. Before and after the programme was administered, hamstring flexibility was evaluated using the Wells (sit and reach) test. The results showed that the intervention programme had a statistically significant positive effect (Sánchez et al., 2014). However, unlike this study, the CG did not receive any stretching programme. Furthermore, the Wells test was used, which, unlike the popliteal angle test, evaluates not only hamstring flexibility but also the musculature of the entire rear hip: the paravertebrae, gluteus maximum and triceps surae.

In view of the results of this study and the others by the above-cited authors, the conclusion could be reached that hamstring flexibility cannot be increased in the long term, as assessed via the breadth of the range of joint motion. The premises and procedures

para indicar cuál fue la mejor de las dos técnicas de estiramiento aplicadas, FNP y estático-pasiva, en el aumento de la flexibilidad (Tavella-Navega et al., 2014).

Asimismo, probando el efecto a largo plazo, Gama, Medeiros, Dantas y Souza (2007) analizaron la frecuencia óptima para aumentar la flexibilidad de los músculos isquiosurales, pero en esta ocasión se utilizó el test de la amplitud activa de extensión de la rodilla. Seleccionaron 36 mujeres distribuidas aleatoriamente en cuatro grupos. A tres grupos se les aplicó estiramiento con FNP a distintas frecuencias: una, tres y seis maniobras por sesión; el cuarto grupo era el grupo control. Los tres grupos de estiramiento recibieron la intervención cinco días a la semana durante dos semanas consecutivas. Los datos indicaron que hubo una ganancia del arco de movilidad articular, estadísticamente significativa, aplicando estiramientos con FNP en relación con el grupo control, pero no entre los grupos experimentales. Concluyeron que no hay diferencia en relación con la ganancia de flexibilidad a largo plazo cuando se utilizan 1, 3 o 6 maniobras de estiramiento con la técnica sostener-relajar de FNP en los isquiosurales (Gama et al., 2007).

Sánchez-Rivas, Mayorga-Vega, Fernández-Rodríguez y Merino-Marbán (2014) analizaron los efectos a largo plazo de un programa de estiramiento sobre la musculatura isquiosural realizado durante las clases de educación física. La muestra estuvo formada por 44 escolares divididos aleatoriamente en grupo experimental (GE) y grupo control (GC). El GE recibió estiramientos de isquiosurales con una duración de tres minutos, aplicando el método estático-pasivo en la clase de educación física durante nueve semanas. El GC desarrolló con normalidad las clases de educación física. Antes y después de la aplicación del programa se valoró la flexibilidad de la musculatura isquiosural mediante el test de Wells (*sit and reach*). Los resultados mostraron que el programa de intervención tuvo un efecto positivo estadísticamente significativo (Sánchez et al., 2014). Sin embargo, a diferencia del presente trabajo, el GC no recibió ningún programa de estiramiento. Además, se utilizó el test de Wells, el cual, a diferencia del test del ángulo poplíteo, no solo valora la flexibilidad de isquiosurales sino también de la musculatura de toda la cadena posterior: paravertebrales, glúteo máximo y tríceps sural.

Se podría llegar a la conclusión, ante los resultados de esta investigación y los de otras autorías citadas, que no se puede aumentar la flexibilidad de isquiosurales a largo plazo, valorada mediante la amplitud de los rangos de movilidad articular. Deben revisarse, teórica y

which claim that muscle stretching can increase muscle flexibility in the long term should be revised both theoretically and empirically, using both basic and applied research, and flexibility should conceptually and methodologically be considered beyond the excursion of maximum movement.

Acknowledgements

The authors would like to express their gratitude to the managers of the Risaraldense Football League, the players in the pre-juvenile category, the sports physician who contributed to the evaluations and the team of collaborating physiotherapists.

Conflict of Interests

No conflict of interest was reported by the authors.

empíricamente, las premisas y procedimientos que sustentan la realización de estiramientos musculares para mejorar la flexibilidad muscular a largo plazo, tanto desde la investigación básica como aplicada, y considerar conceptual y metodológicamente la flexibilidad más allá de la excursión de movimiento máximo.

Agradecimientos

Las autorías expresan su agradecimiento a las directivas de la Liga Risaraldense de Fútbol, a los jugadores de la categoría prejuvenil, al médico deportivo que contribuyó con las evaluaciones y al equipo de fisioterapeutas colaboradores.

Conflicto de intereses

Las autorías comunican no tener ningún conflicto de intereses.

References

- Ayala, F., Sainz de Baranda, P., Cejudo, A., & Santonja, F. (2013). Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: descripción de los procedimientos exploratorios y valores de referencia. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6, 120-128. doi:10.1016/S1888-7546(13)70046-7
- Ayala, F., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M., & Santonja, F. (2012). Efecto agudo de estiramiento activo sobre la fuerza y potencia de la flexión y extensión de rodilla. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(4), 127-133. doi:10.1016/S1888-7546(12)70020-5
- Ayala-Rodríguez, F., & Sainz de Baranda, P. (2010). Efecto agudo del estiramiento sobre el sprint en jugadores de fútbol de división de honor juvenil. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 6(6), 1-12. doi:10.5232/ricyde2010.01801
- Calle-Fuentes, P., Muñoz-Cruzado, M., Catalán-Matamoros, D., & Fuentes-Hervías, M. T. (2006). Los efectos de los estiramientos musculares: ¿qué sabemos realmente? *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesología*, 9(1), 36-44. doi:10.1016/S1138-6045(06)73113-6
- Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., & Santonja, F. (2014). Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores senior de balonmano. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 14(2), 111-120. doi:10.4321/S1578-84232014000200012
- Croisier, J., Forthomme, B., Namurois, M., Vanderthommen, M., & Crielaard, J. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *The American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 199-203. doi:10.1177/03635465020300020901
- Da Silva Dias, R., & Gómez-Conesa, A. (2008). Síndrome de los isquiosurales acortados. *Fisioterapia*, 30(4), 186-193. doi:10.1016/j.ft.2008.07.004
- Davis-Hammonds, A., Laudner, K., McCaw, S., & McLoda, T. (2012). Acute lower extremity running kinematics after a hamstring stretch. *Journal of Athletic Training*, 47(1), 5-14. doi:10.4085/1062-6050-47.1.5

Referencias

- Decoster, L., Scanlon, R., Horn, K., & Cleland, J. (2004). Standing and supine hamstring stretching are equally effective. *Journal of Athletic Training*, 39(4), 330-334.
- Gama, Z., Medeiros, C., Dantas, A., & Souza, T. (2007). Influence of the stretching frequency using proprioceptive neuromuscular facilitation in the flexibility of the hamstring muscles. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 13(1), 33-38. doi:10.1590/S1517-86922007000100008
- Garrido-Marín, A., Román-Guzón, D., Encinas-López, P., Fernández-Serrano, M., Serrano-Imedio, A., & Ortega-Santiago, R. (2013). Efectividad de la reeducación postural global frente a la facilitación neuromuscular propioceptiva, para aumentar la extensibilidad de los isquiosurales en sujetos sanos. Estudio piloto. *Cuestiones de Fisioterapia*, 42(2), 98-106.
- Guyton, A., & Hall, J. E. (2016). *Tratado de Fisiología Médica* (13.ª ed.). Barcelona: Elsevier España.
- Herrington, L. (2013). The effect of pelvic position on popliteal angle achieved during 90:90 hamstring-length test. *Journal of Sport Rehabilitation*, 22, 254-256. doi:10.1123/jsr.22.4.254
- Luque-Suárez, A., Fuente-Hervías, M. T., Barón-López, F. J., & Labajos-Manzanares, M. T. (2010). Relación entre el test de elevación de pierna recta y el test ángulo poplíteo en la medición de la extensibilidad isquiosural. *Fisioterapia*, 32(6), 256-263. doi:10.1016/j.ft.2010.07.004
- Marella, M. O., Santos, D., & Bermúdez, G. (2013). Flexibilidad de isquiosurales en futbolistas: un estudio realizado en divisiones formativas del fútbol uruguayo. *Revista Universitaria de la Educación Física y el Deporte*, 6(6), 55-61. doi:10.28997/ruefd.v0i6.57
- McAtee, R. E., & Charland, F. (2010). Estiramientos facilitados. Estiramientos y fortalecimiento con facilitación neuromuscular propioceptiva. *Fisioterapia*, 32(5), 244. doi:10.1016/j.ft.2010.05.003
- Michaeli, A., Tee, J., & Stewart, A. (2017). Dynamic oscillatory stretching efficacy on hamstring extensibility and stretch tolerance: a randomized controlled trial. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12(3), 305-313.

- Neves, L. M. S., Marcolino, A. M., Prado, R. P., Pinfildi, C. E., Barbosa, R. I., & Furumoto, M. A. (2012). Flexibilidad de dos músculos isquiotibiales em dois diferentes programas de alongamento estático. *Journal of the Health Sciences Institute*, 30(1), 79-83.
- Osorio, F. C., Rossi, S. R., Hidalgo, N. R., & Lizana, R. M. (2009). Relación entre flexibilidad y fuerza muscular en jóvenes futbolistas. *Kinesiología*, 28(1), 13-19.
- Page, P. (2012). Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(1), 109-119.
- Puentedura, E., Huijbregts, P., Celeste, S., Edwards, D., In, A., Landers, M., & Fernández de las Peñas, C. (2011). Immediate effects of quantified hamstring stretching: hold-relax proprioceptive neuromuscular facilitation versus static stretching. *Physical Therapy in Sport*, 12(3), 122-126. doi:10.1016/j.ptsp.2011.02.006
- Sánchez-Rivas, E., Mayorga-Vega, D., Fernández-Rodríguez, E., & Merino-Marbán, R. (2014). Efecto de un programa de estiramien-
to de la musculature isquiosural en las clases de educación física en Educación Primaria. *Journal of Sport and Health Research*, 6(2), 159-168.
- Solana-Tramunt, M. (2007). Los estiramientos: apuntes metodológicos para su aplicación. *Aloma: Revista de Psicología de l'Educació i de l'Esport Blanquerna*, 21, 203-221.
- Sullivan, M. K., DeJulia, J. J., & Worrell, T. W. (1992). Effect of pelvic position and stretching method on hamstring muscle flexibility. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, 24(12), 1383e1389. doi:10.1249/00005768-199212000-00012
- Tavella-Navega, M., Paleari, B., & Morcelli, M. (2014). Assessment and comparison of the effects of two techniques on hamstring flexibility. *Fisioterapia em Movimento*, 27(4), 583-589. doi:10.1590/0103-5150.027.004.AO10
- Voss, D., Ionta, M., & Myers, B. (2001). *Facilitación neuromuscular propioceptiva. Patrones y técnicas*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Article Citation | Citación del artículo

García-Solano, K. B., Pérez-Parra, J. E., Román-Grajales, J. G., & Palacios-Estrada, S. P. (2019). Stretching Programme with Neuromuscular Proprioceptive Facilitation. Hamstring Flexibility in Football Players. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 137, 17-29. doi:10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/3).137.02