

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 d'estiraments amb facilitació neuromuscular propioceptiva. Flexibilitat d'isquiosurals en futbolistes

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

¹ Universitat Autònoma de Manizales, Colòmbia,

² Facultat de Ciències de la Salut, Universitat Tecnològica de Pereira,
Colòmbia

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

Resum

L'objectiu del present estudi va ser determinar l'efecte a llarg termini d'un programa d'estirament amb la tècnica de facilitació neuromuscular propioceptiva (FNP) sobre la flexibilitat dels isquiosurals en futbolistes de la categoria prejuvenil. Es va realitzar un estudi quasiexperimental amb 20 joves futbolistes. Es van aleatoritzar els seus membres inferiors assignant una extremitat al grup control i una altra a l'experimental. En cada grup es van realitzar 36 sessions d'estirament d'isquiosurals. El grup control va dur a terme un programa d'estirament estàtic-passiu, mentre que l'experimental va realitzar un programa d'estirament amb la tècnica contracció-relaxació de FNP. La valoració de la flexibilitat d'isquiosurals es va fer a través del test d'extensió passiva de l'angle popliti. Es va valorar la diferència entre grups a través de proves d'homogeneïtat per a mostres independents (t de Student) i per a mostres relacionades (prova de rangs amb signe de Wilcoxon). Tant en el grup control com en l'experimental les mesures posttest de l'angle popliti van millorar molt poc respecte al pretest. En cap dels grups d'extremitats la diferència va ser estadísticament significativa ($p > .05$). La mesura de canvi de l'angle popliti va ser 0.4° superior en el grup control, aquesta petita diferència entre grups no va ser estadísticament significativa ($p = .829$). En conclusió, no es va evidenciar canvis en l'angle popliti entre extremitats on es va aplicar el programa d'estirament estàtic-passiu i aquelles que van rebre estirament amb FNP. Cap dels dos programes va mostrar ser efectiu en l'augment de la flexibilitat d'isquiosurals a llarg termini.

Paraules clau: futbol, adolescent, músculs isquiosurals, exercicis d'estirament muscular, artrometria articular

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

* Correspondència:
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, Vandertommen, & 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 one 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).

Introducció

En el futbol molts processos d'entrenament o recuperació s'enfoquen a millorar la flexibilitat dels isquiosurals. La seva valoració i manteniment són importants en l'àmbit de la salut fisicoesportiva, ja que l'escurçament d'aquest grup muscular ha estat relacionat amb un increment de la probabilitat de sofrir alteracions musculoesquelètiques (Croisier, Forthomme, Namurois, Vandertommen i Crielaard, 2002).

La flexibilitat és l'habilitat de moure una o diverses articulacions a través de tot el rang de moviment requerit per a una activitat o acció específica, sent un dels components bàsics amb finalitats fisicoesportives (Cejudo, Sainz de Baranda, Ayala i Santonja, 2014).

La deficiència d'aquesta capacitat física condicional pot portar a desencadenar lesions musculars en l'execució d'un gest esportiu per una disminució del rang de moviment de l'articulació. La majoria de les vegades es detecta en els reconeixements mèdics esportius o utilitzant diferents mètodes d'avaluació. La prova de l'angle popliti ha estat la més utilitzada, autories com Ayala, Sainz de Baranda, Cejudo i Santonja (2013) la van usar per a estimar i monitorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural. La prova té com a finalitat eliminar les limitacions que s'han detectat en la prova d'elevació de la cama recta (Luque-Suárez, Fuente-Hervías, Barón-López i Labajos-Manzanares, 2010; Marella, Santos i Bermúdez, 2013; Neves et al., 2012). Es basa en mesurar els angles existents a través de l'extensió de genoll amb maluc flexionat. La persona ha d'estar en decúbit supí amb el maluc i el genoll en un angle recte de 90° i el turmell en una posició neutral, fent coincidir el centre del goniòmetre amb l'eix de moviment del genoll (Ayala et al., 2013).

La falta de flexibilitat en la musculatura isquiotibial afecta la mobilitat de la pelvis i maluc, el que comporta un canvi en la biomecànica de distribució de les càrregues que suporta la columna vertebral. A causa d'això es creen limitacions en la marxa i es fa susceptible a lesions musculoesquelètiques, a més d'augmentar els riscos de caiguda (Da Silva Dias i Gómez-Conesa, 2008).

S'accepta en general que l'augment de la flexibilitat millora el rendiment esportiu. Atletes amb un alt grau de flexibilitat, tradicionalment, presenten un millor domini dels moviments (Decoster, Scanlon, Horn i 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

Les tècniques d'estirament descrites en la literatura científica són nombroses, sent la tècnica d'estirament estàtic la més utilitzada en l'àmbit clínic i físic esportiu a causa de la seva senzillesa i seguretat (Ayala, Sainz de Baranda, De Ste Croix i Santonja, 2012). Aquesta consisteix a portar l'articulació a un rang de moviment màxim a través d'una força externa com l'acció de la gravetat o d'una persona que subjecta l'extremitat (Solana-Tramunt, 2007).

D'altra banda, el mètode de facilitació neuromuscular propioceptiva (FNP), descrit per Voss, Ionta i Myers (2001), afavoreix o accelera el mecanisme neuromuscular mitjançant l'estimulació dels propioceptors; inclou, entre altres, la tècnica de sostenir-relaxar, la qual implica l'allargament dels músculs fins a un punt límit; en aquest punt l'individu realitza una contracció isomètrica a partir de 6 segons amb un màxim de 10 segons, seguit d'un moviment passiu de l'extremitat. Igualment, hi ha estudis en els quals s'ha emprat la dinàmica de contreure isomètricament solament 5 segons seguits per altres 10 segons d'estirament tenint el múscul relaxat; aquests procediments es repeteixen dues vegades i la maniobra té una durada total d'uns 30 segons, cinc cicles de 30 segons, amb un interval de 30 segons de descans entre ells (Tavella-Navega, Paleari i Morcelli, 2014).

En l'actualitat, no s'han trobat estudis científics que hagin determinat de forma unànime els efectes d'un programa d'entrenament de la flexibilitat utilitzant la tècnica de la facilitació neuromuscular propioceptiva (FNP) comparats amb programes d'estirament estàtic-passiu en una població juvenil d'esportistes. No s'ha establert quina és la tècnica més eficaç de les dues per a fer un treball d'estiraments en termes de freqüència, nombre de repeticions i durada de l'estirament, ja que cada estudi emprà diferents protocols amb l'objectiu de validar-lo particularment (Neves et al., 2012).

L'elongació disminueix la rigidesa muscular generant canvis immediats en les propietats viscoelàstiques del múscul, provocant un augment en el rang de moviment de les articulacions (Osorio, Rossi, Hidalgo i Lizana, 2009). De tal manera que quan es treballa la capacitat física de la flexibilitat s'aconsegueix un efecte immediat i no a llarg termini, pel que les tècniques d'estirament s'utilitzen per a mantenir la flexibilitat i no per a augmentar-la a llarg termini. És vàlid destacar que la flexibilitat és la responsable del rang d'amplitud d'una o més articulacions fins a un punt màxim sense risc de lesionar l'estructura anatòmica, ja 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

estirament se centra en augmentar la longitud d'una unitat musculotendinosa, augmentant la distància entre un múscul d'origen i la inserció (Page, 2012). La flexibilitat a llarg termini en els membres inferiors "és important per a tenir èxit en la majoria dels esports. Quan un múscul està escurçat en forma crònica, no pot desenvolupar tota la seva potència quan és reclutat per a contreure's. Sumat a això, els músculs crònicament escurçats limiten l'amplitud del moviment" (McAtee & Charland, 2010).

Recerques consultades han determinat l'efecte immediat de diferents tècniques d'estirament sobre la flexibilitat dels isquiosurals (Davis-Hammonds, Laudner, McCaw i McLoda, 2012; Garrido-Marín et al., 2013; Michaeli, Tee i Stewart, 2017), trobant un buit en l'avaluació de l'efecte a llarg termini. El propòsit del present estudi va ser determinar l'efecte a llarg termini d'un programa d'estiraments a vuit setmanes amb la tècnica de FNP sobre la flexibilitat d'isquiosurals en futbolistes categoria prejuvenil, comparada amb la tècnica estàtica-passiva.

Metodologia

Disseny

Es va realitzar un estudi quasiexperimental amb joves futbolistes de categoria prejuvenil de la lliga Risaraldense de futbol (Colòmbia).

Participants

Es va comptar amb la participació de joves que complien els criteris d'inclusió i van acceptar la seva vinculació mitjançant consentiment informat, assentiment de pares de família i autorització de directives de la Lliga Risaraldense de Futbol. Els participants havien de ser homes de 14 a 16 anys, amb una vinculació mínima d'un mes en la selecció Risaralda i que juguessin a futbol com a mínim tres vegades per setmana. Es van excloure aquells amb lesions de membres inferiors sofertes en els últims sis mesos i els que no presentaven retracció d'isquiosurals. El càlcul de la mida de la mostra es va realitzar amb un nivell de confiança del 95%, un poder estadístic del 80%, una diferència esperada entre grups de 8° de flexió de genoll i una desviació estàndard de referència de 8.93° segons el que Puentedura et al. (2011) van trobar per a una mostra mínima de 20 membres inferiors en cada grup: control i experimental.

Es van avaluar 20 joves futbolistes de la selecció prejuvenil masculina del Departament 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

(Colòmbia) 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).

Taula 1

Descriptius per a variables sociodemogràfiques i esportives (n=20)

Variable	Mínim	Màxim	Mitjana	DE
Edat (anys)	14	16	15.15	0.67
Antiguitat en la selecció de futbol (mesos)	1	48	27.50	15.82

(Colòmbia), amb una mitjana d'edat de 15.2 anys i una mitjana d'antiguitat a les escoles de futbol de 27.5 mesos (taula 1). El 45% jugaven com a migcampistes, el 35% com a defenses, el 15% com a davaners i el 5% com a porter.

Aquest estudi s'adequa a les normes ètiques emanades de la Declaració d'Hèlsinki i de la resolució 8430 de 1993 del Ministeri de Salut de Colòmbia, i va ser aprovat pel Comitè de Bioètica de la Universitat Autònoma de Manizales.

Instruments

La valoració de la flexibilitat d'isquiosurals es va fer a través del test d'extensió passiva de l'angle popliti; amb aquest objectiu es va dissenyar un goniòmetre prenent com a referència la descripció d'Ayala et al. (2013). Es va construir el goniòmetre amb dues platines d'alumini, amb braços mòbil i fix amb una amplitud horitzontal de 4 centímetres. Es va utilitzar un transportador marca Maped de 360° per a mesurament d'angles. Al braç fix se li van adaptar uns anivelladors per a donar major precisió al mesurament. Es va realitzar un suport per al maluc en acrílic amb un transportador de 180° i un anivellador. A més, es va incorporar l'antena que representa la bisectriu que passa pel trocànter major i el còndil femoral com a referències anatòmiques (figura 1). Es va valorar la confiabilitat del goniòmetre mitjançant el mesurament de l'angle popliti a 30 persones no participants en la recerca, comparant els mesuraments entre un goniòmetre convencional i el goniòmetre fabricat per a aquest estudi. Van participar trenta futbolistes juvenils de la Corporación Deportiva Once Caldas de Manizales (Colòmbia). Els mesuraments es van fer en el membre inferior dominant per avaluadors diferents per a cada tipus de goniometria. No es van trobar diferències significatives en els resultats ($p < .001$): CCI = .911 (IC95% = .821-.956).



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

Figura 1.
Test d'extensió passiva de
l'angle popliti. (Font: registre
propi).

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).

Procediment

Es van aleatoritzar els membres inferiors dels participants mitjançant un generador de nombres aleatoris sense repetició, assignant una extremitat al grup control i una altra a l'experimental. Cada grup va quedar constituït per vint cames dominants i vint no dominants. En cada grup es van realitzar 36 sessions d'estirament d'isquiosurals, amb cinc sessions setmanals. Als membres inferiors del grup control se'ls va aplicar un programa d'estirament estàtic-passiu, mentre que als del grup experimental se'ls va realitzar un programa d'estirament amb la tècnica contracció-relaxació de FNP. L'estirament estàtic passiu es va executar durant 30 segons, en finalitzar l'estirament la cama va romandre relaxada 30 segons. A la cama contralateral es va realitzar la tècnica FNP amb un temps de 5 segons de contracció, 10 segons d'estirament passiu, seguit de 5 segons de contracció i 10 segons d'estirament passiu, per a un total de 30 segons. Es van realitzar dues repeticions per cada tècnica durant les primeres dotze sessions, progressant a tres entre les sessions 13 i 24 i finalitzant amb quatre entre les sessions 25 i 36. Durant l'estudi no es van presentar desercions.

A cada grup d'extremitats es va mesurar l'angle popliti abans i després de la intervenció, o sigui, abans de la primera sessió i després de la sessió 36 (pretest i postest). Es va comptar amb emmascarament simple, en aquest cas de l'equip avaluador. L'avaluador principal va ser un metge esportiu amb l'assistència d'un fisioterapeuta, que van ser entrenats prèviament mitjançant la realització de 32 test. Es va fixar la pelvis per a minimitzar l'efecte del canvi de la seva posició sobre l'angle popliti (Herrington, 2013; Sullivan, DeJulia i Worrell, 1992).

Els estiraments es van realitzar després de practicar futbol, ja que estudis previs mostren que els estiraments estàtics si es realitzen en la fase d'escalfament poden comportar una disminució en el rendiment esportiu, cosa que no succeeix en el cas de la tècnica dinàmica (Ayala-Rodríguez i Sainz de Baranda, 2010).

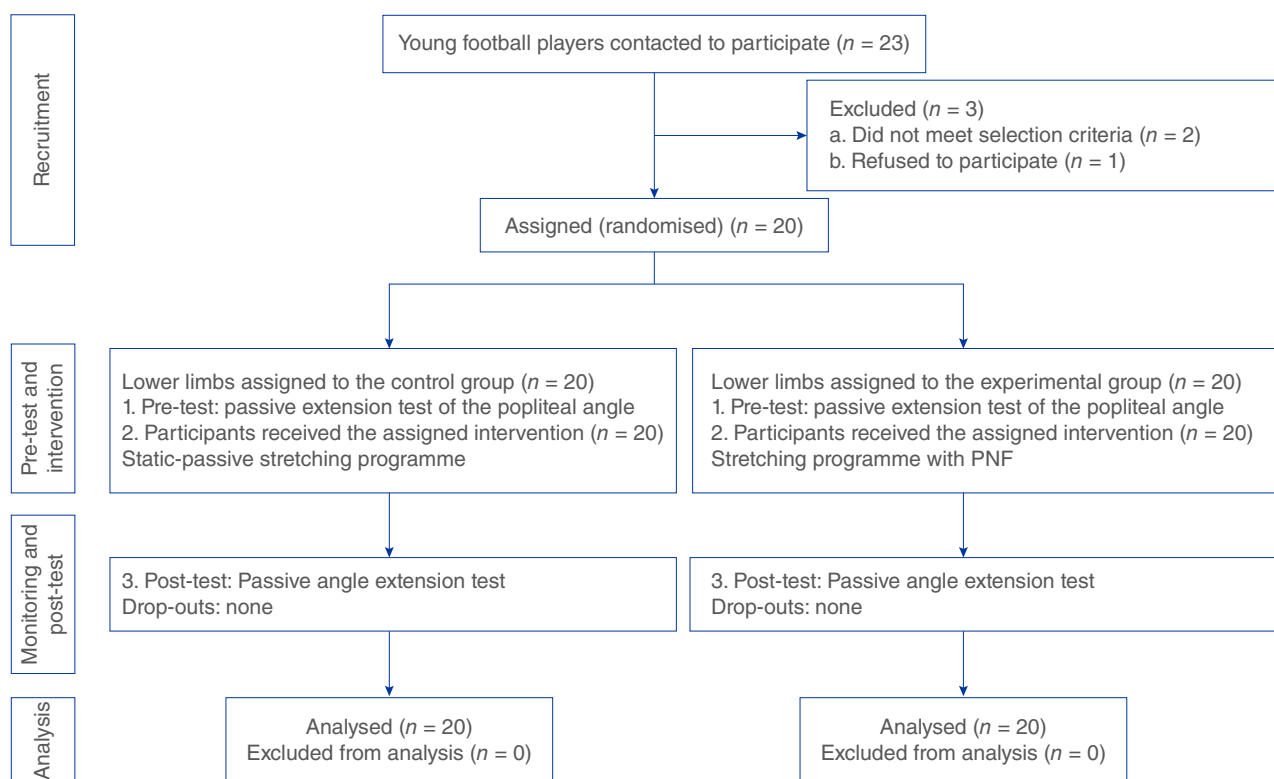


Figure 2. Flow chart of the study.

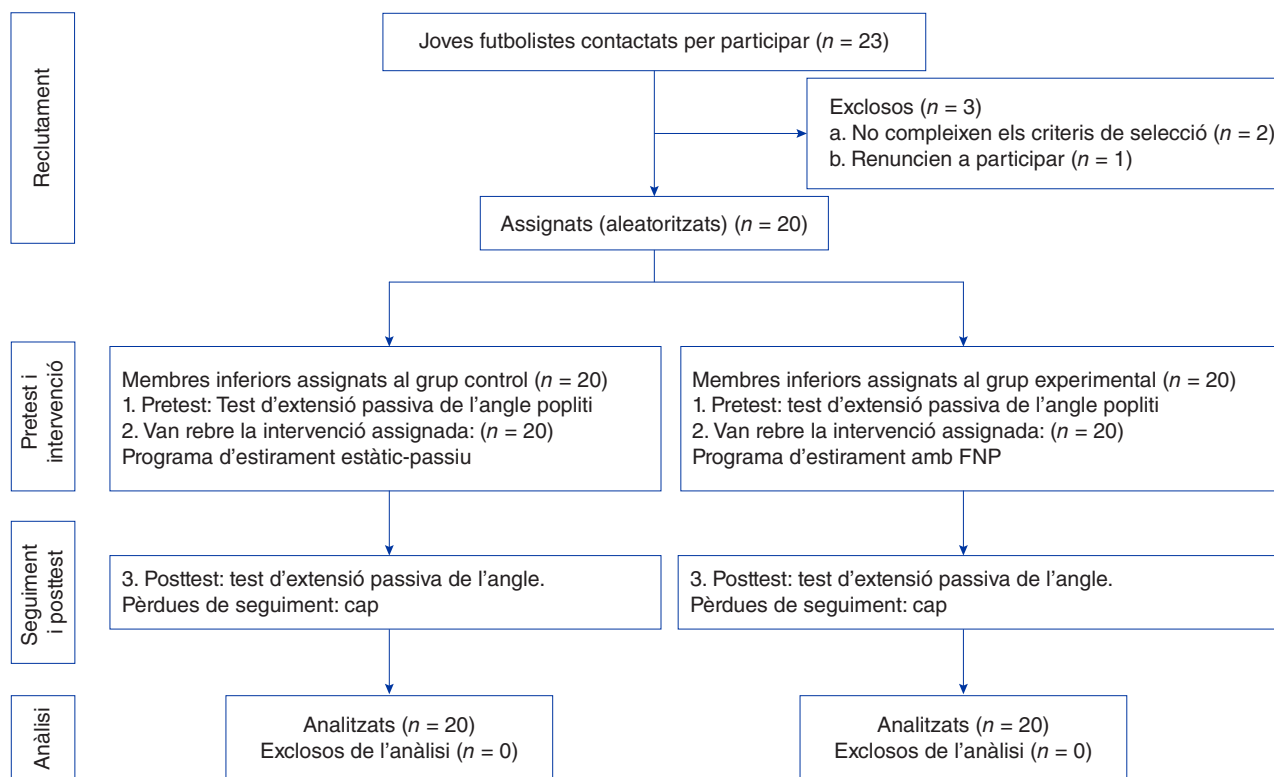


Figura 2. Fluxograma de l'estudi.

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 ($p < .05$).

Anàlisi estadística

Es va realitzar la descripció dels mesuraments de l'angle popliti i es van realitzar proves de normalitat Shapiro-Wilk per als diferents test, trobant que la mesura en el pretest i la mesura de canvi entre el pretest i posttest per a mostres independents (control i experimental) es distribueix normalment (taula 2). Es va valorar la diferència entre grups a través de proves d'homogeneïtat bilateral per a mostres independents (t de Student) i per a mostres relacionades (prova de rangs amb signe de Wilcoxon). Es van acceptar diferències quan la significació asimptòtica bilateral va ser igual o menor a .05. Per al processament de la informació es va utilitzar el programa estadístic SPSS 23.0 (Statistical Package for the Social Science). No es van presentar dades perdudes en el processament d'informació.

Taula 2
Proves de normalitat

Variables	Shapiro-Wilk	gl	Sig.
Angle popliti (pretest)	0.953	40	0.098
Angle popliti (posttest)	0.913	40	0.005
Mesura de canvi (pretest vs. posttest)	0.989	40	0.963

Nota. Sig.: significació asimptòtica bilateral; gl: graus de llibertat.

Resultats

Diferència de mostres independents per als pre-test. No es van trobar diferències significatives entre les mesures pretest de l'angle popliti entre grups control i experimental (t de Student = $-.800$, $p = .428$), la qual cosa demostra l'homogeneïtat de les extremitats a l'inici de l'estudi.

Diferència de mostres relacionades (diferència entre pretest i posttest). Com s'aprecia en la taula 3, tant en el grup control com en l'experimental, les mesures posttest de l'angle popliti van millorar molt poc respecte al pretest. En cap dels grups d'extremitats la diferència va ser estadísticament significativa ($p > .05$).

Diferència de mostres independents per a les mesures de canvi pretest i posttest. La mesura de canvi de l'angle popliti pretest i posttest va ser 0.4° superior en el grup control. Com s'observa en la taula 3 aquesta petita diferència entre grups no és estadísticament 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 Extremitat (n=20)	Pre-test Pretest	Post-test Posttest	Intragroup differences Diferències intragrups			Intergroup differences Diferència intergrup		
	Mean (SD) Mitjana (DE)	Mean (SD) Mitjana (DE)	Mean (SD) Mitjana (DE)	Z	Sig.	Mean Mitjana	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.

Taula 3

Comparació de l'angle popliti abans i després de la intervenció: per a mostres relacionades (diferències intragrups) i per a la mesura de canvi per a mostres independents (diferència intergrups)

Nota. DE: desviació estàndard; Z: proba de rangs amb signe de Wilcoxon (mostres relacionades); t: proba t de Student (mostres independents); Sig.: significació asimptòtica 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

Els resultats anteriors permeten inferir que no existeixen diferències importants en la millora a llarg termini de l'angle popliti entre extremitats on es va aplicar un programa d'estirament estàtic-passiu i aquelles que van rebre estirament amb FNP. Efectivament, en cap dels dos programes es va evidenciar millora en la flexibilitat d'isquiosurals mesurada amb la prova d'extensió passiva de l'angle popliti.

Discussió

Aquestes troballes comporten la conclusió que ni el programa d'estirament amb la tècnica de FNP contracció-relaxació ni la tècnica estàtic-passiva milloren a llarg termini la flexibilitat dels isquiosurals en els futbolistes de categoria prejuvenil, ja que les mesures posttest de l'angle popliti no van millorar respecte al pretest, ni en el grup control ni en l'experimental, després de vuit setmanes d'aplicació dels protocols d'estirament, que determinava l'efecte a llarg termini.

Calle-Fuentes, Muñoz-Cruzado, Catalán-Matamoros i Fuentes-Hervías (2016) sostenen que les tècniques d'estirament aconsegueixen augmentar el rang de mobilitat articular, però argumenten, citant a Cometti (2003), que aquest augment no es produeix per un canvi estructural del múscul sinó per una progressiva elevació de la tolerància al dolor produïda per l'estirament, tant a nivell central com perifèric (Calle-Fuentes et al., 2006). En aquest estudi, cap de les dues tècniques va produir a llarg termini augment de l'amplitud de moviment de l'extensió de genoll; el motiu podria ser que en cap dels dos grups es va treballar forçant l'estirament al límit de dolor. Cometti (2014), citat per Calle-Fuentes et al. (2006), mostra que l'estirament en una sessió aïllada disminueix la rigidesa muscular o resistència muscular

(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

de repòs, però aquest efecte desapareix passada una hora d'acabada la sessió; afegeix que en intervencions a llarg termini, no es van evidenciar canvis significatius en la rigidesa o canvis viscoelàstics del múscul. Aquesta autoria sosté que aquest comportament es deu probablement als mecanismes musculars que proveeixen la integritat estructural després de les microruptures d'alguns filaments que limiten a llarg termini l'elongació del múscul.

Similar a aquests resultats, Wiemann (2000), citat per Calle-Fuentes et al. (2006), no va trobar variacions en la longitud muscular en persones a les quals se'ls va realitzar durant diverses setmanes programes d'estiraments, tan estàtics com dinàmics, mesures a través de corbes de força-longitud muscular. L'autor afirma que en esportistes que requereixen gran flexibilitat articular, com els gimnastes, existeix una preselecció natural de persones amb característiques anatòmiques funcionals aptes, que sumades a entrenaments intensos específics aconsegueixen major flexibilitat (Calle-Fuentes et al., 2006).

Quant a l'ús de les tècniques de FNP per a augmentar la flexibilitat articular, s'ha argumentat que la relaxació muscular es produeix pel mecanisme d'inhibició neuromuscular produïda per l'estimulació de l'òrgan tendinós de Golgi a través de les fibres Ib, la qual es produeix per l'estirament mantingut del múscul (Guyton i Hall, 2016). D'acord amb l'argument de Calle-Fuentes et al. (2006), basat en treballs d'autories com Guissart et al. (1988), la disminució de l'excitabilitat de la motoneurona és molt breu, aconseguint un efecte màxim als 5 o 10 segons de l'estirament, tornant a valors basals molt ràpidament (Calle-Fuentes et al., 2006). Això podria explicar que en aquest treball no s'aconseguiessin efectes a llarg termini en la flexibilitat d'isquiosurals després de 36 sessions d'estirament amb la tècnica de FNP.

També Tavella-Navega i col·laboradors van avaluar i van comparar els efectes a llarg termini de dues tècniques d'estirament, la FNP i l'estàtica-passiva, en els músculs isquiosurals de 45 dones joves. Tant el grup d'estirament estàtic com el grup de facilitació van realitzar tres sessions d'estirament setmanals durant un període de quatre setmanes. Van avaluar la flexibilitat a l'inici i al final del programa amb la prova d'angle popliti. Contràriament als resultats obtinguts en aquest treball, van evidenciar un augment significatiu en la flexibilitat dels isquiosurals en analitzar les avaluacions i reavaluacions de tots dos protocols d'estirament, però tampoc van trobar diferències significatives per a indicar

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 school-children 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

quina va ser la millor de les dues tècniques d'estirament aplicades, FNP i estàtic-passiva, en l'augment de la flexibilitat. (Tavella-Navega et al., 2014).

Així mateix, provant l'efecte a llarg termini, Gama, Medeiros, Dantas i Souza (2007) van analitzar la freqüència òptima per a augmentar la flexibilitat dels músculs isquiosurals, però en aquesta ocasió es va utilitzar el test de l'amplitud activa d'extensió del genoll. Van seleccionar 36 dones distribuïdes aleatòriament en quatre grups. A tres grups se'ls va aplicar estirament amb FNP a diferents freqüències: una, tres i sis manobres per sessió; el quart grup era el grup control. Els tres grups d'estirament van rebre la intervenció cinc dies a la setmana durant dues setmanes consecutives. Les dades van indicar que va haver-hi un guany de l'arc de mobilitat articular, estadísticament significativa, aplicant estiraments amb FNP en relació amb el grup control, però no entre els grups experimentals. Van concloure que no hi ha diferència en relació amb el guany de flexibilitat a llarg termini quan s'utilitzen 1, 3 o 6 manobres d'estirament amb la tècnica sostenir-relaxar de FNP en els isquiosurals (Gama et al., 2007).

Sánchez-Rivas, Mayorga-Vega, Fernández-Rodríguez i Merino-Marbán (2014) van analitzar els efectes a llarg termini d'un programa d'estirament sobre la musculatura isquiosurals realitzat durant les classes d'educació física. La mostra va estar formada per 44 escolars dividits aleatòriament en grup experimental (GE) i grup control (GC). El GE va rebre estiraments d'isquiosurals amb una durada de tres minuts, aplicant el mètode estàtic-passiu en la classe d'educació física durant nou setmanes. El GC va desenvolupar amb normalitat les classes d'educació física. Abans i després de l'aplicació del programa es va valorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural mitjançant el test de Wells (*sit and reach*). Els resultats van mostrar que el programa d'intervenció va tenir un efecte positiu estadísticament significatiu (Sánchez et al., 2014). No obstant això, a diferència del present treball, el GC no va rebre cap programa d'estirament. A més, es va utilitzar el test de Wells, el qual, a diferència del test de l'angle popliti, no només valora la flexibilitat d'isquiosurals sinó també de la musculatura de tota la cadena posterior: paravertebrals, gluti màxim i tríceps sural.

Es podria arribar a la conclusió, amb els resultats d'aquesta recerca i els d'altres autories citades, que no es pot augmentar la flexibilitat d'isquiosurals a llarg termini, valorada mitjançant l'amplitud dels rangs de mobilitat articular. Han de revisar-se, teòricament i empírica,

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.

les premisses i procediments que sustenten la realització d'estiraments musculars per a millorar la flexibilitat muscular a llarg termini, tant des de la recerca bàsica com aplicada, i considerar conceptual i metodològicament la flexibilitat més enllà de l'excursió de moviment màxim.

Agraïments

Les autories expressen el seu agraïment a les directives de la Lliga Risaraldense de Futbol, als jugadors de la categoria prejuvenil, al metge esportiu que va contribuir amb les avaluacions i a l'equip de fisioterapeutes col·laboradors.

Conflicte d'interessos

Les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.

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 Kinesiológica*, 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

Referències

- 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). Flexibilidade de dos músculos isquiotibiais 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 estiramiento de la musculatura 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), 1383-1389. 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 | Citació de l'article

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