

ARTÍCULO ORIGINAL

Eficacia de la técnica sostener relajar en comparación con el estiramiento dinámico sobre la flexibilidad de los isquiotibiales

Efficiency of the “hold-relax” technique compared to dynamic stretching on hamstring flexibility / Eficácia da técnica segurar-relaxar comparada ao alongamento dinâmico na flexibilidade dos isquiotibiais

Fecha de recibido:

2 de septiembre de 2022.

Fecha de aprobación:

1 de marzo de 2023.

Oscar Eduardo Mateus Arias¹, Alexa Fernanda Santos Gómez¹, Angelica María Suarez Caicedo¹, Yorly Morales González¹, Javier Martínez Torres²

RESUMEN

Objetivo: el estiramiento muscular se aplica con el propósito de aumentar el arco de movimiento. Para este propósito se usan diferentes técnicas, entre ellas: la facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP) y el estiramiento dinámico, pero aún no se conoce cuál de ellas es más efectiva. El objetivo de esta investigación fue estimar la eficacia de la técnica sostener relajar en comparación con el estiramiento dinámico sobre la flexibilidad de los isquiotibiales en adultos jóvenes sanos.

Metodología: ensayo clínico controlado aleatorizado, con enmascaramiento de dos brazos. En el estudio participaron un total de 32 voluntarios adultos jóvenes con edades entre los 18 y 30 años y fueron aleatorizados a dos grupos de intervención FNP (n = 16), dinámico (n = 16). La flexibilidad de la articulación de la rodilla se evaluó mediante el ángulo poplíteo a través de la goniometría.

Resultados: los resultados de las medias edad, peso, talla e índice masa corporal son equivalentes, lo que indica grupos comparables entre sí. No se hallaron diferencias entre los grupos de estiramiento en los promedios ajustados -2.09 (IC95% -7.05 a 2.87)

Conclusiones: tanto la técnica dinámica como la FNP aumentaron el arco de movimiento de rodilla, ambas técnicas de estiramiento mostraron diferencias con la línea de base. No se encontraron diferencias entre los grupos de estiramiento.

Palabras clave: ejercicios de estiramiento muscular; rango del movimiento articular; músculos isquiosurales; artrometría articular.

ABSTRACT

Objective: Muscle stretching is applied with the purpose of increasing range of motion. Different techniques are used for this purpose, including proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) and dynamic stretching, but it is still unclear which one is more effective. The objective of this research was to estimate the efficacy of the hold-relax technique compared to dynamic stretching on hamstring flexibility in healthy young adults.

Methodology: Randomized controlled trial with blinding, consisting of two intervention arms. The study included a total of 32 young adult volunteers aged 18 to 30 years, who were randomized into two intervention groups: PNF (n = 16) and dynamic stretching (n = 16). Knee joint flexibility was assessed using the popliteal angle measured with a goniometer.

Results: The mean age, weight, height, and body mass index were found to be equivalent, indicating comparable groups. No significant differences were found between the stretching groups in the adjusted means, with a mean difference of -2.09 (95% CI -7.05 to 2.87).

Forma de citar este artículo:

Mateus OE, Santos AF, Suarez AM, Morales Y, Martínez J. Eficacia de la técnica sostener relajar en comparación con el estiramiento dinámico sobre la flexibilidad de los isquiotibiales. Med UPB. 2023;42(2):17-25.

DOI:10.18566/medupb.v42n2.a03

- 1 Universidad de Pamplona. Cúcuta, Colombia.
- 2 Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia.

Dirección de correspondencia:

Oscar Eduardo Mateus Arias. Correo electrónico: oscar.mateus@unipamplona.edu.co

Conclusions: Both dynamic stretching and PNF demonstrated an increase in knee range of motion, with both stretching techniques showing differences from the baseline. No significant differences were found between the stretching groups.

Keywords: muscle stretching exercises; range of articular motion; hamstring muscles; articular goniometry.

RESUMO

Finalidade: O alongamento muscular é aplicado com a finalidade de aumentar a amplitude de movimento. Para tanto, diversas técnicas são utilizadas, dentre elas: facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) e alongamento dinâmico, mas ainda não se sabe qual delas é mais eficaz. O objetivo desta investigação foi estimar a eficácia da técnica segurar-relaxar em comparação com o alongamento dinâmico na flexibilidade dos isquiotibiais em adultos jovens saudáveis.

Metodologia: Ensaio clínico randomizado, cego, controlado por dois braços. Um total de 32 voluntários adultos jovens com idades entre 18 e 30 anos participaram do estudo e foram randomizados para dois grupos de intervenção FNP (n = 16), dinâmico (n = 16). A flexibilidade da articulação do joelho foi avaliada por meio do ângulo poplíteo por goniometria.

Resultados: os resultados das médias de idade, peso, altura e índice de massa corporal são equivalentes, o que indica grupos comparáveis entre si. Não foram encontradas diferenças entre os grupos de alongamento nas médias ajustadas - 2,09 (IC 95% -7,05 a 2,87)

Conclusões: tanto a técnica dinâmica quanto o PNF aumentaram a amplitude de movimento do joelho, ambas as técnicas de alongamento apresentaram diferenças com a linha de base. Não foram encontradas diferenças entre os grupos de alongamento.

Palavras-chave: exercícios de alongamento muscular; amplitude de movimento articular; músculos isquiotibiais; artrometria articular.

INTRODUCCIÓN

La flexibilidad se define como la capacidad de mover los músculos y las articulaciones a través de un rango de movimiento normal completo (ROM)¹, es un factor importante para la forma física, el desarrollo funcional del sistema musculoesquelético y la optimización del rendimiento muscular². La flexibilidad es un componente biomecánico de los tejidos del cuerpo y determina el ROM de una articulación o grupo de articulaciones sin causar una lesión y está influenciada por músculos, tendones y huesos^{2,3}. Una buena flexibilidad reduce el riesgo de lesiones y aumenta el rendimiento al disminuir la resistencia de las estructuras tisulares que rodean la articulación, lo que permite una función más eficiente de esta⁴.

El estiramiento se ha utilizado durante mucho tiempo en actividades físicas para aumentar el ROM alrededor de una articulación⁵, también es reconocido como un método eficaz para aumentar de forma crónica el rango o amplitud de movimiento de las articulaciones⁶. En general, se considera que el desarrollo insuficiente del ROM, como consecuencia de una musculatura acortada, es un factor que impide o dificulta el aprendizaje de

determinadas habilidades motrices y el desarrollo o la aplicación de otras cualidades básicas motoras, como: la fuerza, la coordinación, la velocidad y la resistencia⁷.

La movilidad articular limitada y la flexibilidad muscular disminuida son problemas comunes tanto en situaciones clínicas como en entornos deportivos, así mismo, la flexibilidad es importante para la prevención y la rehabilitación de lesiones musculoesqueléticas⁸. Un músculo acortado crea un desequilibrio en las articulaciones y alineaciones posturales defectuosas que pueden provocar lesiones y disfunción articular⁹. Los investigadores han propuesto lo siguiente: un músculo que no se somete a un alargamiento periódico desarrollará una longitud de descanso disminuida y extensibilidad reducida¹⁰. Dicho daño ocurre de forma principal en músculos multiarticulares que tienen una gran excursión funcional y un alto porcentaje de fibras musculares de contracción rápida. Respecto a esto, los isquiotibiales son los músculos que con mayor frecuencia se ven afectados en la población adulta joven¹¹.

La biomecánica de los isquiotibiales acortados genera fuerzas desequilibradas en las articulaciones de las extremidades inferiores¹², debido a su carácter postural tónico y a una cantidad considerable de fuerzas tensionales a

las que están sometidos de manera constante¹³. Los isquiotibiales son los músculos más propensos a presentar alteraciones que provocan desequilibrios musculares importantes, lo que predispone a lesiones musculares, tendinopatía rotuliana, dolor femorrotuliano¹⁴.

Los estiramientos musculares son una parte esencial en los programas de fisioterapia y planificaciones deportivas¹⁵. En la actualidad, existen técnicas pasivas y activas de estiramiento estático y dinámico para aumentar los niveles de ROM. Los ejercicios de estiramiento se usan comúnmente en entornos clínicos y atléticos y se pueden clasificar como estiramiento estático (SS), estiramiento dinámico, estiramiento balístico y estiramiento de facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP)¹⁶.

Es usual que las técnicas de estiramiento de FNP se usen para mejorar el ROM activo y pasivo con miras a optimizar el rendimiento motor y la rehabilitación^{17,18}. La teoría principal del FNP es: las contracciones musculares voluntarias se realizan en combinación con el estiramiento para reducir los componentes reflejos de la contracción muscular, promover la relajación y posteriormente aumentar el ROM¹⁸. Una de las técnicas más comunes de estiramiento de FNP es sostener relajar, la cual implica una contracción isométrica del músculo que se debe estirar seguida de una fase de relajación y un estiramiento pasivo¹⁹. Estudios previos con goniometría han confirmado que el ROM articular puede aumentar de forma significativa mediante el estiramiento FNP (a corto plazo; largo plazo)²⁰⁻²³. Además, se ha demostrado que la ganancia de ROM es aún mayor después del estiramiento con FNP, en comparación con el estiramiento estático o balístico¹⁸.

Por otro lado, la técnica de estiramiento dinámico se logra a través de un movimiento del segmento a lo largo del ROM; empieza desde una posición neutral hasta el rango final, donde los músculos están en su mayor longitud, y de regreso a su posición original^{24,25}. La elongación de la musculatura es permitida por la contracción de los músculos antagonistas y el consecuente movimiento de la articulación a través de todo el rango de movimiento permitido, de manera lenta y controlada²⁵⁻²⁷. Varios estudios demostraron que el estiramiento dinámico mejora el ROM, la potencia muscular^{28,29} y logra el efecto de un calentamiento rápido, de igual manera, promueve la flexibilidad y disminuye la tensión muscular pasiva³⁰.

De acuerdo a lo anterior, la revisión de la literatura proporciona información acerca de los efectos de estas dos técnicas en la ganancia del arco de movimiento^{5,24,31-34}, pero la limitada evidencia sobre la comparación y superioridad de alguna de estas no es concluyente. Por lo tanto, el principal objetivo de este estudio fue estimar la eficacia del estiramiento dinámico en comparación con la técnica sostener relajar, en la flexibilidad de los isquiotibiales en adultos jóvenes sanos.

METODOLOGÍA

Ensayo controlado aleatorio paralelo de dos brazos con el fin de evaluar los efectos de un programa de estiramiento FNP y estiramiento dinámico de seis semanas. Los grupos de intervención fueron asignados de manera aleatoria por una persona externa a la investigación a un grupo de estiramiento dinámico ($n = 16$) y un grupo de estiramiento FNP ($n = 16$), esto mediante el uso de un generador de números aleatorios por ordenador (random.org).

Participantes

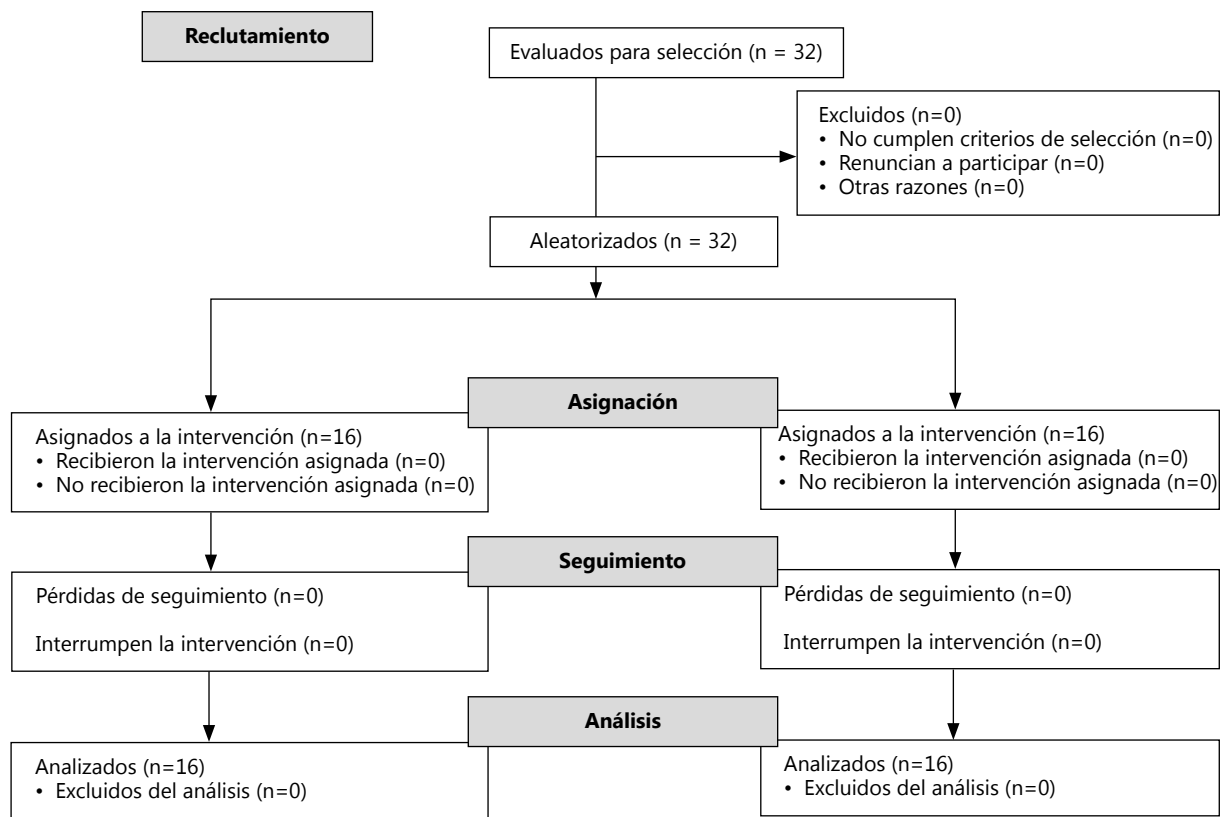
Participaron 32 sujetos ([media \pm *de*] edad, dinámico 23.13 \pm 2.0, FNP 22.63 \pm 1.09), 25 mujeres sanas (78.12%) y siete hombres sanos (21.87%), con un rango de edad de 20 a 30 años con una media de 22.87 años, de lateralidad diestra, $n = 30$, 93.75% y zurda, $n = 2$, 6.25%. Los participantes fueron informados personalmente sobre el procedimiento. Se excluyeron aquellos con antecedentes de lesiones en miembro inferior dominante (Figura 1, siguiente página). Todos los participantes fueron informados de la intervención a realizar, además de los beneficios y riesgos. Cada uno dio el consentimiento informado por escrito para su participación. El presente estudio tuvo en cuenta los lineamientos de la resolución 8430 de 1993. En todas las fases de la investigación se mantuvo la beneficencia, no la maleficencia. El trabajo de investigación fue aprobado y avalado por el Comité de Ética e impacto ambiental de la Universidad de Pamplona, según el acta 07 del 15 de junio de 2022.

Medidas

Todas las mediciones fueron realizadas por el mismo investigador, quien estaba cegado a la aleatorización. Previo al inicio de la valoración, se instruyó a los participantes para que se abstuvieran de realizar actividad física vigorosa durante dos días antes del examen y durante el tiempo de duración de la investigación. La recopilación de los datos se realizó en el laboratorio de ciencias cinemáticas de la Facultad de Salud de la Universidad de Pamplona, Colombia.

Todas las medidas fueron evaluadas con el mínimo de ropa posible y descalzos. Los instrumentos de medición fueron previamente calibrados. Las mediciones se realizaron en el siguiente orden: (a) registro de datos (peso, talla, edad, género y lateralidad); (b) goniometría manual de extensión de rodilla, la cual se realizó sin un calentamiento previo. El peso se obtuvo mediante un bioimpedanciómetro marca Tanita FitScan BC-601F, con pantalla LCD de fácil lectura, memoria para cuatro personas, función de recordatorio y capacidad de 150

Figura 1. Diagrama de flujo.



kilogramos. Se usó un estadiómetro balanza digital Health o Meter 500KL, con capacidad para 500 libras, resolución de 0.2 libras, pantalla LCD de una pulgada con funciones de conversión de libras a kilogramos. La talla se midió con tallímetro de 76 a 214 centímetros, en posición bípeda, con los talones juntos y los pies formando un ángulo de 45°. Los talones, glúteos, espalda y región occipital estaban en contacto con la superficie vertical del tallímetro.

Medición del rango de movimiento

El ROM de extensión de rodilla se midió con un goniómetro universal. Primero, se instruyó a los participantes para que se ubicaran en posición supina sobre una camilla, de manera inmediata fueron sujetos a esta por medio de dos reatas: una se ubicó sobre las crestas ilíacas anterosuperiores y la otra a nivel del tercio inferior del fémur de la pierna contraria a evaluar. Seguido a esto, con un rotulador negro se identificaron y marcaron los puntos de referencia ubicados en el trocánter mayor del

fémur, epicóndilo lateral de la tibia y maléolo lateral para garantizar la alineación adecuada de la medición goniométrica.

Después se realizó una flexión de cadera y rodilla a 90°. Mientras un investigador sostenía el goniómetro, el otro investigador movía la pierna dominante pasivamente hacia la extensión indicándole al participante que refiriera el punto en el que sintiera la mínima tensión en isquiotibiales. Una vez se alcanzó este punto, el investigador que sostenía el goniómetro se aseguró de que se mantuviera la alineación adecuada manteniendo el fulcro sobre el epicóndilo lateral de la tibia, el brazo estacionario alineado en dirección al trocánter mayor y el brazo móvil posicionado en dirección al maléolo lateral. Para finalizar, se registraron los grados obtenidos en la toma goniométrica.

Todas las medidas de resultado se volvieron a evaluar al final del programa de ejercicio de seis semanas para los grupos de estiramiento, se realizó el proceso 15 minutos posterior a la última intervención.

Intervención

Protocolo de estiramiento dinámico

Cada sujeto ejecutó el estiramiento dinámico en su pierna dominante sin realizar ningún tipo de calentamiento previo, para eliminar cualquier interacción potencial entre el calentamiento y el estiramiento. Los sujetos se pararon erguidos con los pies paralelos y mirando hacia adelante, mientras, se sostenían de la pared con su mano. Luego, fueron instruidos para que elevaran la pierna contrayendo la musculatura flexora de cadera con la rodilla en extensión cada dos segundos y que la bajaran dos segundos, con el fin de que la pierna dominante se balanceara hacia la parte anterior del cuerpo y los músculos isquiotibiales se estiraran. La ejecución del movimiento fue realizada al ritmo de un metrónomo digital ajustado a 30 segundos, cada sujeto efectuó ocho repeticiones sin rebotes.

Protocolo de estiramiento FNP sostener relajar

Los participantes recibieron instrucciones visuales y verbales para la ejecución de la técnica de estiramiento. Se sujetó al participante a la camilla de la misma manera que se realizó durante la medición del rango de movimiento. Después, el investigador flexionó la cadera del participante a 90 ° y *extendió pasivamente* su rodilla hasta que este reportara una leve tensión en la zona posterior del muslo, inmediatamente el sujeto debía iniciar la contracción de forma isométrica de los isquiotibiales durante siete segundos intentando empujar su pierna hacia la mesa contra la resistencia del investigador. Al finalizar este tiempo, el sujeto debía relajarse durante un segundo y el investigador movería el segmento pasivamente estirando los isquiotibiales durante siete segundos. Esta secuencia se ejecutó dos veces en cada sujeto de manera continua durante 30 segundos.

Análisis estadístico

En primer lugar, se realizó un análisis exploratorio para las variables cuantitativas, en el que se determinó la distribución de las variables (valores extremos, simetrías, curtosis, tipos de distribución). Para las variables cualitativas se analizaron frecuencias relativas (moda, datos erróneos y erróneos). Después de eso, se realizó una descripción de la línea de base por cada uno de los grupos; para las variables cualitativas se reportó su frecuencia absoluta y porcentual. Para el caso de las variables cuantitativas se describió su media y desviación estándar.

Para estimar el efecto de la intervención, se hizo un análisis por intención a tratar (AIT), para estimar el efecto de la intervención (dinámico vs. FNP) se usó modelo

de regresión lineal generalizado (familia: normal, *link*: identidad), el cual se esquematiza de la siguiente manera:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_{Int} + \beta_2 LineaBase$$

Donde y es el puntaje de la escala después de la intervención, β_0 el intercepto, β_1 el coeficiente de cambio de los sujetos que pertenecen al grupo de la intervención, ajustado por β_2 (los valores de la línea).

RESULTADOS

De los 32 adultos jóvenes, 16 fueron asignados al estiramiento FNP y 16 al de estiramiento dinámico. La edad promedio para el grupo en FNP fue de 22.63±1.09, en el dinámico de 23.13±2.0. En el FNP, el 81.3% de participantes eran de sexo femenino y 75.0% en el grupo de estiramiento dinámico. En la Tabla 1 se muestran las características de la línea de base.

En la Tabla 2 se muestra los resultados del primer modelo de regresión, donde se observa que la intervención genera un aumento en el puntaje de -2.09 (IC 95% -7.05 a 2.87).

DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue estimar la eficacia del estiramiento dinámico en comparación con la técnica sostener relajar sobre la flexibilidad de los isquiotibiales en adultos jóvenes sanos. No encontramos diferencias a favor de una u otra técnica al final de la intervención, sin embargo, los resultados del estudio mostraron, en términos de magnitud, una pequeña mejora en el estiramiento dinámico en comparación con el estiramiento FNP sostener relajar. Esto en concordancia con un estudio realizado por Aslan en 2018, en el cual examinaron los efectos agudos de las técnicas de estiramiento dinámica y FNP sostener relajar de los flexores de la cadera sobre el ROM. A diferencia de nuestro estudio, ellos encontraron que la técnica FNP sostener relajar es más eficaz que el estiramiento dinámico.

Ambas técnicas demostraron diferencias en comparación con la línea de base, se encontró un aumento significativo en el ROM de extensión de la rodilla. En nuestro estudio, el estiramiento FNP demostró ser una técnica eficaz para inducir un aumento inmediato y a corto plazo del ROM. En concordancia, diferentes estudios han demostrado la eficacia de la técnica FNP sobre el aumento en el ROM en comparación con otras técnicas de estiramiento^{4,11,17,18,35,36}. En un estudio realizado por Park *et al.*³⁵, en el que se reclutaron 64 adultos sanos con rigidez de los isquiotibiales se logró determinar que el

Tabla 1. Características sociodemográficas de la línea de base.

	Dinámico	FNP
Sexo	n (%)	n (%)
Masculino	4 (25.0%)	3 (18.8%)
Femenino	12 (75.0%)	13 (81.3%)
	\bar{x} (de)	x (de)
Edad del sujeto	23.13 (2.00)	22.63 (1.09)
Talla del sujeto	1.63 (0.09)	1.63 (0.08)
Peso sujeto	68.27 (14.17)	65.76 (11.33)
Índice de masa corporal	25.26 (4.10)	24.67 (3.91)
Goniometría inicial	142.94 (8.49)	147.75 (6.02)

n: Frecuencia absoluta; % frecuencia porcentual; \bar{x} : promedio; de: desviación estándar.

Tabla 2. Efectos del entrenamiento de FNP vs. dinámico.

	Dinámico \bar{x} (de)	FNP \bar{x} (de)	Diferencia de promedios no ajustado* diff (IC95%) (IC95%)	Diferencia de promedios ajustados por el modelo 1 diff (IC95%)**
Goniometría inicial	142.9 (8.5)	147.8 (6.0)		
Goniometría posterior a la intervención	150.5 (8.7)	152.3 (8.7)	1.81 (-4.50 a 8.13)	-2.09 (-7.05 a 2.87)

\bar{x} : promedio; de: desviación estándar; diff: diferencia de promedios;

* T-student de muestras independientes de la medición posterior a la intervención

** Equivale al coeficiente β_1 del primer modelo (magnitud de la intervención).

FNP a bajas intensidades era efectivo para mejorar la flexibilidad de estos en comparación con el valor previo al estiramiento³⁵. Mahieu *et al.*¹⁸ informaron que el ROM de dorsiflexión aumentó después de un programa de estiramiento FNP en comparación con un grupo control¹⁸. En otro estudio, Lim *et al.*¹¹ demostró que la aplicación de la técnica de estiramiento estático y la técnica de estiramiento FNP para músculos isquiotibiales acortados es eficaz para aumentar la extensibilidad muscular sin reducir la actividad muscular¹¹. A su vez, el estiramiento dinámico usado en nuestra investigación demostró ser un método efectivo para ganar flexibilidad, por ende, para aumentar el ROM. Por otro lado, Iwata *et al.*³⁴ investigaron los efectos agudos y sostenidos del estiramiento dinámico sobre los parámetros de flexibilidad en voluntarios sanos que realizaron estiramiento dinámico de los músculos isquiotibiales, evidenciaron una reducción sostenida de la rigidez pasiva de los isquiotibiales y un aumento del ROM de la rodilla³⁴.

Zhou *et al.*³⁰, en su estudio, encontraron que aplicar un estiramiento dinámico en ancianos contribuye de manera positiva al ROM articular para la flexión y extensión de cadera³⁰. Así mismo, en un ensayo clínico cruzado aleatorizado en el que se reclutaron 14 adultos varones

jóvenes, se estimó la eficacia de la técnica de estiramiento estático en comparación con el estiramiento dinámico y se halló que las dos proporcionan incrementos significativos del ROM³⁷.

En esta investigación se utilizó un protocolo de estiramiento de seis semanas, dos veces por semana, el cual demostró que es un tiempo adecuado para mejorar la flexibilidad de los isquiotibiales. Existe cierta evidencia que sugiere que las mayores ganancias en el ROM ocurrirán en la primera mitad del período de intervención^{38,39}. En particular, las sesiones de estiramiento agudas o de corta duración (de hasta tres semanas) parecen promover la tolerancia al estiramiento, mientras que las sesiones de estiramiento de larga duración (de más de tres semanas) parecen actuar sobre las propiedades biomecánicas y fisiológicas de los músculos, los tendones y el sistema nervioso⁴⁰ acting on the muscle tendon-unit, in order to improve the range of motion (ROM. Por ejemplo, en un programa de seis semanas, un grupo de estiramiento FNP logró un cambio de 20 ° en la flexión pasiva de cadera con palanca larga en la primera mitad del período de intervención, seguido de 12 ° adicionales en las últimas tres semanas³⁹.

Por otra parte, se requiere un mínimo de una repetición, realizada dos veces por semana, para aumentar el ROM¹⁷. Esto se evidencia en diferentes estudios en los cuales se logró un aumento en el ROM mediante la implementación de programas de estiramiento FNP y dinámico con una frecuencia de dos veces por semana⁴⁰⁻⁴².

En cuanto a la duración del estiramiento, el tiempo utilizado en nuestra investigación fue de 30 segundos, el cual demostró ser un tiempo efectivo para lograr cambios en el ROM. Este hecho va en línea con el estudio realizado por Roberts *et al.*⁴¹, en el cual se encontró que las medidas de extensión pasiva de la rodilla antes y después del programa de entrenamiento que mostraron mejoras mucho mayores en el ROM en los grupos de 30 y 60 segundos en comparación grupo de 15 segundos. De la misma manera, Lempke *et al.*³³, en su estudio, indican que el tiempo óptimo para proporcionar resultados beneficiosos en el ROM es de 30 segundos sosteniendo la posición de estiramiento³³. Las posibles razones que podrían haber llevado a la mejora observada en el ROM de extensión de la rodilla en ambos grupos de estiramiento se pueden atribuir a factores mecánicos y neurofisiológicos²¹.

Como factor mecánico, se cree que la unidad músculo-tendinosa (UMT) responde viscoelásticamente durante la maniobra de estiramiento, es decir, la respuesta de la carga tisular, que es una propiedad de los componentes viscosos y elásticos. El componente elástico es la capacidad del tejido para volver a la forma anterior después de la deformación. El componente viscoso está relacionado con la parte fluida del músculo, que se desvía en respuesta a la fuerza mecánica⁴³. La propiedad viscosa dentro de una UMT se alarga en respuesta a una fuerza sostenida lenta y resiste cambios rápidos de longitud, mientras la UMT está bajo estiramiento. La cantidad de fuerza generada por el componente viscoso para resistir el alargamiento disminuye con el tiempo (relajación del estrés)¹⁷ y cuando se mantiene la fuerza que intenta alargar la MTU, esta se alarga de forma gradual (deslizamiento).

En lo que respecta a la respuesta del factor neurofisiológico del estiramiento podría decirse que esta se atribuye a la inhibición neural del músculo que se está estirando. El órgano tendinoso de Golgi (OTG) es un receptor nervioso que se activa cuando aumenta la tensión en el tendón. Esta tensión puede deberse al estiramiento o la contracción muscular cuando el OTG dispara una

señal que se envía a la médula espinal, lo que hace que el músculo agonista se relaje. Esto puede aumentar el ROM mediante la inhibición autógena del músculo objetivo⁴⁴.

En cuanto al estiramiento dinámico, un estudio demostró que la mejora en el ROM observada se debe a una mayor tolerancia al estiramiento en lugar de una rigidez reducida de la unidad musculotendinosa²⁸. Esto se debe a que los músculos se contraen de manera activa y rítmica, de manera que se aumenta la temperatura de las fibras musculares y se disminuye la viscoelasticidad⁵. En cambio, en otro estudio se menciona que el estiramiento FNP hace uso de la estimulación propioceptiva para el fortalecimiento (facilitación) y relajación (inhibición) de grupos musculares particulares, ya que su teoría principal se basa en que las contracciones musculares voluntarias se realizan en combinación con el estiramiento muscular, para reducir los componentes reflejos de la contracción muscular, promover la relajación muscular y aumentar el ROM articular¹⁸.

Finalmente, los hallazgos de esta investigación demostraron que es posible tener una ganancia del arco de movimiento de la rodilla y la flexibilidad de los isquiotibiales. Por lo tanto, sugerimos que sea considerada la utilización de las técnicas de estiramiento sostener relajar y dinámico en adultos jóvenes deportistas o no deportistas, por su ventaja para aumentar el ROM, reducir el riesgo de lesiones y mejorar el rendimiento durante el ejercicio, así como en los procesos de rehabilitación de dicha población.

Limitaciones

Esta investigación no está exenta de limitaciones y una de ellas fue el tamaño de muestra, que puede estar subestimando o sobreestimando la magnitud del efecto hallado. Por ende, para próximos estudios se recomienda realizar un cálculo del tamaño de muestra para estimar de manera cuantitativa y más exacta la magnitud del efecto. Este estudio puede aportar al cálculo de dicho tamaño de muestra.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

REFERENCIAS

1. Bushman BA. Flexibility exercises and performance. ACSM's Heal Fit J. 2016;20(5):5-9.
2. Masood K, Riaz H, Ghous M, Iqbal M. Comparison between dynamic oscillatory stretch technique and static stretching in reduced hamstring flexibility in healthy population: A single blind randomized control trial. J Pak Med Assoc. 2020;70(11):1908-12.

3. Borges MO, Medeiros DM, Minotto BB, Lima CS. Comparison between static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation on hamstring flexibility: Systematic review and meta-analysis. *Eur J Physiother.* 2018;20(1):12–9.
4. Maddigan ME, Peach AA, Behm DG. A comparison of assisted and unassisted proprioceptive neuromuscular facilitation techniques and static stretching. *J Strength Cond Res.* 2012;26(5):1238–44.
5. Opplert J, Babault N. Acute effects of dynamic stretching on muscle flexibility and performance: An analysis of the current literature. *Sports Medicine.* 2018;48:299–325.
6. Freitas SR, Mendes B, Le Sant G, Andrade RJ, Nordez A, Milanovic Z. Can chronic stretching change the muscle-tendon mechanical properties? A review. *Scand J Med Sci Sport.* 2018;28(3):794–806.
7. Muratori LM, Lamberg EM, Quinn L, Duff S V. Applying principles of motor learning and control to upper extremity rehabilitation. *J Hand Ther.* 2013;26(2):94–103.
8. Kaneda H, Takahira N, Tsuda K, Tozaki K, Kudo S, Takahashi Y, et al. Effects of tissue flossing and dynamic stretching on hamstring muscles function. *J Sport Sci Med.* 2020;19(4):681–9.
9. Kumar GP. Comparison of cyclic loading and hold relax technique in increasing resting length of hamstring muscles. *Hong Kong Physiother J.* 2011;29(1):31–3.
10. Wicke J, Gainey K, Figueroa M. A comparison of self-administered proprioceptive neuromuscular facilitation to static stretching on range of motion and flexibility. *J Strength Cond Res.* 2014;28(1):168–72.
11. Lim K II, Nam HC, Jung KS. Effects on hamstring muscle extensibility, muscle activity, and balance of different stretching techniques. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(2):209–13.
12. Gunn LJ, Stewart JC, Morgan B, Metts ST, Magnuson JM, Iglowski NJ, et al. Instrument-assisted soft tissue mobilization and proprioceptive neuromuscular facilitation techniques improve hamstring flexibility better than static stretching alone: A randomized clinical trial. *J Man Manip Ther.* 2019;27(1):15–23.
13. Medeiros DM, Cini A, Sbruzzi G, Lima CS. Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiother Theory Pract.* 2016;32(6):438–45.
14. Danielsson A, Horvath A, Senorski C, Alentorn-Geli E, Garrett WE, Cugat R, et al. The mechanism of hamstring injuries- A systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):641.
15. Calle P, Muñoz Y Barba M, Catalán D, Fuentes MT. Los efectos de los estiramientos musculares: ¿Qué sabemos realmente? *Rev Ibero Fis Kines.* 2006;9(1):36–44.
16. Konrad A, Stafilidis S, Tilp M. Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties. *Scand J Med Sci Sport.* 2017;27(10):1070–80.
17. Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: Mechanisms and clinical implications. *Sport Med.* 2006;36(11):929–39.
18. Mahieu NN, Cools A, De Wilde B, Boon M, Witvrouw E. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Scand J Med Sci Sport.* 2009;19(4):553–60.
19. Henricson AS, Fredriksson K, Persson I. The effect of heat and stretching on the range of hip motion. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1984;6(2):110–5.
20. Etnyre BR, Abraham LD. Gains in range of ankle dorsiflexion using three popular stretching techniques. *Am J Phys Med.* 1986;65(4):189–96.
21. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Dyhre-Poulsen P, McHugh MP, Kjaer M. Mechanical and physiological responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77(4):373–8.
22. Ferber R, Osternig LR, Gravelle DC. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *J Electromyogr Kinesiol.* 2002;12(5):391–7.
23. Wallin D, Ekblom B, Grahn R, Nordenborg T. Improvement of muscle flexibility: A comparison between two techniques. *Am J Sports Med.* 1985;13(4):263–8.
24. O'Sullivan K, Murray E, Sainsbury D. The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BMC Musculoskelet Disord.* 2009;10:37.
25. Ayala F, De Baranda PS, Cejudo A. El entrenamiento de la flexibilidad: Técnicas de estiramiento. *Rev And Med Dep.* 2012;5:105–12.
26. Nelson RT. A Comparison of the immediate effects of eccentric training vs static stretch on hamstring flexibility in high school and college athletes. *N Am J Sports Phys Ther.* 2006;1(2):56–61.
27. Fletcher IM, Jones B. The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *J Strength Cond Res.* 2004;18(4):885–8.
28. Mizuno T. Changes in joint range of motion and muscle-tendon unit stiffness after varying amounts of dynamic stretching. *J Sports Sci.* 2017;35(21):2157–63.
29. Perrier ET, Pavol MJ, Hoffman MA. The acute effects of a warm-up including static or dynamic stretching on countermovement jump height, reaction time, and flexibility. *J Strength Cond Res.* 2011;25(7):1925–31.
30. Zhou WS, Lin JH, Chen SC, Chien KY. Effects of dynamic stretching with different loads on hip joint range of motion in the elderly. *J Sport Sci Med.* 2019;18(1):52–7.

31. Lee JH, Jang KM, Kim E, Rhim HC, Kim HD. Effects of static and dynamic stretching with strengthening exercises in patients with patellofemoral pain who have inflexible hamstrings: A randomized controlled trial. *Sports Health*. 2021;13(1):49–56.
32. Su H, Chang NJ, Wu WL, Guo LY, Chu IH. Acute effects of foam rolling, static stretching, and dynamic stretching during warm-ups on muscular flexibility and strength in young adults. *J Sport Rehabil*. 2017;26(6):469–77.
33. Lempke L, Wilkinson R, Murray C, Stanek J. The effectiveness of PNF versus static stretching on increasing hip-flexion range of motion. *J Sport Rehabil*. 2018;27(3):289–94.
34. Iwata M, Yamamoto A, Matsuo S, Hatano G, Miyazaki M, Fukaya T, et al. Dynamic stretching has sustained effects on range of motion and passive stiffness of the hamstring muscles. *J Sport Sci Med*. 2019;18(1):13–20.
35. Park S, Lim W. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching at low-intensities with standing toe touch on developing and maintaining hamstring flexibility. *J Bodyw Mov Ther*. 2020;24(4):561–7.
36. Younis HI, Buddhadev HH, Suprak DN, San Juan JG. Acute effects of two hip flexor stretching techniques on knee joint position sense and balance. *Int J Sports Phys Ther*. 2018;13(5):846–59.
37. Siebert T, Donath L, Borsdorf M, Stutzig N. Effect of static stretching, dynamic stretching, and myofascial foam rolling on range of motion during hip flexion: A randomized crossover trial. *J Strength Cond Res*. 2022;36(3):680–5.
38. Etnyre BR, Lee EJ. Chronic and acute flexibility of men and women using three different stretching techniques. *Res Q Exerc Sport*. 1988;59(3):222–8.
39. Rowlands AV, Marginson VF, Lee J. Chronic flexibility gains: Effect of isometric contraction duration during proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques. *Res Q Exerc Sport*. 2003;74(1):47–51.
40. Thomas E, Bianco A, Paoli A, Palma A. The relation between stretching typology and stretching duration: The effects on range of motion. *International Journal of Sports Medicine*. 2018;39:243–54.
41. Roberts JM, Wilson K. Effect of stretching duration on active and passive range of motion in the lower extremity. *Br J Sports Med*. 1999;33(4):259–63.
42. Birinci T, Razak A, Altun S, Kural C. A structured exercise program combined with proprioceptive neuromuscular facilitation stretching or static stretching in posttraumatic stiffness of the elbow: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2019;33(2):241–52.
43. Ballantyne F, Fryer G, McLaughlin P. The effect of muscle energy technique on hamstring extensibility: the mechanism of altered flexibility. *J Osteopath Med*. 2003;6(2):59–63.
44. Kumar A, Nagaraj S, Man R, Neupane B. Neurodynamic sliding versus PNF stretching on hamstring flexibility in collegiate students: A comparative study. *Int J Phys Educ Sport Heal*. 2017;4(1):29–33.