






Efectividad de diferentes tiempos de facilitación neuromuscular sostener-relajar en la movilidad de rodilla: ensayo clínico aleatorizado

Effectiveness of different hold-relax neuromuscular facilitation times on knee mobility: a randomized clinical trial

Oscar Eduardo Mateus Arias^{1*} ; Andersson Gómez Sanabria¹ ; Catalina Parra Ardila¹ ;
Javier Martínez Torres² ; Sonia Carolina Mantilla Toloza¹ 

*oscar.mateus@unipamplona.edu.co

Forma de citar: Mateus Arias OE, Gómez Sanabria A, Parra Ardila C, Martínez Torres J, Mantilla Toloza SC. Efectividad de diferentes tiempos de facilitación neuromuscular sostener-relajar en la movilidad de rodilla: ensayo clínico aleatorizado. Salud UIS. 2023; 55: e23077. doi: <https://doi.org/10.18273/saluduis.55.e:23077> 

Resumen

Introducción: el estiramiento aumenta el arco de movimiento. Las técnicas de facilitación han demostrado su efectividad, sin embargo, no está claro el tiempo a usarse para tal fin. **Objetivo:** estimar la eficacia de los diferentes tiempos de aplicación de la técnica de facilitación neuromuscular propioceptiva, sostener-relajar, sobre los rangos de movilidad de rodilla en adultos jóvenes sanos. **Metodología:** ensayo clínico controlado aleatorizado, doble ciego, en el que participaron 34 adultos jóvenes, con edad entre 20 y 37 años. La evaluación de la flexibilidad de la rodilla se realizó bilateralmente usando como punto de referencia el ángulo poplíteo a través de videografía, usando el software Kinovea. Seguidamente, los sujetos fueron aleatorizados y asignados a 3 grupos de intervención de estiramiento con la técnica sostener-relajar: el primero de 21 segundos, el segundo 15 segundos y el tercer grupo control. Para estimar la eficacia de la intervención se utilizó un modelo lineal generalizado (familia: normal, enlace: identidad). **Resultados:** en los grupos de intervención con tiempos de 21 segundos (grupo 1) y 15 segundos (grupo 2), los valores promedio y desviación estándar en la valoración inicial de la línea base y valoración final posterior a la intervención, evidencian la ganancia significativa del ángulo poplíteo bilateralmente tanto del grupo 1 como del grupo 2 en comparación con el grupo control. **Conclusiones:** la ejecución del protocolo de facilitación neuromuscular propioceptiva “sostener-relajar” con tiempos diferentes, mostró que el de 21 segundos no tiene mayor superioridad al de 15 segundos, pero son superiores al control.

Palabras clave: Estiramiento; Flexibilidad; Músculos isquiosurales; Terapia por ejercicio; Medicina física y rehabilitación; Rehabilitación; Fisioterapia; Técnicas de ejercicio con movimientos.

¹ Universidad de Pamplona. Colombia.

² Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia.

Abstract

Introduction: Stretching increases the range of motion. Facilitation techniques have demonstrated their effectiveness, however, the time to be used for this purpose is not clear. **Objective:** To estimate the effectiveness of different application times of the proprioceptive neuromuscular facilitation technique, hold-relax, on knee mobility ranges in healthy young adults. **Methodology:** Randomized, double-blind controlled clinical trial in which 34 young adult, aged between 20 and 37 years, participated. Knee flexibility assessment was performed bilaterally using the popliteal angle as a reference point through videography, using Kinovea software. The subjects were then randomized and assigned to 3 stretching intervention groups with the hold-relax technique: the first 21 seconds, the second 15 seconds, and the third control group. To estimate the effectiveness of the intervention, a generalized linear model (family: normal, link: identity) was used. **Results:** In the intervention groups with times of 21 seconds (group 1) and 15 seconds (group 2), the average values and standard deviation in the initial baseline assessment and final assessment after the intervention show a significant gain. of the popliteal angle bilaterally in both group 1 and group 2 compared to the control group. **Conclusions:** The execution of the Hold-Relax proprioceptive neuromuscular facilitation protocol with different times showed that the 21 second protocol is not greater than the 15 second protocol, but they are superior to the control.

Keywords: Stretching; Flexibility; Hamstring; Exercise therapy; Physical and rehabilitation medicine; Rehabilitation; Physical therapy specialty; Exercise movement techniques.

Introducción

La flexibilidad se define como la habilidad para mover libremente las articulaciones a través del arco de movimiento articular (ROM, por sus siglas en inglés)¹. Es un componente importante de la aptitud física y una de las cualidades esenciales para conseguir y tender a la mejora de la condición física².

Así mismo, una limitada flexibilidad se asocia con una mayor predisposición a sufrir lesiones musculoesqueléticas³. Este es un problema que afecta a la población en general, tanto a personas con algún tipo de afectación como a personas sin lesiones⁴. Una disminución de la flexibilidad muscular no solamente reduce el nivel funcional, sino que también provoca daños en el sistema musculoesquelético por sobreuso⁵. Dicho daño ocurre principalmente en músculos multiarticulares que tienen una gran excursión funcional y un gran porcentaje de fibras musculares de contracción rápida. Ha sido informado que la musculatura isquiotibial es el músculo multiarticular que se daña con mayor frecuencia en el cuerpo humano⁶. La insuficiente flexibilidad de los isquiotibiales se asocia con alteraciones adversas en la cinemática de los miembros inferiores⁷. La disminución de la flexibilidad de los isquiotibiales también conduce al desarrollo de dolor lumbar, ya que los isquiotibiales tiran de la pelvis en rotación posterior y dan como resultado compensaciones espinales⁸.

Una estrategia eficaz que puede adoptarse para aumentar el ROM es el estiramiento muscular⁹ y también para disminuir la rigidez músculo-tendinosa¹⁰. Se ha demostrado que dicha estrategia actúa sobre el ROM a varios niveles, disminuye las propiedades viscoelásticas de los tendones humanos y aumenta la compliancia in vivo a nivel anatómico¹¹. A su vez, reduce la actividad refleja espinal y varía la excitabilidad presináptica de las vías inhibitorias Ia (fibra sensorial del receptor de estiramiento de los músculos, la cual monitorea constantemente la velocidad a la que cambia un estiramiento muscular) a nivel fisiológico¹² y actúa a través de una modificación progresiva de la sensación como resultado de una mayor tolerancia a un estiramiento¹³. El término estiramiento generalmente se refiere a una técnica adoptada para la elongación muscular. Este acto puede llevarse a cabo en diferentes modalidades con cuatro parámetros principales de estiramiento capaces de influir en el aumento o disminución de la flexibilidad de una articulación: frecuencia, duración, intensidad, que se puede distinguir en frecuencia por sesión y frecuencia por semana, y posición de estiramiento¹⁴.

Disímiles protocolos y estrategias de estiramiento son considerablemente utilizados para mantener la salud o mejorar la flexibilidad, ya que actúan sobre la unidad músculo-tendinosa, con el objetivo de ganar el ROM de las articulaciones¹⁵. Las técnicas de estiramientos estáticos, dinámicos y balísticos, así como la facilitación

neuromuscular propioceptiva, son métodos relevantes para aumentar el ROM¹⁶. El estiramiento estático (que se puede dividir en activo o pasivo), balístico (una forma de estiramiento estático o dinámico realizado en un movimiento de rebote) y facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP), lo que implica un estiramiento y una contracción del músculo al que se dirige¹⁷.

Los estiramientos con FNP son considerados una de las técnicas y formas de elongación más adecuadas para modificar el ROM, característicamente, con respecto a pequeños cambios y a corto plazo en el ROM¹⁸. El estiramiento de tipo FNP se puede definir como una combinación de contracción isométrica y alargamiento pasivo del músculo o grupo de músculos objetivo¹⁹.

Varios autores han identificado las técnicas de FNP como superiores a otros métodos de estiramiento para mejorar la flexibilidad^{18,20}. Hay diferentes tipos de estiramiento FNP incluido contraer-relajar (CR), sostener-relajar (SR), y finalmente inversión lenta sostener-relajar (ILSR); estos generalmente se ejecutan pidiendo al sujeto que realice una contracción muscular entre el 75 % a 100 % de la máxima contracción, manteniéndolo presionado por 10 segundos y luego pidiendo su relajación²¹. El método de estiramiento SR se basa en el enfoque de la FNP, y se aplica con la intención de estimular los receptores sensoriales que brindan información sobre la posición y el movimiento articular para facilitar un movimiento deseado, y requiere de una contracción isométrica resistida⁷.

Las recomendaciones para la duración del estiramiento en los programas de entrenamiento de flexibilidad varían de 5 a 60 segundos^{22,23} y repeticiones de 2 a 4 veces²⁴, el Colegio Americano de Medicina Deportiva indica que la duración del estiramiento estático sea de 15 a 30 segundos²⁵, mientras que la Asociación Nacional de Fuerza y Acondicionamiento recomienda el estiramiento estático durante 30 segundos²⁶. La falta de literatura concerniente al tiempo adecuado en la utilización de la técnica SR y a un estándar sobre los tiempos para aplicar la técnica en sus componentes para generar un estiramiento efectivo aún no está clara, por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo estimar la eficacia de los diferentes tiempos de aplicación de la técnica de FNP sostener-relajar sobre los rangos de movilidad de rodilla en adultos jóvenes sanos.

Metodología

Ensayo clínico aleatorizado, paralelo de tres brazos y doble ciego (se cegaron los evaluadores y el encargado del análisis). Esta se realizó mediante un generador de números aleatorios (Random.org; Randomness and Integrity Services), la persona encargada de la aleatorización no hacía parte de la investigación.

Participantes

Un total de 34 jóvenes adultos universitarios fueron reclutados, se asignaron de manera aleatoria a un grupo experimental SR 21 segundos (n = 12), un grupo experimental SR 15 segundos (n = 12) y un grupo control (n = 10). Se tuvo en cuenta que fueran adultos jóvenes, no haber presentado lesiones osteomusculares en los últimos 6 meses y no estar participando en actividades como deportes competitivos o entrenamiento regular de resistencia, aeróbico o de flexibilidad.

Procedimientos de medición y resultados

Las mediciones inicial y final fueron realizadas por un mismo fisioterapeuta neuro-rehabilitador con 15 años de experiencia el cual estaba cegado a la aleatorización. Previa iniciación 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 compilación de datos se llevó a cabo en el Laboratorio de Ciencias Cinemáticas de la Facultad de Salud de la Universidad de Pamplona, Colombia.

Se registró edad y sexo de cada participante, así como medidas antropométricas que fueron evaluadas con el mínimo de ropa posible y descalzos. Los instrumentos de evaluación fueron previamente calibrados.

El peso se obtuvo por medio de un bioimpedanciómetro FitScan de marca Tanita BC-601F, con pantalla LCD, memoria para 4 sujetos, función de memoria y capacidad de 150 kilos. Se usó un estadiómetro balanza digital Health o meter® 500 KL, con capacidad para 250 kilos, resolución de 0,2 libras, pantalla LCD con funciones de conversión de libras a kilogramos de 1 pulgada. La talla se midió con tallímetro de 76 a 214 centímetros, en posición bípeda, con los talones y pies juntos puestos en ángulo de 45 grados. La región occipital, espalda,

glúteos y talones, se encontraban situados en contacto con el tallímetro en su área vertical. La circunferencia de cintura fue medida con una cinta métrica dos centímetros por encima del ombligo del sujeto y la medida de cadera se tomó en la zona glútea más prominente. A partir estas mediciones se obtuvieron el índice de cintura cadera (ICC) y el índice de masa corporal (IMC).

Seguidamente, se evaluaron los arcos de movilidad de la rodilla, para lo cual se ubicó a cada sujeto en posición supina. Se ajustaron correas sujetadoras alrededor de la cadera y la pierna contraria a evaluar, con el fin de mejorar la sujeción de las articulaciones. El examinador inició el movimiento de forma pasiva del segmento inferior con la rodilla flexionada llevando la pierna a la flexión de cadera de 90°, posterior a ello comenzó la extensión de rodilla de forma progresiva y lenta hasta que fue hallada una limitación de tensión muscular. La eficacia de los tiempos evaluados de estiramiento se llevó a cabo por medio de la fotogrametría, midiendo de esta forma el grado de extensión articular de la rodilla o APOP, ya que es un método que permite conocer la extensibilidad de la musculatura isquiotibial y es una de las pruebas más recomendables para su valoración²⁷.

Se marcaron puntos de referencia con estampillas autoadhesivas a nivel del trocánter mayor del fémur, el epicóndilo lateral femoral y el maléolo lateral del peroné⁴ para la alineación de los instrumentos de medición. En la medición se registró el plano sagital del sujeto, con la cámara de un teléfono móvil Samsung Galaxy J7 modelo de cámara SM-G610M, para la toma de la imagen se tuvieron en cuenta las siguientes características: distancia focal 4 mm, apertura máxima 1,85, punto F: 1y9, tiempo de exposición 1/30s, velocidad: ISO - 80, el modo de medición fue: con un promedio central, longitud focal de 35 mm: 27, cámara de 13 megapíxeles puesta a 2 metros perpendicular a la superficie de la camilla. La evaluación del rango de movimiento articular de rodilla se realizó bilateralmente, previo y posterior al desarrollo de la intervención.

Protocolos de intervención

Después de la evaluación inicial, se realizó la aleatorización de los individuos seleccionados para el estudio. En todas las intervenciones los individuos no tuvieron ningún tipo de calentamiento antes de la intervención. La intervención fue realizada por un fisioterapeuta entrenado en el estiramiento con FNP. En los dos grupos de intervención se realizaron maniobras de estiramiento, estas se realizaron por un periodo de 12 semanas, 3 días por semana, de la siguiente manera:

Grupo 1:

Intervención sostener-relajar: Tiempo 21 segundos x 4 ciclos = 84 segundos.

El individuo se ubicó en decúbito supino en la camilla, con cinchas sujetadoras se fijó a nivel de las articulaciones de cadera y rodilla del miembro inferior contrario para optimizar la fijación articular y facilitar la ejecución de la toma del arco de movimiento. Posterior a esto el Fisioterapeuta llevó la cadera a 90°, iniciando la extensión de rodilla hasta el límite de tensión⁴ e inició el estiramiento. En cada una de las repeticiones se aplicó protocolo de la siguiente manera: se hizo una fase de sostener de 12 segundos, seguido de un tiempo de relajación de 2 de segundos, y finalmente se realizó una elongación de siete 7 segundos. En cada sesión se aplicaron 8 repeticiones, 4 para cada miembro inferior (MMII). En total, la intervención en cada MMII tenía una duración de 84 segundos.

Intervención sostener-relajar: Tiempo 15 segundos x 4 ciclos = 60 segundos.

El individuo se ubicaba decúbito supino en la camilla y se fijaron con cinchas sujetadoras a nivel de las articulaciones de cadera y rodilla del miembro inferior contrario a para optimizar la fijación articular. Posterior a esto el fisioterapeuta llevo la cadera a 90°, iniciando la extensión de rodilla hasta el límite de tensión⁴ e inició el estiramiento.

En cada una de las repeticiones se realizó el siguiente protocolo: se hizo una fase de sostener de 6 segundos, seguido de un tiempo de relajación de 2 de segundos y finalmente se realizó una elongación de 7 segundos. En cada sesión se aplicaron 8 repeticiones, 4 para cada miembro inferior (MMII). En total, la intervención en cada MMII tenía una duración de 60 segundos. En el grupo control no se aplicó ningún protocolo de estiramiento.

Análisis estadístico

Se hizo una descripción de las características, en los diferentes grupos del estudio, antes y después de la intervención. Se realizaron reportes de acuerdo con la naturaleza de las variables, para las categóricas, se utilizaron los indicadores de la frecuencia absoluta y porcentual. En el caso de variables de carácter cuantitativo se usó la media y desviación estándar.

El efecto de la intervención fue estimado mediante un análisis por intención a tratar (AIT). Para el caso de los

datos perdidos, se imputó el dato perdido que generaría desde el punto de vista teórico el peor escenario (esto podría conllevar una subestimación del efecto de la magnitud), en el caso del presente trabajo hubo un sujeto perdido en el grupo control, por ende, se le imputó el dato de mejor resultado del grupo de intervenidos. La imputación del mejor resultado se aplicó buscando penalizar los efectos de la intervención. El modelo estadístico que se usó para estimar los efectos de la intervención fue un modelo lineal generalizado (enlace: identidad, familia: normal), el cual se esquematiza de la siguiente manera:

$$y = \beta_0 + \beta_1 SR21 + \beta_2 SR15 + \beta_3 LineaBase + \beta_4 Sexo$$

En este esquema es el desenlace, es decir es el resultado de la flexibilidad posterior a la intervención, el intercepto corresponde a β_0 , β_1 el coeficiente del cambio en los individuos pertenecientes al grupo de intervención de SR 21, β_2 el coeficiente del cambio en los individuos pertenecientes al grupo de intervención de SR 15, el $\beta_3 LineaBase$ corresponde a la línea de bases y $\beta_4 Sexo$

es el sexo. Se tuvo en cuenta la inclusión del sexo porque los autores consideramos la posible presencia de un sesgo accidental con esta variable, este generalmente ocurre en muestras pequeñas con variables cualitativas que tienen menor varianza y por ende pueden generar grupos no balanceados totalmente²⁸.

Resultados

Se incluyeron 39 adultos jóvenes elegibles, de los cuales 5 fueron excluidos por diferentes razones; finalmente 34 sujetos aleatorizados en 3 grupos, 12 en el primer grupo, 12 en el segundo y 10 en el grupo control. Este proceso se muestra en la **Figura 1**.

En la **Tabla 1** se muestran las características de los individuos. Se observa que en el proceso de aleatorización el grupo sostener-relajar 21 segundos tiene mayor cantidad de hombres, esta fue la razón para incluir al sexo en el modelo lineal para estimar el efecto de la intervención. En las demás variables se observa un balanceo en la distribución de los datos.

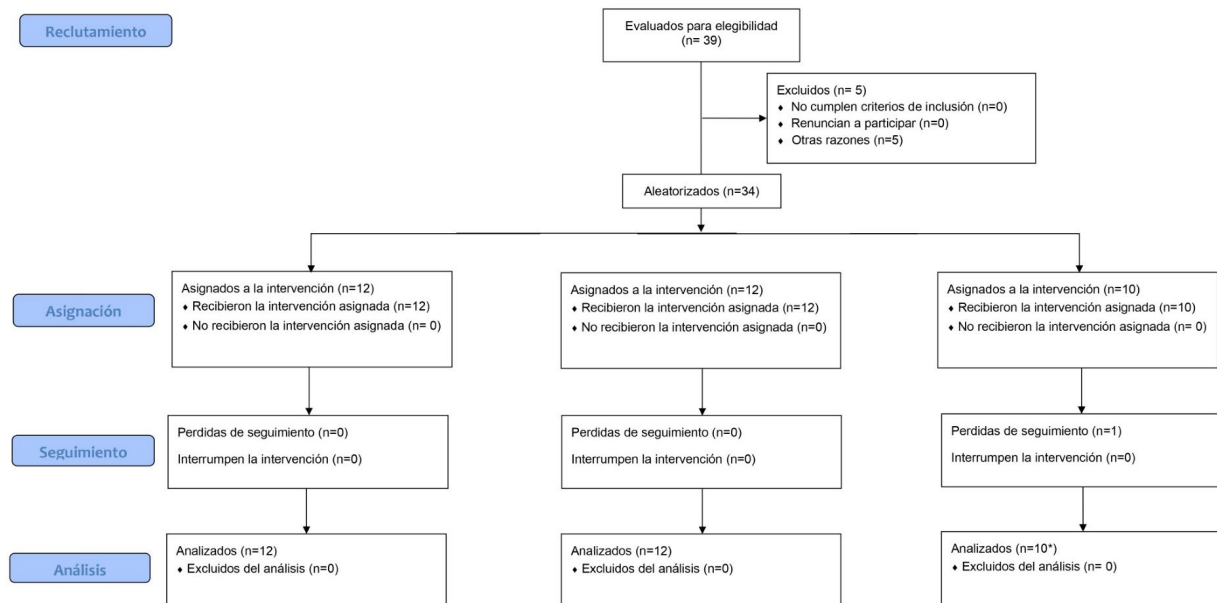


Figura 1. Flujograma asignación, seguimiento y análisis de los sujetos.

Tabla 1. Características antropométricas de la muestra

Variables	Grupo 1: S-R 21 segundos n = 12	Grupo 2 S-R 15 segundos n = 12	Grupo Control n = 10
Sexo	n (%)	n (%)	n (%)
Femenino	8 (66,67 %)	12 (100,0 %)	9 (90,00 %)
Masculino	4 (33,33 %)	0 (0,00 %)	1 (10,00 %)
	\bar{x} (de)	\bar{x} (de)	\bar{x} (de)
Edad (años)	23,92 (3,55)	23,08 (2,78)	26,00 (4,64)
Peso (kg)	64,75 (11,97)	66,44 (16,47)	67,61 (18,64)
Talla (mt)	1,62 (0,08)	1,60 (0,04)	1,59 (0,07)
IMC (kg/mt ²)	24,53 (3,22)	25,78 (5,58)	26,32 (5,13)

\bar{x} : promedio, *de*: desviación estándar, *n*: frecuencia absoluta, %: frecuencia porcentual

La **Tabla 2** muestra los resultados de la valoración inicial (previa a la intervención) y valoración final (posterior a la intervención) en los tres grupos de estudio, los datos se muestran para cada uno de los MMII. Se encontró que en los sujetos del grupo de sostener-relajar de 21 segundos vs. control mostraban

diferencias significativas en el MII (dif: 8,7 IC95 % 1,5 a 15,8) y MID (dif: 11,0 IC95 % 2,1 a 20,1), para el caso del grupo de sostener-relajar de 15 segundos vs. control, solamente se encontró diferencia en MID (dif: 10,5 IC95 % 1,4 a 19,7).

Tabla 2. Medición del APOP para cada grupo, antes y después de la intervención.

	GRUPO 1 Sostener- Relajar de 21 segundos	GRUPO 2 Sostener- Relajar de 15 segundos	Grupo Control	GRUPO 1 S-R (Sostener-Relajar de 21 segundos) vs control	GRUPO 2 S-R (Sostener-Relajar de 15 segundos) vs control
Miembro Izquierdo	\bar{x} (de)	\bar{x} (de)	\bar{x} (de)	dif (IC 95 %)	dif (IC 95 %)
Línea de base	154,9 (10,2)	150,0 (8,9)	157,5 (13,1)		
Posterior a la intervención	170,0 (9,5)	167,1 (6,89)	162,4 (8,2)	8,7 (1,5 a 15,8)	6,4 (-1,0 a 13,9)
Miembro Derecho					
Línea de base	154,8 (14,1)	148,0 (10,5)	155,6 (12,6)		
Posterior a la intervención	170,0 (9,0)	166,3 (10,1)	158,4 (11,3)	11,0 (2,1 a 20,1)	10,5 (1,4 a 19,7)

\bar{x} : media aritmética, *de*: desviación estándar, *dif*: diferencia de promedios la cual equivale al coeficiente β_1 y β_2 (magnitud de la intervención). Los valores significativos se muestran en negrilla.

Discusión

El objetivo principal de esta investigación fue estimar la eficacia de diferentes tiempos de aplicación (21 segundos vs 15 segundos) de la técnica FNP sostener-relajar sobre el ROM de la rodilla en adultos jóvenes sanos. De acuerdo con diferentes autores, todos los estiramientos aumentan la elasticidad del músculo^{4,11,16}. Por otro lado, los resultados de esta investigación son consistentes con otras investigaciones que afirman que el estiramiento de

FNPN es uno de los métodos de estiramiento más efectivos y utilizadas para mejorar el ROM^{18,29}. La técnica de SR se ha comparado con varias técnicas de estiramiento y se ha demostrado su eficacia para alargar los músculos isquiotibiales⁴. Varios estudios han demostrado que el tiempo que puede llegar a ser beneficioso en la consecución del aumento del arco de movimiento^{11,30}, e indican que los tiempos adecuados varían entre los 5 y los 300 segundos para poder generar un estiramiento

adecuado^{2,16,31}, en concordancia con esto, en nuestro estudio se tuvieron en cuenta tiempos de estiramiento de 61 a 84 segundos lo cual demostró ganancias en el arco de movimiento articular de la rodilla.

A su vez, los resultados revelaron que los 2 grupos experimentales de 15 y 21 segundos tuvieron ganancias significativas al ser comparados con el control, esto se encamina en la misma línea de estudios que pudieron determinar que al comparar grupos de estiramiento vs grupos control hay diferencias significativas al final de la aplicación de la técnica³⁰, y que además recomiendan el estiramiento para el mantenimiento de la salud y evitar lesiones a largo plazo¹⁵. Esta ganancia en los rangos de movilidad articular pueden llegar a ser una forma de minimizar los traumatismos presentados en este grupo muscular³², y la evidencia actual apoya el uso de los programas de estiramiento como la FNP para aumentar la flexibilidad de los isquiotibiales³³.

Por otra parte, no hubo diferencias entre los grupos de estiramiento de 15 y 21 segundos en cuanto a la ganancia de arco de movimiento después de un estiramiento realizado durante 12 semanas. Esto puede ser debido a que la literatura informa que el tiempo para lograr un adecuado estiramiento con la técnica sostener-relajar está aproximadamente en 30 segundos⁶ y que independientemente del tipo de estiramiento, los incrementos en el ROM se dan después de 4 semanas¹⁵. Aunque los dos grupos de estiramiento variaron en cuanto al tiempo usado en la primera parte de la técnica, que se refiere a la contracción isométrica o el “sostener”, ya que en el grupo de 21 segundos se usaron 12 segundos para esta y en el grupo de 15 segundos se usaron 6 segundos, no hubo diferencias en la ganancia de arco de movimiento a pesar de que el tiempo fue el doble entre ambos grupos. Por tal motivo, está en la misma línea de estudios que encontraron que contracciones isométricas entre 5 y 20 segundos debería ser el tiempo usado para esta primera parte^{11,19}, además, de la misma manera en el estudio de Bonnar et al.³⁴ no se lograron encontrar diferencias al realizar la técnica SR con tiempos de contracción de 3, 6 y 10 segundos para la ganancia del ROM de los flexores de cadera. Por otro lado, un estudio que buscó diferencias entre los arcos de movimiento usando la técnica SR con 10 y 20 segundos respetivamente tampoco encontró diferencias entre los dos grupos pero sí ganancia en el arco de movimiento a nivel articular de la rodilla en comparación con las medidas iniciales. En cuanto al número de series que se llevaron a cabo en nuestro estudio, parece ser que este no influyó en gran medida en la ganancia del ROM, ya que estudios previos concuerdan con que con una

sola maniobra que se realice es suficiente para ganar flexibilidad^{9,35}.

En cuanto a la frecuencia de trabajo, se recomienda repetir las técnicas de SR hasta que no se gane más rango de movimiento⁷. En este estudio se usó una frecuencia de 3 veces por semana, lo que concuerda con hallazgos en otras investigaciones las cuales refieren que un promedio de 2 a 3 veces por semana puede llegar a ser efectivo para la ganancia del ROM^{18,20,36}. Por otro lado, Thomas et al. refieren que realizar estiramientos al menos 5 días a la semana podría ser benéfico para promover aumentos en el ROM¹⁵. Por lo tanto, realizar estiramientos en un rango de 2 a 5 veces por semana puede llevar a la mejora en la flexibilidad y consecuentemente en la ganancia del ROM.

Ambas intervenciones experimentales demostraron aumentos significativos en la ROM de la rodilla independiente del tiempo usado para tal caso, en consecuencia, se puede afirmar la eficacia de la técnica SR en la mejora del ROM. Esto proporciona evidencia de que la técnica puede ser utilizada para acrecentar la flexibilidad del músculo. Los mecanismos detrás del aumento del ROM observado en otros estudios al igual que este, siguen sin estar claros. Sin embargo, una gran cantidad de investigaciones que estudian los efectos de estiramiento en las estructuras pasivas de los tendones musculares no respaldan la idea de los cambios morfológicos^{2,13}. Estas adaptaciones morfológicas a las estructuras elásticas, como los ligamentos, los tendones, los músculos, las fascias y la piel, solo pueden observarse después de intervenciones de entrenamiento de estiramiento prolongadas (>8 semanas)^{2,13}, en nuestra investigación pudo llegar a darse cambios morfológicos en estructuras por el tiempo usado que fue de 12 semanas, lo que podría explicar de alguna manera la ganancia en el ROM. A su vez otras posibles explicaciones son, que la extensibilidad muscular se debe a una deformación viscoelástica³⁷, ya que algunos autores afirman que un aumento inmediato en la longitud muscular puede ocurrir debido al comportamiento viscoso de los músculos cada vez que se someten a un estiramiento de magnitud suficiente y duración o frecuencia³⁸. Este aumento de la longitud es una deformación viscoelástica porque su magnitud y duración están limitadas por la elasticidad inherente de los músculos³⁷, por otro lado, la estimulación de los reflejos neuromusculares que inducen la relajación de los músculos sometidos a estiramiento estático.³⁷ La eficacia del estiramiento se ha atribuido a factores neurofisiológicos y mecánicos. La base neurofisiológica del estiramiento se basa en la inhibición neural del

músculo que se está estirando³⁹. El órgano tendinoso de Golgi es un receptor nervioso que se activa cuando se acrecienta la tensión en el tendón. Esta tensión puede deberse al estiramiento o la contracción muscular cuando el órgano tendinoso de Golgi dispara una señal que se envía a la médula espinal, haciendo que el músculo agonista se relaje². Esto puede aumentar el ROM por inhibición autógena del músculo objetivo¹⁸.

Esta investigación no está ajena a limitaciones y una de ellas es, que se hizo una asignación aleatoria simple, cuando debió realizarse un muestreo adaptativo que pudiera disminuir la posibilidad de sesgo accidental. Por otro lado, la poca cantidad de hombres incluidos en la investigación generó desbalances en los grupos, lo que llevó a la necesidad de ajustar el modelo por sexo, disminuyendo la parsimonia del modelo, generando un parámetro más a estimar.

Conclusiones

Nuestros resultados indican que tanto la intervención de los 21 segundos como la de los 15 segundos con la técnica FNP sostener-relajar muestran mejores resultados en comparación con el grupo control. Aunque la técnica de 21 segundos mostró mejores resultados que la de 15 segundos, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Se necesita más investigación para comprender cómo los diferentes tipos de protocolos de estiramiento pueden afectar las variables estudiadas en el estudio actual.

Contribución de los autores

Concepción y diseño del estudio, recolección de datos, redacción del artículo, aprobación final de la versión a publicar: OEMA, AGS, CPA, JMT. Revisión crítica de una parte sustancial del contenido intelectual, aprobación final de la versión a publicar SCMT.

Conflicto de interés

Los autores expresan que esta investigación se realizó en ausencia de alguna relación financiera o comercial que pudiera ser interpretada como un potencial conflicto de interés.

Consideraciones éticas

Todos los sujetos que participaron fueron notificados de los beneficios y riesgos del estudio y se recibió por escrito el consentimiento informado firmado por cada uno de ellos. El presente estudio tuvo en cuenta los lineamientos de la resolución 8430 de 1993, clasificada en la categoría investigación con riesgo mínimo, en todas las fases de la investigación se mantuvo la beneficencia, no maleficencia. El trabajo fue aprobado y avalado por el Comité de Ética e impacto ambiental de la Universidad de Pamplona según en el acta 004 del 21 de mayo de 2018.

Apoyo tecnológico de IA

Los autores certifican que no han utilizado inteligencia artificial modelos de lenguaje, *machine learning* o alguna tecnología similar como ayuda en la creación de este artículo.

Referencias

1. Dantas E, Daoud R, Trott A, Nodari R, Conceição M. Flexibility: components, proprioceptive mechanisms and methods. *Biomed Hum Kinet*. 2011; 3(3): 39–43. doi: <http://dx.doi.org/10.2478/v10101-011-0009-2>
2. Lima CD, Ruas CV, Behm DG, Brown LE. Acute effects of stretching on flexibility and performance: A narrative review. *J Sci Sport Exerc*. 2019; 1(1): 29–37. doi: <https://dx.doi.org/10.1007/s42978-019-0011-x>
3. Mohamadi P, Ghotbi N, Bashardoust S, Naghdi Dorbati S, Salehi S. Comparison of the effect of tecar therapy and static stretching on hamstring flexibility in male athletes. *J Babol Univ Med Sci*. 2021; 23(1): 53–59. doi: <http://dx.doi.org/10.22088/jbums.23.1.53>
4. Kumar GP. Comparison of cyclic loading and hold relax technique in increasing resting length of hamstring muscles. *Hong Kong Physiother J*. 2011; 29(1): 31–33. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hkpj.2011.03.002>
5. 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): 681–689.
6. 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): 289–294. doi: <http://dx.doi.org/10.1123/jsr.2016-0098>
 7. Cayco CS, Labro AV, Gorgon EJR. Hold-relax and contract-relax stretching for hamstrings flexibility: A systematic review with meta-analysis. *Phys Ther Sport.* 2019; 35: 42–55. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.11.001>
 8. Gopi S, Mistry Neeta J, Vyas Megha S. Comparison of the effect of active release technique versus proprioceptive neuro-muscular facilitation stretching (modified hold-relax) on hamstring flexibility in patients having chronic low back pain. *Natl J Integr Res Med.* 2015; 6(5): 66–70.
 9. Opplert J, Babault N. Acute effects of dynamic stretching on muscle flexibility and performance: An analysis of the current literature. *Sport Med.* 2017; 48(2): 299–325. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-017-0797-9>
 10. Kay AD, Blazevich AJ. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: A systematic review. *Med Sci Sports Exerc.* 2012; 44(1): 154–164. doi: <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e318225cb27>
 11. Nakamura M, Ikezoe T, Tokugawa T, Ichihashi N. Acute effects of stretching on passive properties of human gastrocnemius muscle-tendon unit: Analysis of differences between hold-relax and static stretching. *J Sport Rehabil.* 2015; 24(3): 286–292. doi: <http://dx.doi.org/10.1123/jsr.2014-0164>
 12. Guissard N, Duchateau J. Neural aspects of muscle stretching. *Exerc Sport Sci Rev.* 2006; 34(4): 154–158. doi: <http://dx.doi.org/10.1249/01.jes.0000240023.30373.eb>
 13. Freitas S, Mendes B, Guillaume LS, Andrade R, Nordez A, Milanovic Z. Can chronic stretching change the muscle-tendon mechanical properties? A review. *Int J Lab Hematol.* 2017; 28(3): 42–49. doi: <https://doi.org/10.1111/sms.12957>
 14. Apostolopoulos N, Metsios GS, Flouris AD, Koutedakis Y, Wyon MA. The relevance of stretch intensity and position—a systematic review. *Front Psychol.* 2015; 6: 1-25. doi: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01128>
 15. Thomas E, Bianco A, Paoli A, Palma A. The relation between stretching typology and stretching duration: The effects on range of motion. *Int J Sports Med.* 2018; 39(4): 243–254. doi: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0044-101146>
 16. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: A systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2015; 41(1): 1–11. doi: <http://dx.doi.org/10.1139/apnm-2015-0235>
 17. Magnusson SP. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. A review. *Scand J Med Sci Sports.* 1998; 8(2): 65-77. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00171.x>
 18. Birinci T, Razak Ozdincler A, Altun S, Kural C. A structured exercise programme combined with proprioceptive neuromuscular facilitation stretching or static stretching in posttraumatic stiffness of the elbow: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2019; 33(2): 241–252. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/0269215518802886>
 19. Marek SM, Cramer JT, Fincher L, Massey L, Dangelmaier S, Purkatashta S, et al. Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. *J Athl Train.* 2005; 40(2): 94–103.
 20. 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): 259–263. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.33.4.259>
 21. Page P. Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther.* 2012; 7(1): 109–119.
 22. Mateus-Arias OE, Santos-Gómez AF, Suarez-Cacedo AM, Morales-González Y, Martínez-Torres 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: <https://doi.org/https://doi.org/10.18566/medupb.v42n2.a03>
 23. 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. doi: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30787647/>
 24. Su H, Chang N-J, Wu W-L, Gou L-Y, Chu I-H. acute effects of foam rolling, static stretching, and dynamic stretching during warm-ups on muscular flexibility and strength in young adults. *J Sport Rehabil.* 2016; 26(6): 469–477. doi: <http://dx.doi.org/10.1123/jsr.2016-0107>
 25. Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS; American college of sports medicine. ACSM’s new preparticipation health screening recommendations from ACSM’s guidelines for exercise testing

- and prescription, ninth edition. *Curr Sports Med Rep.* 2013; 12(4): 215-217. doi: <http://dx.doi.org/10.1249/JSR.0b013e31829a68cf>
26. Williams C. Flexibility training: incorporating all components of fitness. *Perform Train J.* 2011; 10(1): 4-11.
27. Quintana Aparicio E, Alburquerque Sendín F. Evidencia científica de los métodos de evaluación de la elasticidad de la musculatura isquiosural. *Osteopat Cient.* 2008; 3(3): 115-124. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1886-9297\(08\)75760-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1886-9297(08)75760-6)
28. Mansournia MA, Higgins JPT, Sterne JAC, Hernan MA. Biases in randomized trials: A conversation between trialists and epidemiologists. *Epidemiology.* 2017; 28(1): 54-59. doi: <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000564>
29. Younis Aslan 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): 846-859.
30. Moustafa IM, Ahbouch A, Palakkotuparambil F, Walton LM. Optimal duration of stretching of the hamstring muscle group in older adults: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2021; 57(6): 931-939. doi: <http://dx.doi.org/10.23736/S1973-9087.21.06731-9>
31. 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): 561-567. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.08.003>
32. Osailan A, Jamaan A, Talha K, Alhndi M. Instrument assisted soft tissue mobilization (IASTM) versus stretching: A comparison in effectiveness on hip active range of motion, muscle torque and power in people with hamstring tightness. *J Bodyw Mov Ther.* 2021; 27: 200-206. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.03.001>
33. Hill KJ, Robinson KP, Cuchna JW, Hoch MC. Immediate effects of PNF stretching programs compared to passive stretching programs for hamstring flexibility: a critical appraised topic. *J Sport Rehabil.* 2016; 26(6): 567-572. doi: <http://dx.doi.org/10.1123/jsr.2016-0003>
34. Bonnar P, Deivert R, Gould T. The relationship between isometric contraction durations during hold-relax stretching and improvement of hamstring flexibility. *J Sports Med Phys Fitness.* 2004; 44(4): 258-261.
35. Gonzalez-Rave JM, Sanchez-Gomez A, Santos-Garcia DJ. Efficacy of 2 different stretch training programs (passive vs PNF) on shoulder and hip ROM in older people. *J Strength Cond Res.* 2012; 26(4): 1045-1051. doi: <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822dd4dd>
36. 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): 168-172. doi: <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182956432>
37. Weppeler CH, Magnusson SP. Increasing muscle extensibility: A matter of increasing length or modifying sensation? *Phys Ther.* 2010; 90(3): 438-449. doi: <http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20090012>
38. Chan SP, Hong Y, Robinson PD. Flexibility and passive resistance of the hamstrings of young adults using two different static stretching protocols. *Scand J Med Sci Sports.* 2001; 11(2): 81-86. doi: <http://dx.doi.org/10.1034/J.1600-0838.2001.011002081.X>
39. Yildirim MS, Ozyurek S, Tosun O, Uzer S, Gelecek N. Comparison of effects of static, proprioceptive neuromuscular facilitation and Mulligan stretching on hip flexion range of motion: A randomized controlled trial. *Biol Sport.* 2016; 33(1): 89-94. doi: <http://dx.doi.org/10.5604/20831862.1194126>