

Tiempo y frecuencia de aplicación del estiramiento muscular estático en sujetos sanos: una revisión sistemática.

Carolina Ramírez Ramírez,^{1,2} Diana Carolina Dallos Santander,² Carolina Montañez Maldonado²

El estiramiento muscular ha demostrado ser efectivo en el escenario clínico para recuperar y mantener la movilidad articular comprometida luego de intervenciones quirúrgicas, periodos de inmovilización, traumas y otras patologías que limitan la flexibilidad. Sin embargo aún es motivo de discusión e investigación los parámetros de aplicación que permitan conseguir los efectos que se le atribuyen, por tal razón se realiza la siguiente revisión sistemática. Métodos: la búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en bases de datos como Proquest, Hinari, Ovid, y en publicaciones disponibles en papel como la revista Physical Therapy, Asociación Colombiana de Fisioterapia, y páginas web como la American Physical Therapy Association (APTA). Los artículos que cumplieron los criterios de inclusión fueron evaluados por las autoras en cuanto a su calidad metodológica a través de la tabla diseñada para tal fin, que tenía en cuenta el tipo de estudio, la fecha de publicación, características de la población estudiada y el protocolo de estiramiento muscular aplicado. Resultados: catorce artículos cumplieron los criterios de inclusión, de ellos tres obtuvieron bajo puntaje metodológico mientras que los restantes obtuvieron puntajes que oscilaron entre 62 y 100 puntos. Conclusión: realizar un estiramiento estático de 30 segundos, tres veces a la semana durante seis semanas es suficiente para mejorar la flexibilidad en adultos jóvenes sanos. **SaludUIS 2006; 38: 209-220**

Palabras Clave: estiramiento estático, tiempo y frecuencia, flexibilidad.

Static stretching has demonstrated effectiveness in the clinical scene for keeping and recovery of the joint motion after surgical interventions, periods of immobilization, trauma and others pathologies that limit flexibility. However, the parameters of application than allow to get the attributed effects still are a motive of discussion and investigation, by this reason we realized this systematic review. Methods: the bibliographic search was carried out in databases as Proquest, Hinari, and Ovid and in available publications in paper like the magazines Physical Therapy and Asociación Colombiana de Fisioterapia and on web sites like the American Physical Therapy Association (APTA). The articles than complied the inclusion criteria were evaluated in methodological quality by the authors using a chart designed for such end, which included study type, publication date, population's characteristics and the protocol applied for muscular stretching. Results: fourteen articles completed the inclusion parameters; three of them obtained low methodological scores while the rest obtained scores that oscillated between 62 and 100 points. Conclusion: to carry out a 30 seconds lasting static stretching three times a week for 6 weeks is enough to improve flexibility in young healthy people. **SaludUIS 2006; 38: 209-220**

Key Words: static stretching, time and frequency, flexibility.

INTRODUCCIÓN

El estiramiento muscular estático ha sido un método utilizado para mejorar la flexibilidad estática, mantener la flexibilidad dinámica y conseguir un mayor rango de movimiento articular.¹ Ésta técnica consiste en un alargamiento lento, deliberado y sostenido de un músculo en una determinada posición, durante un periodo de tiempo variable, que debe facilitar la elongación plástica del tejido conectivo con menor gasto

energético que otro tipo de estiramiento. Además, el estiramiento muscular estático es considerado la prueba de oro para medir la flexibilidad.²⁻⁶

La gran utilidad que se le ha atribuido al estiramiento estático se debe a que permite una adecuada adaptación del tejido muscular, disminuye el dolor y el deterioro de la movilidad articular, sin desencadenar el reflejo miotático del músculo sometido a estiramiento. Se le han atribuido múltiples efectos entre los que se encuentran la relajación del estrés y la tensión muscular, el alivio del dolor lumbar, de calambres musculares y del dolor muscular de inicio tardío, también se cree que previene lesiones y mejora la aptitud y la simetría corporal.^{2,6-10}

¹ Docente Universidad de Pamplona.

² Fisioterapeuta. Universidad Industrial de Santander.

Correspondencia: Carolina Ramírez R. Calle 14 No. 11-95. Pamplona. E-mail: carolramirez@unipamplona.edu.co.

Recibido: Mayo 2 de 2006 / Aceptado: Agosto 22 de 2006

Recientes investigaciones apoyan el hecho de que el estiramiento muscular estático posee un efecto miofibrillogénico, al generar una respuesta biológica de

la fibra muscular. De acuerdo con el modelo propuesto por DeDeyne, ésta respuesta del estiramiento pasivo en una fibra muscular implica varios pasos básicos que parten desde la transmisión de éste al sarcolema a través de un complejo integral de proteínas de membrana, hasta que finalmente genera una cascada de señales que pueden conducir a múltiples respuestas citoplásmicas que llevan a la síntesis de una nueva proteína. La figura 1 muestra la vía potencial propuesta por DeDeyne para que el estiramiento muscular produzca la miofibrillogénesis.¹¹

El control autocrino (la fibra muscular en si misma) y paracrino (los fibroblastos o otras células contiguas con la fibra muscular) parecen también estar involucrado en el efecto miofibrillogénico del estiramiento muscular. En este caso, el factor de crecimiento insulínico 1 (IGF-1), el factor de crecimiento derivado de las plaquetas (PDGF) y el factor de crecimiento fibroblástico (FGF) serían los involucrados en la proliferación mioblástica o en la maduración muscular.^{12,13} En este sentido, Goldspink y cols referenciados en Alter M,¹³ describieron la liberación de IGF-1 en los músculos durante el estiramiento pasivo, lo cual permite crear la hipótesis que el estiramiento muscular podría influir en la miofibrillogénesis, sin embargo se requieren de investigaciones adicionales que corroboren éste hallazgo.

Desde el punto de vista biomecánico, cuando se realiza el estiramiento muscular estático se generan dos respuestas: *Creep* o *deformación progresiva* y *relajación de la fuerza*, el primero sucede cuando se somete un tejido viscoelástico a la acción de una carga constante durante un periodo de

tiempo e inicialmente se produce una deformación rápida y luego una deformación lenta, progresiva y creciente hasta alcanzar el equilibrio. Más allá de este punto la cantidad de deformación disminuye.^{5,8,9,14,15} La relajación de la fuerza ocurre cuando un material viscoelástico como la unión miotendinosa, se mantiene en una longitud constante durante un periodo de tiempo. La respuesta en este caso consiste en un elevado estrés inicial en el tejido, seguido por una disminución progresiva del mismo de manera lenta, progresivamente decreciente dependiente del tiempo.^{3,8,12,15-17}

En relación con lo anterior, no existe acuerdo sobre el tiempo mínimo necesario que le permita al tejido muscular de individuos sanos generar éstas respuestas mecánicas y producir así, los efectos que por años se le han atribuido al estiramiento.^{17,18} Por ello, el propósito de este artículo es revisar los parámetros de aplicación del estiramiento muscular estático usado por varios autores, analizar la calidad metodológica de dichos estudios, así como los resultados obtenidos por éstos, para sugerir el tiempo y la frecuencia de aplicación que de acuerdo con la literatura publicada, muestran mayor utilidad en sujetos sanos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección del estudio

La búsqueda de los artículos se llevó a cabo en las bases de datos Proquest, Hinari y OVID, publicaciones

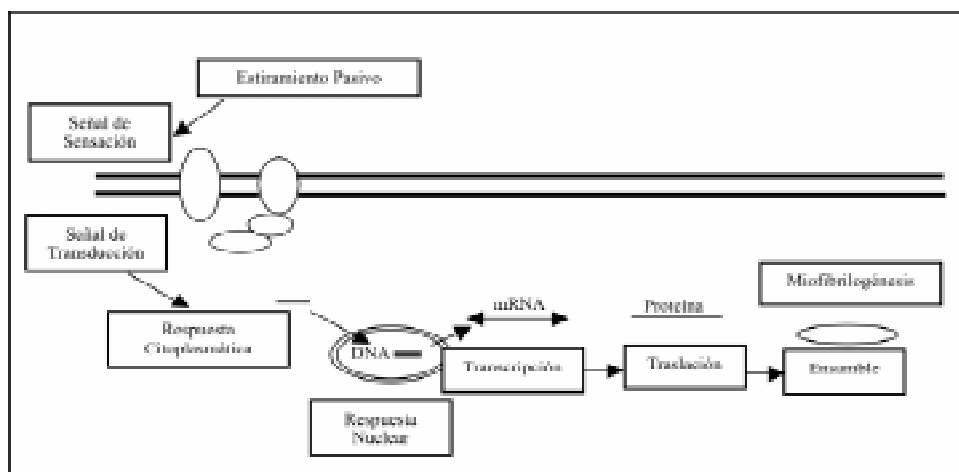


Figura 1. La respuesta biológica al estiramiento pasivo en la fibra muscular sigue algunos pasos básicos: primero el estiramiento debe ser percibido en el sarcolema por medio de un complejo integral de proteínas de membrana para generar una cascada de una o más señales de moléculas intracelulares. Tales eventos pueden conducir a innumerables respuestas citoplásmicas. La ilustración muestra la fosforilación (P) de un factor de transcripción, resultando en su traslocación al núcleo. Genes específicos (DNA) son luego transcritos, y los mensajes (mRNA) son traducidos a proteínas específicas. Es especialmente importante para una fibra muscular el montaje coordinado de las proteínas contráctiles y no contráctiles dando paso a sarcómeros funcionales. Tomado de DeDeyne P. Application of passive stretch and its implications to muscle Fiber. Physical Therapy 2001; 81(2): 819-27

disponibles en papel como las revistas *Physical Therapy* y Asociación Colombiana de Fisioterapia, y páginas web como la *American Physical Therapy Association (APTA)*. Para la selección de los artículos se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- Ensayos clínicos controlados, estudios de corte transversal o revisiones sistemáticas.
- Estudios publicados entre enero de 1980 hasta la fecha.
- Los participantes fueran individuos sanos.
- Los estudios aplicaran el estiramiento muscular estático.

La búsqueda se realizó utilizando palabras claves como: *stretching, flexibility, static stretching, clinical trial, joint motion, range of motion, time, frequency, stretching and flexibility time and frequency*. De los 15 artículos encontrados en la búsqueda bibliográfica, 1 fue una revisión de tema y 14 cumplieron los criterios mencionados (tabla 1).

Evaluación de los artículos

Cada autora analizó y calificó cada uno de los estudios, con base en criterios diseñados para tal fin, en donde se contempló: características del estudio, participantes, protocolo de estiramiento y resultados. La tabla 2 muestra de manera explícita los criterios usados para la asignación de puntaje de los artículos incluidos en la revisión.

Los puntajes obtenidos por cada una de las autoras fueron socializados con el fin de verificar la concordancia entre los puntajes asignados; en caso de encontrar diferencias en la puntuación, se discutió y se llegó a consenso. En la tabla 3 se muestran los puntajes de cada uno de los artículos según los parámetros establecidos.

RESULTADOS

La tabla 3 muestra cada uno de los artículos incluidos en la revisión y el puntaje total discriminado por criterios. Como se observa únicamente tres de los estudios analizados alcanzaron bajos puntajes metodológicos, debido básicamente a fallas en la claridad acerca del protocolo de estiramiento utilizado. Los artículos restantes, mostraron una calidad metodológica buena, evidenciada por los altos puntajes alcanzados durante la evaluación, los cuales oscilaron entre 62 y 100 puntos.

DISCUSIÓN

Los artículos que hicieron parte de la revisión se agruparon teniendo en cuenta el efecto del estiramiento

estudiado y el uso de modalidades físicas previo al protocolo utilizado.

Estiramiento y aumento de la flexibilidad

Bandy e Irion en 1994¹ realizaron un estudio con el objetivo de comparar el efecto del estiramiento diario de los isquiotibiales durante 15, 30 y 60 segundos sobre la movilidad de rodilla cinco veces por semana durante 6 semanas, en el cual participaron 57 sujetos con edad promedio de 26,11 años que presentaban limitación de la flexibilidad.

Estos mismos autores en 1997,² realizaron otra investigación con el propósito de determinar el tiempo y la frecuencia óptimos del estiramiento estático para aumentar la flexibilidad de los isquiotibiales. Esta vez participaron 93 sujetos con limitación de la flexibilidad y con edad promedio de 26,24 años. El protocolo consistió en aplicar tres estiramientos estáticos de un minuto al grupo I, tres estiramientos de 30 segundos al grupo II, un estiramiento de un minuto al grupo III y un estiramiento de 30 segundos al grupo IV, cinco veces por semana durante seis semanas.

Los resultados de ambos estudios muestran que un estiramiento estático de 30 segundos, una vez al día cinco días a la semana durante seis semanas, es suficiente para mejorar la flexibilidad y aumentar el rango de movimiento articular de rodilla hasta dos días después de haber realizado el estiramiento.

Una razón por la cual los resultados obtenidos en los dos trabajos fueron los mismos, es la similitud entre la edad promedio, el protocolo de estiramiento utilizado, el grupo muscular intervenido y el instrumento utilizado para la medición del rango de movilidad (tabla 1). Sin embargo, teniendo en cuenta que el procedimiento solo fue aplicado sobre los isquiotibiales, los resultados no se podrían generalizar a otros grupos musculares, ya que por la gran longitud y área de sección transversal de éstos, es posible que se encuentren diferencias en cuanto al contenido de tejido conectivo perimuscular al compararlo con músculos mas pequeños, afectando así la cantidad de tiempo requerido para lograr la efectividad del procedimiento aplicado. Además, la características arquitectónicas que poseen sus fibras, hace que los isquiotibiales sean por naturaleza mas hábiles para permitir amplios rangos de movilidad y favorecer cambios significativos en el arco de movimiento de flexión de la cadera durante el estiramiento.

Un hecho que llama la atención al analizar los dos estudios anteriores, es que la aplicación de 60 segundos

Tabla 1. Descripción de los estudios que hicieron parte de la revisión.

Autor / Año	Objetivo del estudio	Diseño	Protocolo de estiramiento	Grupo muscular intervenido	Prueba realizada	Resultados de
DePino y cols. <i>Journal of Athletic Training</i> 2000; 35(1): 56-9	Medir la duración de la ganancia de la flexibilidad de los isquiotibiales después de la intervención de un solo día de protocolo de estiramiento estático.	Ensayo clínico controlado.	Cuatro estiramientos estáticos de 30s cada uno.	Isquiotibiales.	Goniometría.	Aumento del RMA en 13min (5,6°), 6min (3,2°), (-1°), 30min (-1,5°).
Yenchen y cols. <i>Physical Therapy</i> 1996; 76(8): 836-49	Determinar si el estiramiento de los isquiotibiales afecta la postura lumbopélvica y cantidad relativa de movimiento de cadera y región lumbar.	Ensayo clínico controlado.	Diez estiramientos estáticos de 15s cada uno diarios durante tres semanas.	Isquiotibiales.	Elevación con la pierna recta y extensión activa de la rodilla.	Incremento del RMA: (13,5°).
Herbert y cols. <i>British Medical Journal</i> 2002; 325: 468-70	Determinar el efecto del estiramiento antes y después del ejercicio sobre el dolor muscular de inicio tardío, el desempeño atlético en adultos jóvenes saludables y el riesgo de sufrir lesiones musculoesqueléticas durante el ejercicio físico.	Revisión sistemática.			Escala análoga de 100mm, valores negativos a favor del estiramiento.	El estiramiento muscular lesiones musculoesqueléticas aparición del dolor muscular.
Smith y cols. <i>Research Quarterly for Exercise and Sport</i> 1993; 64(1): 103-7	Determinar si el estiramiento estático y el estiramiento balístico inducen cantidades significativas en el dolor de inicio retardado.	Ensayo clínico controlado.	Tres estiramientos de 60s cada uno por grupo muscular. Ambos grupos realizaron tres series de 17 estiramientos.	Región posterior de pierna, cara anterior y posterior de muslo, cintura, abdominales, parte superior e inferior de espalda, hombros y miembros superiores.	Muestra sanguínea.	El índice de dolor se elevó 24 horas después del ejercicio en el grupo de estiramiento. El nivel de CK ascendió las 24 horas después de
Draper y cols. <i>Journal of Athletic Training</i> 1998; 33(2): 141-4	Examinar la influencia del precalentamiento del tríceps sural con ultrasonido antes del estiramiento versus estiramiento solo sobre plantiflexores.	Ensayo clínico controlado.	Grupo A: ultrasonido 3MHz, 1,5W/cm ² , 7 min, un estiramiento de 20s para gastrocnemios y un estiramiento de 20s para soleo para completar un ciclo. Grupo B: solo estiramiento. Realizaron tres ciclos dos veces diariamente por cinco días consecutivos.	Isquiotibiales.	Rango de movilidad pasivo.	Incremento del RMA: G B (2°).
Draper y cols. <i>Journal of Athletic Training</i> 2002; 37(1): 37-42	Comparar el efecto del estiramiento de baja carga y corta duración sobre la flexibilidad de los isquiotibiales con o sin la aplicación de diatermia de onda corta pulsada y de alta intensidad.	Ensayo clínico controlado.	Grupo I: diatermia 7000 pulsos/s con una amplitud de pulso promedio de 94us y tres estiramientos estáticos de 30s. Grupo II: 90s de estiramiento estático. Grupo control: permaneció en prono durante 15min.	Isquiotibiales.	Seat and Reach.	Incremento en la flexión (8,2cm), grupo II (6,9cm) (4,1cm). No hay diferencia significativa entre grupos.
Peres y cols. <i>Journal of Athletic Training</i> 2002; 37(1): 43-50	Comparar los efectos del estiramiento prolongado solo, la diatermia de onda corta pulsada seguida por estiramiento, y la diatermia de onda pulsada, estiramiento y aplicación de hielo, sobre la flexibilidad en los plantiflexores.	Ensayo clínico controlado.	Cada grupo calentó antes del EME. Grupo 1: control (sin medición diaria); grupo 2: control (con medición diaria); grupo 3: sólo EME; grupo 4: diatermia y EME; grupo 5: diatermia, EME y aplicación de hielo. 14 estiramientos en tres semanas con el sistema de polea durante 10min.	Plantiflexores.	Rango de movimiento pasivo (inclinómetro).	Incremento del RMA: grupo 2 (1,6°), grupo 3 (4,18°), grupo 5 (4,89°).

1 = EME: Estiramiento Muscular Estático. 2 = Rango de movimiento activo. 3 = Rango de movimiento pasivo. 4 = Levantamiento de la pierna recta. 5 = Extensión activa de la rodilla.

Autor / Año	Objetivo del estudio	Diseño	Protocolo de estiramiento	Grupo muscular intervenido	Prueba realizada	Resultados de
Pepino y cols. Journal of Athletic Training 2000; 35(1): 56-9	Medir la duración de la ganancia de la flexibilidad de los isquiotibiales después de la intervención de un solo día de protocolo de estiramiento estático.	Ensayo clínico controlado.	Cuatro estiramientos estáticos de 30s cada uno.	Isquiotibiales.	Goniometría.	Incremento del RMA en 3min (5,6°, 6mm, 3,2°), (-1°), 30min (-1,5°).
Yenehen y cols. Physical Therapy 1996; 76(8): 836-49	Determinar si el estiramiento de los isquiotibiales afecta la postura antropométrica y cantidad relativa de movimiento de cadera y región lumbar.	Ensayo clínico controlado.	Diez estiramientos estáticos de 15s cada uno diarios durante tres semanas.	Isquiotibiales.	Elevación con la pierna recta y extensión activa de la rodilla.	Incremento del RMA: 0,3mm (5,6°, 6mm, 3,2°), (-1°), 30min (-1,5°).
Herbert y cols. British Medical Journal 2002; 325: 468-70	Determinar el efecto del estiramiento antes y después del ejercicio sobre el dolor muscular de inicio tardío, el desempeño atlético en adultos jóvenes saludables y el riesgo de sufrir lesiones musculoesqueléticas durante el ejercicio físico.	Revisión sistemática.			Escala analógica de 100mm, valores negativos a favor de la rodilla.	El estiramiento muscular antes del ejercicio reduce las lesiones musculoesqueléticas y la aparición del dolor muscular.
Smith y cols. Research Quarterly for Exercise and Sport 1993; 64(1): 103-7	Determinar si el estiramiento estático y el estiramiento balístico inducen cantidades significativas en el dolor de inicio retardado.	Ensayo clínico controlado.	Tres estiramientos de 60s cada uno por grupo muscular.	Región posterior de pierna, cara anterior y posterior de muslo, cintura, abdominales, parte superior e inferior de espalda, hombros y miembros superiores.	Muestra sanguínea.	El índice de dolor se eleva 8 horas después del ejercicio de intensidad en el grupo de estiramiento estático.
Draper y cols. Journal of Athletic Training 1998; 33(2): 141-4	Examinar la influencia del precalentamiento del tríceps sural con ultrasonido antes del estiramiento versus estiramiento solo sobre plantílexores.	Ensayo clínico controlado.	Grupo A: ultrasonido 3MHz, 1,5W/cm ² , 7 min, un estiramiento de 20s para gastrocnemios y un estiramiento de 20s para sóleo para completar un ciclo. Grupo B: solo estiramiento.	Isquiotibiales.	Rango de movilidad pasivo.	Incremento del RMA: Grupo A: 2,1° (8,2cm), grupo B (2°).
Draper y cols. Journal of Athletic Training 2002; 37(1): 37-42	Comparar el efecto del estiramiento de baja carga y corta duración sobre la flexibilidad de los isquiotibiales con o sin la aplicación de diatermia de onda corta pulsada y de alta intensidad.	Ensayo clínico controlado.	Realizaron tres ciclos dos veces diariamente por cinco días consecutivos. Grupo I: diatermia 7000 pulsos/s con una amplitud de pulso promedio de 94us y tres estiramientos estáticos de 30s. Grupo II: 90s de estiramiento estático. Grupo control: permaneció en prono durante 15min.	Isquiotibiales.	Seat and Reach.	Incremento en la flexión de la rodilla: Grupo I (4,1cm), grupo II (6,9cm). No hay diferencias significativas entre grupos.
Peters y cols. Journal of Athletic Training 2002;	Comparar los efectos del estiramiento prolongado sob, la diatermia de onda corta	Ensayo clínico controlado.	Cada grupo calentó antes del EME. Grupo I: control (sin medición diario); grupo II: control; permaneció en prono durante 15min.	Plantílexores.	Rango de movimiento	Incremento del RMA: grupo I (1,6°), grupo 3 (4,18°).

EME: Estiramiento Muscular Estático. 2 = Rango de movimiento activo. 3 = Rango de movimiento pasivo. 4 = Levantamiento de la pierna recta. 5 = Extensión activa de la rodilla.

de estiramiento no produjo un efecto superior a la aplicación de estiramiento de 30 segundos. Una posible explicación de ello podría estar en el comportamiento mecánico de la unión miotendinosa, específicamente en su naturaleza viscoelástica y la “deformación progresiva

o creep,” en donde luego de estar sometida a una carga constante, se deforma inicialmente de manera lineal con el tiempo hasta que alcanza un punto de equilibrio, luego de éste a pesar que se aumente el tiempo de aplicación del estiramiento, no se producirá deformación adicional

Tabla 2. Criterios para la evaluación de los estudios analizados.

A. Características del estudio

Tipo de estudio

- Ensayo clínico controlado (8).
- Corte transversal (4).
- Revisión sistemática (2).

Objetivo del estudio

- El objetivo determina el tiempo y la frecuencia de aplicación del estiramiento muscular estático (8).
- El objetivo del estudio no era específicamente determinar el tiempo y la frecuencia del estiramiento muscular, pero incluyó el protocolo y metodología permite analizar esta información (4).

B. Características de la muestra

Selección

- Se describieron claramente todos los criterios de inclusión (8).
- Los criterios de inclusión son poco claros o incompletos (4).
- No se describieron los criterios de inclusión que se tuvieron en cuenta para el estudio (0).

Aleatorización

- Se describe claramente la aleatorización (5).
- No describe si la muestra fue aleatoria o manifiesta que no fue aleatorizada (1).
- Los grupos de intervención son comparables por su tamaño y característica sociodemográficas (5).

Tamaño de la muestra

El número de sujetos que formaron parte del estudio fue:

- < 15 sujetos (2).
- > 30 < 50 sujetos (8).
- >50 sujetos (10).

C. Protocolo de estiramiento

La descripción del protocolo incluye:

- El tipo de estiramiento muscular aplicado (3).
- La duración de cada estiramiento muscular en segundos (3).
- Frecuencia de aplicación diaria y semanal (3).
- Reporta el tiempo total de aplicación del protocolo (3).

D. Características de la medición

Medida de referencia

La medida que se tuvo en cuenta para evidenciar el efecto del estiramiento muscular fue:

- Rango de movimiento articular (8)
- Centímetros (4)
- Número de lesiones (2)
- Otros (1)

Instrumento de medición

- Goniómetro (8).
- Inclínómetro (8).
- Otros (2).

Prueba realizada

- Goniometría (8).
- Seat and reach (2).
- Otros (1).

E. Resultados

- Presentan claridad y están soportados por las tablas, gráficos y figuras correspondientes (6).
- Permiten comparar la línea de base vs post-intervención (6).

F. Discusión

- Los autores presentan una discusión argumentada sobre el tema (8).
 - La discusión es escasa en argumentos (2).
-

en el tejido y por el contrario, se disminuye en parte la deformación que había alcanzado inicialmente.³

Estos dos estudios fueron los que mayor puntuación obtuvieron (tabla 3), siendo por ello considerados un punto de referencia importante dentro de la revisión hecha.

Rusell y Bandy en el 2004,⁴ compararon el efecto de un programa de ejercicio excéntrico frente a un protocolo de estiramiento muscular estático sobre el aumento de la flexibilidad de los isquiotibiales en 69 sujetos con edad promedio de 16,45 años. El grupo de ejercicio excéntrico realizó seis ejercicios sostenidos 5 segundos cada uno en el límite del rango de movimiento articular, mientras que el grupo de estiramiento estático hizo un estiramiento de 30 segundos. Ambos protocolos se realizaron tres veces por semana durante seis semanas.

Estos autores en su investigación concluyen que, 30 segundos de estiramiento estático es un tiempo adecuado para mejorar el rango de movimiento de la rodilla y que dicho aumento no muestra diferencia estadísticamente significativa entre el grupo de entrenamiento excéntrico y el grupo de estiramiento estático.

Si se compara el protocolo de intervención del grupo de estiramiento estático utilizado por Bandy y Rusell⁴ con el de los estudios mencionados previamente, se encuentra

similitud en cuanto al tiempo por sesión, el tiempo total del protocolo, los instrumentos de medición usados y el músculo estudiado (ver tabla 1), con una diferencia en cuanto a la frecuencia semanal del estiramiento. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la edad promedio de los individuos que participaron en el estudio de Bandy y Rusell⁴ fue de 16,45 años, lo cual sugiere que en población adolescente, realizar estiramiento tres veces por semana es suficiente para lograr el aumento en la flexibilidad, mientras que en adultos jóvenes se requiere aumentar la frecuencia hasta 5 veces por semana. En cuanto a la calidad metodológica, el trabajo de Bandy y Rusell⁴ obtuvo una puntuación alta. (tabla 3)

Por su parte, DePino en el 2.000,⁷ midió el aumento de la flexibilidad de los isquiotibiales en 30 sujetos con edad promedio de 19,8 años después de aplicar cuatro estiramientos estáticos de 30 segundos cada uno y registró el rango de movimiento articular luego de 1, 3, 6, 9,15 y 30 minutos de haber aplicado el protocolo.

Los resultados mostraron aumento significativo en la movilidad articular de rodilla hasta el sexto minuto después de aplicado el estiramiento y un descenso gradual en el rango de movimiento articular hasta alcanzar la línea de base en el minuto 9, evidenciándose al minuto 15 y 30 valores que estuvieron por debajo de la línea de base. Estos resultados pudieron estar

Tabla 3. Puntuacion de los articulos analizados.

Artículo	Bandy 1994	Amako 2003	Cross 1999	Rusell 2004	Draper 1998	Draper 2002	Herbert 2002	Feland 2001	Bandy 1997	Knight 2001	Yenchen Li 1998	Peres 2002	DePino 2000	Smith 1993	
A. Características del estudio	Tabla 3. Puntuacion de los articulos analizados.														
Tipo de Estudio	8	4	4	8	8	8	2	8	8	8	8	8	8	8	
Objetivo del Estudio	8	4	4	4	4	4	4	4	8	4	4	4	4	4	
B. Características de la muestra															
Selección	8	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
Aleatorización	10	1	1	10	10	10	-	10	10	10	10	10	10	10	
Tamaño de la muestra	10	10	10	10	8	8	-	10	10	10	8	8	6	2	
C. Protocolo de estiramiento	12	6	6	12	12	12	-	6	9	6	6	9	6	6	
D. Características de la medición															
Medida de referencia	8	2	2	8	8	4	-	8	8	8	8	8	8	1	
Instrumento de medición	8	2	2	8	8	2	-	8	8	8	2	8	8	2	
Prueba realizada para la medición	8	1	1	8	1	2	-	8	8	8	8	8	8	1	
E. Resultados	12	12	8	12	12	12	8	12	12	12	12	12	12	12	
F. Discusión	8	8	8	8	8	8	2	8	8	8	8	8	8	8	
Total	100	54	50	96	87	78	24	90	97	90	82	91	86	62	

influenciados porque los individuos permanecieron en supino con rodilla y cadera en flexión durante los 30 minutos en que se llevaron a cabo las mediciones.

Los resultados obtenidos por DePino,⁷ sugieren que a pesar de que el protocolo usado logra efectos inmediatos sobre la flexibilidad, desde un punto de vista práctico, cuando se desea lograr un aumento duradero en el rango de movilidad, es necesario implementar protocolos de más de una sesión y permitir a los participantes continuar con las actividades de la vida diaria entre estiramientos, y así a través de la flexibilidad dinámica, mantener el rango de movimiento ganado. Sin embargo, los resultados obtenidos, podrían sugerir que realizar cuatro estiramientos de 30 segundos, mejoraría la flexibilidad. Metodológicamente, el trabajo de DePino,⁷ obtuvo una puntuación considerada alta (tabla 3).

El estudio de Yenchen Li⁸ que buscaba determinar si el estiramiento de los isquiotibiales afecta la postura lumbopélvica y la cantidad relativa de movimiento de la cadera y de la región lumbar, incluyó 39 sujetos con edad promedio de 28,8 años con limitación de la flexibilidad, quienes realizaron un protocolo de estiramiento que consistió en 10 estiramientos estáticos de 15 segundos cada uno diariamente durante tres semanas. El aumento de la movilidad articular de rodilla luego del protocolo, fue estadística y clínicamente significativo, destacándose así la importancia que juega la combinación entre el tiempo y la frecuencia en la aplicación del estiramiento, en donde tiempos más cortos de aplicación realizados con mayor frecuencia permiten obtener resultados positivos en un lapso más breve de tiempo, si se compara por ejemplo, con los resultados obtenidos en las investigaciones de Bandy.^{1,2,4}

A pesar de haber alcanzado una puntuación alta por su metodología (tabla 3), los resultados obtenidos por los autores no lograron demostrar que dicho aumento en la flexibilidad mejora la postura lumbopélvica o influye sobre la movilidad a éste nivel.

Si se tiene en cuenta que los participantes del estudio de Yenche Li⁸ tenían una edad promedio de 28,9 años, se sugiere que el aumento en la frecuencia de aplicación en el protocolo utilizado, puede lograr que se obtengan resultados similares a los logrados en individuos más jóvenes en un mismo periodo de tiempo, al compararlo por ejemplo con los resultados del estudio de Rusell y Bandy.⁴

En el 2001, Feland y cols,⁶ realizaron una investigación en sujetos con edad promedio de 84,7 años con el objetivo de determinar la ganancia en el rango de movimiento articular de rodilla en adultos mayores al

realizar cuatro estiramientos estáticos de 15, 30 y 60 segundos, cinco días a la semana durante seis semanas. Los resultados mostraron que el único grupo que mejoró la movilidad articular fue aquel que realizó cuatro estiramientos durante 60 segundos cada uno.

A diferencia de los resultados obtenidos por Bandy,^{1,2} en ésta investigación se registró una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo que realizó estiramiento de 60 segundos y el que lo hizo durante 30, lo cual sugiere, que una mayor cantidad de tiempo durante la aplicación del estiramiento logra superar la rigidez muscular y el aumento en la deposición de colágeno que acompaña el proceso de envejecimiento del tejido muscular. Se destacan además el aumento significativo que tuvo la frecuencia de aplicación del estiramiento en el estudio de Feland⁶ al compararlo con el protocolo usado por Bandy,^{1,2} lo cual afirma que los parámetros de aplicación del estiramiento dependen en gran medida de la edad de los individuos.

En este sentido, Magnusson,⁹ afirma en su trabajo que cuando se utiliza una mayor frecuencia de aplicación del estiramiento, la rigidez experimentada en la unión miotendinosa disminuye entre estiramientos, logrando mejores resultados al finalizar el protocolo. En cuanto a la calidad metodológica, el estudio de Feland⁶ obtuvo una puntuación alta (tabla 3).

Estiramiento y prevención de lesiones

Las investigaciones realizadas por Cross¹⁰ y Amako¹⁴ sugieren que un programa de estiramiento estático de 30 a 45 segundos de duración diariamente antes del entrenamiento físico, disminuye significativamente la presencia de lesiones músculo esqueléticas en una población que realiza una rutina de ejercicios de alta intensidad y mencionan que una parte fundamental para que esto ocurra podría ser, el aumento de la flexibilidad a través del estiramiento, aunque no midieron el rango de movimiento articular para demostrar cambios en el mismo y así confirmar su hipótesis.

Sin embargo, si se tiene en cuenta el comportamiento mecánico de la unidad miotendinosa se esperaría que al realizar el estiramiento muscular se aumente la flexibilidad, se disminuya el grado de tensión en el tejido muscular y periarticular y se tolere más carga en el mismo, y por lo tanto se disminuya el riesgo de sufrir una lesión.^{3,14}

Una limitante en los estudios anteriores, fue la baja calidad metodológica, reflejada en los puntajes asignados (tabla 3), lo cual pone en duda las

conclusiones a las que sus autores llegaron. Cross¹⁰ por ejemplo, solo menciona que el programa se llevó a cabo entre 1994 y 1995. Amako,¹⁴ por su parte, reporta tan solo el tiempo total de la sesión de estiramiento (20 minutos) sin aclarar el tiempo por sesión y no identifica individualmente los grupos musculares que fueron estirados. Además, en el trabajo de Cross,¹⁰ múltiples factores, como por ejemplo, presencia de lesiones, variaciones en los ciclos u horarios de trabajo no fueron posibles de controlar, y ello pudo afectar a lo largo del año de observación los resultados obtenidos.

Por otro lado, la revisión sistemática hecha por Herbert y cols,¹⁹ que incluyó dos ensayos clínicos controlados, cuyos protocolos de estiramiento osciló entre 300 a 600 segundos de estiramiento estático en total antes y después de realizar actividad física, encontró que solo se disminuyó en un 5% el riesgo relativo de sufrir una lesión, lo cual según los autores, significa una reducción del 1% en el riesgo absoluto. De esta forma, aproximadamente la mitad de los 100 participantes incluidos en los dos estudios que se analizaron, deberían realizar un protocolo de estiramiento cerca de 23 años para prevenir una lesión muscular, lo que en el caso de atletas, para quienes el riesgo de lesión es mucho más alto, la reducción de éste al realizar estiramiento muscular estático se torna cada vez más pequeña.

La baja calidad metodológica de los trabajos de Amako,¹⁴ Cross¹⁰ y Herbert¹⁹ podía sugerir falta de evidencia del efecto del estiramiento sobre la prevención de lesiones, sin embargo se requiere de investigaciones con metodologías claras y completas cuyos resultados sirvan verdaderamente para confirmar o reevaluar este efecto que por años se ha atribuido al estiramiento muscular.

Disminución del dolor muscular de inicio tardío

En cuanto a la aplicación del estiramiento muscular con el propósito de disminuir el dolor muscular secundario al ejercicio, Herbert y cols¹⁹ dentro de su revisión sistemática, incluyeron los resultados de 5 investigaciones que cumplieron con los criterios de inclusión, y concluyeron que realizar estiramientos de 300 a 600 segundos en total antes o después del ejercicio, no confiere protección sobre el dolor muscular, ya que solo se mostró una reducción de 2mm en la escala que midió de 0 a 100 mm.

En 1993 Smith y cols,²⁰ con el objetivo de determinar si el estiramiento estático y el estiramiento balístico inducen cantidades significativas de dolor de inicio tardío, realizaron un estudio en 20 sujetos con edad

promedio de 21,05 años, los cuales fueron asignados a dos grupos: El grupo de estiramiento estático (grupo I) realizó tres estiramientos de 60 segundos cada uno, mientras que el grupo de estiramiento balístico (grupo II) realizó movimientos rítmicos de rebote durante el mismo periodo de tiempo. En este estudio los niveles de creatinquinasa (CK) fueron utilizados como indicador de posible lesión de la fibra muscular y se registró el dolor muscular en una escala de 1 a 10 antes de realizar el protocolo de estiramiento estático o balístico y a las 24, 48, 72, 96 y 120 horas después.

Los resultados del estudio muestran que el uso del estiramiento muscular estático antes del ejercicio produce dolor muscular de mayor intensidad cuando se compara con el estiramiento balístico a las 24 y 48 horas, mientras que los niveles de CK se encontraron elevados para ambos grupos, poniendo así en tela de juicio éste beneficio atribuido al estiramiento.

Metodológicamente, el estudio de Smith²⁰ obtuvo una regular puntuación, mientras que la de Herbert¹⁹ mostró ser de baja calidad (tabla 3), por tanto no es clara la utilidad que posee realizar estiramiento muscular estático cuando se busca disminuir el dolor muscular secundario al ejercicio.

Aplicación del estiramiento estático solo y en combinación con modalidades físicas

El uso de las modalidades físicas antes de la aplicación del estiramiento muscular estático aumenta la temperatura del tejido muscular facilitando la elongación del mismo durante el estiramiento. Algunos estudios en animales han mostrado que elevar la temperatura 3 a 5°C en el músculo y 5 a 8°C en la unión miotendinosa, es suficiente para incrementar efectivamente la cantidad de elongación obtenida.^{2,18}

En este sentido, Draper y cols²¹ en 1998 examinaron la influencia del precalentamiento del tríceps sural con ultrasonido antes del estiramiento versus estiramiento solo en plantiflexores, en 40 sujetos con edad promedio de 20,4 años. El protocolo de estiramiento consistió en aplicar al grupo A ultrasonido previo a la realización de 40 segundos de estiramiento estático, mientras que el grupo B solo llevó a cabo estiramiento estático durante el mismo tiempo, realizando tres ciclos dos veces al día durante cinco días consecutivos.

Los resultados permitieron concluir que la aplicación de ultrasonido antes de realizar el protocolo de intervención no mejora significativamente el rango de

movimiento de cuello de pie, comparado con el grupo que solo realizó estiramiento de igual duración por sesión, dos veces al día durante 5 días. Sin embargo, la magnitud del aumento no tuvo relevancia clínica (3° de dorsiflexión).

La razón por la cual el aumento de la temperatura no favoreció un aumento significativo del rango de movimiento activo en este estudio podría estar en que los participantes no tenían limitación en la flexibilidad sino por el contrario con un arco de movimiento superior al considerado normal (los participantes iniciaron con 28° de dorsiflexión en ambos grupos), disminuyendo así la posibilidad de obtener resultados significativos al terminar la intervención.

Además, el pequeño Rango de Movimiento Activo (RMA) para la dorsiflexión, no permite obtener resultados tan notorios como los que se logran cuando se estiran músculos largos, como es el caso de los isquiotibiales que permiten un amplio rango de movimiento para la flexión de la cadera. Por otro lado, no se llevó a cabo un registro directo del aumento de la temperatura del músculo en los participantes, lo que hizo que los autores asumieran como un hecho que se había alcanzado los valores umbrales antes mencionados. Sin embargo, lo más relevante de considerar para esta revisión, es el aumento efectivo en el rango de movilidad que logró el grupo de solo estiramiento estático, pues la calidad metodológica del estudio obtuvo un alto puntaje (tabla 3).

Este mismo autor, en el 2002¹⁸ realizó un estudio en 37 sujetos con edad promedio de 20,46 años con el propósito de comparar el efecto del estiramiento de baja carga y corta duración sobre la flexibilidad de los isquiotibiales con o sin la aplicación de diatermia de onda corta pulsada y de alta intensidad (ver parámetros de aplicación en tabla 1). El protocolo consistió en la aplicación de diatermia y 3 estiramientos estáticos de 30 segundos al grupo I y solo estiramiento estático al grupo II durante cinco días consecutivos.

Los resultados muestran que el grupo de solo estiramiento mejoró 5,4cm en la prueba del *Seat and Reach* frente a 6cm de ganancia obtenida en el grupo de diatermia de onda corta más estiramiento. Los autores concluyen que el estiramiento muscular aumenta la flexibilidad y que el calor profundo no hace que éste aumento sea mayor. Sin embargo, la metodología del artículo presenta incoherencias en cuanto a la medición llevada a cabo y a los instrumentos utilizados, haciendo que la conclusión de los autores se mire con sumo cuidado, lo cual se refleja en la calificación obtenida por su calidad metodológica (tabla 3).

Aunque Draper¹⁸ en el 2002 utilizó un tiempo por sesión de 90 segundos y en el año 1998 120 segundos, el resultado final de su último estudio mostró resultados más favorables, sin embargo hay que tener en cuenta que el músculo intervenido (isquiotibiales) en el estudio del 2002 ofrece mayor posibilidad de resultados positivos frente a la musculatura plantiflexora, además los individuos que hicieron parte del grupo experimental en el 2002 tenían como característica, retracción de la musculatura.

En el estudio de Peres y cols,¹⁷ donde participaron 44 sujetos con edad promedio de 22,5 años se buscó comparar el efecto del estiramiento de larga duración (10 minutos con sistema instrumental), la diatermia pulsátil de onda corta más estiramiento y la diatermia pulsátil de onda corta más estiramiento y hielo sobre el rango de movimiento de tobillo (triceps sural), se encontró que el efecto neto del estiramiento entre los grupos no varió durante las primeras 12 sesiones, con aumento en el rango de movimiento sin significado estadístico. Solo hasta la sesión 13 se presentó diferencia aunque no estadísticamente significativa, entre el grupo de estiramiento solo y el de diatermia más estiramiento.

Vale la pena resaltar que a pesar de que Peres¹⁷ utilizó un tiempo de estiramiento por un periodo de tiempo muy superior al usado por Draper²¹ (1998), los resultados obtenidos no fueron estadísticamente significativos al finalizar su investigación, lo cual sugiere que el uso de tiempos prolongados de estiramiento no garantizan un aumento mayor en el rango de movilidad, al menos cuando se trata de sujetos sanos. En cuanto a la calidad metodológica, el estudio alcanzó una alta puntuación (tabla 3).

Por otro lado, Knight y cols,¹⁵ compararon la efectividad del calor superficial, el calor profundo y el calentamiento con ejercicio activo antes de realizar un protocolo de estiramiento muscular estático sobre la extensibilidad de los plantiflexores de 97 sujetos con edad promedio de 27,2 años con limitación en el RMA de dorsiflexión. El protocolo de estiramiento consistió en realizar cuatro estiramientos estáticos diarios de 20 segundos tres veces por semana durante seis semanas. Al grupo II se le realizó solo estiramientos estáticos, el grupo III hizo ejercicios activos previos al estiramiento muscular estático, el grupo IV se le aplicó calor superficial por 15 minutos antes del estiramiento muscular estático y al grupo V se le aplicó ultrasonido continuo por siete minutos previo al protocolo de estiramiento.

Los resultados obtenidos mostraron un incremento significativo en la dorsiflexión de tobillo en el grupo al

que se le aplicó ultrasonido y al que realizó solo estiramiento durante 80 segundos por sesión durante seis semanas, sin embargo la diferencia entre éstos grupos no fue estadísticamente significativa. Además, vale la pena resaltar el aumento de 6,11° en la movilidad pasiva y de 4,1° en la movilidad activa en el grupo de solo estiramiento. Metodológicamente el estudio obtuvo una alta puntuación (tabla 3).

De acuerdo con la literatura revisada y las limitaciones anotadas en varios estudios, no se encontró evidencia contundente que apoye la efectividad que tiene el uso de modalidades físicas previo a la realización del estiramiento, aunque la información suministrada por estos trabajos es valiosa acerca del tiempo y la frecuencia de aplicación del estiramiento muscular.

Es evidente que a pesar de que el estiramiento ha sido utilizado desde hace varios siglos como método terapéutico, aun siguen siendo motivo de discusión e investigación los parámetros de aplicación en sujetos sanos que permitan conseguir los efectos que se le han atribuido.

CONCLUSIONES

Como punto clave, la revisión hecha permite contar con información de calidad que apoye la toma de decisiones durante la intervención fisioterapéutica, además permite considerar el estiramiento muscular estático como un método efectivo para mejorar la flexibilidad independientemente del uso de modalidades físicas previo a su aplicación.

Con relación al objeto central de la revisión, el análisis de la literatura permite sugerir que la realización del estiramiento muscular estático en población adulta joven sana durante 30 segundos, mínimo tres veces por semana durante 6 semanas es suficiente para mejorar la flexibilidad. Mientras que si se trata de población adulta mayor en donde el proceso normal de envejecimiento en el tejido perimuscular aumenta la rigidez muscular, como lo demuestran Glenn N y cols⁵ en su investigación, se recomienda aumentar los parámetros de aplicación a cuatro estiramientos de 60 segundos con igual frecuencia semanal durante el mismo periodo de tiempo.

El resultado de esta revisión constituye un punto de referencia para la aplicación del estiramiento muscular estático en adultos jóvenes sanos con limitación en la flexibilidad, principalmente en isquiotibiales; lo cual sugiere que al realizar una intervención en sujetos con

restricción en el rango de movimiento secundario a una alteración del sistema músculo esquelético, es necesario ampliar los parámetros de aplicación del estiramiento aquí expuestos.

Es necesaria la investigación siguiendo metodologías claras y completas, que permitan reevaluar o apoyar el efecto que durante años se le han atribuido al estiramiento muscular estático sobre el dolor muscular de inicio tardío y sobre la incidencia de lesiones.

REFERENCIAS

1. Bandy W, Irion J. "The Effect of Time on Static Stretch on the Flexibility of the Hamstring Muscles." *Physical Therapy* 1994; 74(9): 845-52
2. Bandy W, Irion J. "The Effect of Time and Frequency of Static Stretching on Flexibility of the Isquiotibiales Muscles." *Physical Therapy* 1997; 77(10): 1090-6
3. Hamill J, Knutzen K. *Bases Biomecánicas do Movimento*. Ed Manole Ltda. Sao Paulo 1999
4. Rusell T, Bandy W. "Eccentric Training and Static Stretching Improve Hamstring Flexibility of High School Males." *Journal of Athletic Training* 2004; 39(3): 254-8
5. Glenn N, Higgins M, Lewk M. "Aging Skeletal muscle: Physiologic changes and the effects of training." *Physical Therapy* 2002; 82(1): 62-8
6. Feland J, Myrer W, Schulthies S. "The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older." *Physical Therapy* 2001; 81(5): 1110-7
7. DePino G, Webright W. "Duration of Mantained Hamstring Flexibility After Cessation of an Acute Static Stretching Protocol." *Journal of Athletic Training* 2000; 35(1): 56-9
8. Li Y, McClure P, Pratt NI. "The Effect of Hamstring Muscle Stretching on Standing Posture and on Lumbar and Hip Motions During Forward Bending." *Physical Therapy* 1996; 76(8): 836-49
9. Magnusson S, Simonsen E, Aagaard P, Kjaer M. "Biomechanical Responses to Repeated Stretches in Human Isquiotibiales Muscle In Vivo." *The American Journal of Sport Medicine* 1996; 24(5): 622-7
10. Cross K, Worell T. "Effects of a Static Stretching Program on the Incident of Lower Extremity Musculotendinous Strains." *Journal of Athletic Training* 1999; 34(1): 11-4
11. Deyne P. "Application of passive stretch and its implications to muscle Fiber." *Physical Therapy* 2001; 81(2): 819-27
12. Donatelli R, Wooden M. *Orthopaedic Physical Therapy*. 3th Edition. New York. Churchill Livingstone. 2001

13. Alter M. *Ciencia da flexibilidade*, II edición. Sao Paulo, SP. Editorial Artmed. 2001
14. Amako M, Oda T, Masuoka K. "Effect of Stactic Stretching on Prevention of Injuries for Military Recruits." *Military Medicine* 2003; 168: 442-6
15. Knight C, Rutledge C, Cox M. "Effect of superficial heat, deep heat, and active exercise warm-up on the extensibility of the plantar flexors." *Physical Therapy* 2001; 81(6): 1206-14
16. Nelson A, Kokkonen J. "Acute Ballistic Muscle Stretching Inhibits Maximal Strength Performance." *Research Quarterly for Exercise and Sport* 2001; 72(4): 415-9
17. Peres E, Draper D, Knight K, Richard M. "Pulsed Shortwave Diathermy and Prolonged Long-Duration Stretching Increase Dorsiflexión Range of Motion More Than Identical Stretching Without Diathermy." *Journal of Athletic Training* 2002; 37(1): 43-50
18. Draper D. "The Carry-Over Effects of Diathermy and Stretching in Developing Hamstring Flexibility." *Journal of Athletic Training* 2002; 37(1): 37-42
19. Herbert R, Gabriel M. "Effects of Stretching Before and After Exercising on Muscle Soreness and Risk of Injury: Systematic Review." *British Medical Journal* 2002; 325: 468-70
20. Smith L, Brunetz M, Chenier T. "The Effects of Static and Ballistic Stretching on Delayed Onset Muscle Soroness and Creatine Kinase." *The American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance* 1993; 64(1): 103-7
21. Draper D, Anderson C, Schulties S, Richard M. "Immediate and Residual Changes in Dorsiflexion Range of Motion Using and Ultrasound Heat and Stretch Routine." *Journal of Athletic Training* 1998; 33(2): 141-4