

El rol de la diferenciación estructural en el estiramiento de la musculatura isquiosural

The role of structural differentiation in the isquiosural stretching techniques

- E. Bueno-Gracia.** Fisioterapeuta. Doctora por la Universidad de Zaragoza. Profesora Asociada de la Universidad de Zaragoza. Instructora de Neurodinámica Clínica en España. Zaragoza. España
- C. Hidalgo-García.** Fisioterapeuta. Doctor por la Universidad de Zaragoza. Profesor Asociado de la Universidad de Zaragoza. Instructor de Neurodinámica Clínica en España. Zaragoza. España
- P. Fanlo-Mazas.** Fisioterapeuta. Profesor Asociado de la Universidad de Zaragoza. Instructor de Neurodinámica Clínica en España. Zaragoza. España
- S. Pérez-Guillén.** Fisioterapeuta. Profesora Asociada de la Universidad de Zaragoza. Instructora de Neurodinámica Clínica en España. Zaragoza. España
- M. Malo-Urriés.** Fisioterapeuta. Profesor Asociado de la Universidad de Zaragoza. Instructor de Neurodinámica Clínica en España. Zaragoza. España
- A. Ruiz-de-Escudero-Zapico.** Fisioterapeuta. Profesora Asociada de la Universidad de Zaragoza. Instructora de Neurodinámica Clínica en España. Zaragoza. España

Correspondencia:

Elena Bueno Gracia
ebueno@unizar.es

Recibido: 19 marzo 2014
Aceptado: 28 mayo 2014

RESUMEN

Introducción: algunas de las técnicas de estiramiento isquiosural descritas en la bibliografía son muy similares a los test neurodinámicos (TNDs), diseñados para valorar la integridad del sistema nervioso. Surge la cuestión sobre la especificidad de dichas técnicas sobre el tejido muscular. Durante los TNDs, la maniobra de diferenciación estructural (DE) permite discriminar si el origen de los síntomas es neural o muscular. Con el mismo propósito, podría incluirse la DE en las técnicas de estiramiento isquiosural como un posible reflejo del origen de la tensión experimentada. *Objetivo:* describir el efecto de la DE en la sensación de tensión experimentada por sujetos sanos en técnicas de estiramiento y auto-estiramiento isquiosural. *Material y método:* estudio observacional descriptivo reclutando la muestra de estudiantes y personal de la Universidad de Zaragoza. Se realizaron los estiramientos de elevación de la pierna recta (SLR), extensión pasiva de rodilla (PKE), flexión máxima de cadera (MHF) y se solicitó un auto-estiramiento. En todos ellos, se analizó la respuesta en los síntomas tras la maniobra de DE. *Resultados:* un total de 54 sujetos (108 extremidades), con una media de edad de $25 \pm 4,6$ participaron en el estudio. El porcentaje de respuestas musculares fue 26,9 %, 48,8 % y 81,48 % para las técnicas de SLR, PKE y MHF, respectivamente. En el auto-estiramiento el porcentaje de respuestas musculares fue el 20,4 %. *Conclusiones:* la incorporación de la DE en el procedimiento habitual de estiramiento puede resultar útil para diferenciar el origen de la tensión generada por las técnicas de estiramiento isquiosural. Aquellos estiramientos que utilizan secuencias de movimiento similares a los TNDs son los que mayor número de respuestas de origen neural obtienen y los que utilizan la flexión máxima de la cadera parecen ser los más específicos para el tejido muscular.

Palabras clave: músculo esquelético, estiramiento, muslo, sistema nervioso.

ABSTRACT

Introduction: some of the hamstring stretching techniques described in the literature are very similar to the neurodynamic tests (NDTs), which are designed to assess the integrity of the nervous system. The question of the specificity of these techniques on muscle tissue arises. During the NDTs, the structural differentiation (SD) manoeuvre allows discrimination if the source of the symptoms is neural or muscular. With the same purpose, SD could be included as possible reflex of the source of the tension felt during hamstring stretching techniques. Objective: to describe the effect of the SD in the tension felt by healthy subjects during hamstring stretching and self-stretching techniques. Material and methods: a descriptive observational study was designed. The sample was recruited from the students and staff of the University of Zaragoza. Straight Leg Raise (SLR), Passive Knee Extension (PKE), Maximum Hip Flexion (MHF) and a self-stretching technique were performed in all subjects. The symptoms response was classified according to the SD manoeuvre results. Results: a total of 54 subjects (108 limbs) with a mean age of 25 ± 4.6 participated in the study. The percentage of muscle responses was 26.9 %, 48.8 % and 81.48 % for SLR, PKE and MHF techniques, respectively. In the self-stretching technique the percentage of muscle responses was 20.4 %. Conclusions: the addition of the SD in the general procedure of stretching can be useful to differentiate the source of the tension generated by the techniques of hamstring stretching. Those stretching techniques with similar sequences of movement than NDTs had the largest number of neural responses. On the opposite hand, stretching techniques which used the maximum hip flexion appeared to be most specific for muscle tissue.

Key words: muscle skeletal, stretching, thigh, nervous system.

INTRODUCCIÓN

Los estiramientos y auto-estiramientos musculares son técnicas muy utilizadas tanto en la práctica clínica fisioterapéutica habitual como en el área deportiva. Su objetivo es prevenir lesiones, corregir desequilibrios musculares, tratar disfunciones músculo-esqueléticas relacionadas con la pérdida de la longitud muscular y, en general, mejorar la condición física⁽¹⁻⁵⁾. Con estos objetivos, se describen multitud de procedimientos de estiramiento en la bibliografía, tales como estiramientos estáticos, estiramientos dinámicos, técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP), estiramientos globales, etc.^(6, 7).

Debido a la frecuencia de lesiones, uno de los grupos musculares sobre los que más técnicas de estiramiento podemos encontrar en la bibliografía es la musculatura isquiosural^(1, 5, 7-11). Al analizar dichas técnicas, se observa que la secuencia de movimientos utilizada para generar tensión en la musculatura isquiosural varía mucho entre unos estiramientos y otros. Y, lo que es más destacable, algunos estiramientos como el de elevación de la pierna

recta (EPR) (*straight-leg-raise* (SLR)), utilizan la misma secuencia de movimientos que el conocido test de Lasegue. Este hecho es destacable puesto que el test de Lasegue es un test neurodinámico (TND) diseñado y utilizado para valorar clínicamente la sensibilidad del nervio ciático y el plexo lumbosacro a la aplicación de tensión. Es llamativo que un mismo procedimiento pueda aplicarse clínicamente con dos objetivos tan claramente diferenciados. Una situación similar se observa también en otras técnicas de estiramiento isquiosural. Por ejemplo, aquellos auto-estiramientos que incorporan la flexión dorsal del tobillo y la flexión del tronco para aumentar la tensión muscular^(7, 10), llegan a una posición final muy similar a la utilizada en el TND de Slump^(12, 13).

Esto hace que surja la cuestión sobre si algunas de las técnicas de estiramiento o de auto-estiramiento isquiosural frecuentemente utilizadas son específicas para la musculatura isquiosural. O si, por el contrario, algunas de dichas técnicas generan tensión en otras estructuras, como puede ser el tejido neural. Es importante responder a esta cuestión por dos motivos principales. El primero, para tener un mayor conocimiento sobre la espe-

cificidad de las técnicas de estiramiento y auto-estiramiento isquiosural. El segundo, porque la elongación mantenida sobre el sistema nervioso puede constituir un gran inconveniente para su integridad⁽¹⁴⁻¹⁶⁾.

Diferenciación estructural

Para discriminar si la tensión producida por un TND corresponde al tejido muscular o al tejido neural, los clínicos utilizan un procedimiento denominado Diferenciación Estructural (DE). La DE es una maniobra capaz de modificar la tensión sobre el sistema nervioso de forma específica, sin generar ningún cambio en la tensión de las estructuras musculares adyacentes^(12, 13, 17). Esto es posible gracias a la naturaleza de continuidad anatómica del sistema nervioso que permite que la tensión generada en un punto del sistema se transmita grandes distancias hasta zonas más alejadas⁽¹⁸⁻²⁴⁾. De este modo, cuando la sensación de tensión experimentada durante el test realizado se modifica tras la maniobra de DE, se considera que la tensión es de origen neural. Y, por el contrario, cuando no se producen cambios tras la DE, se atribuye la tensión a las estructuras musculares.

El procedimiento de DE podría aplicarse a los estiramientos y auto-estiramientos de la musculatura isquiosural con los mismos principios con los que se aplica a los TND, lo cual permitiría saber si la tensión experimentada por los sujetos durante estas técnicas procede del músculo o de las estructuras neurales. Además, ayudaría a tener un mayor conocimiento sobre la especificidad de los estiramientos sobre el tejido muscular y a evitar aquellos estiramientos que puedan generar tensión sobre el sistema nervioso.

Por ello, el objetivo de este estudio es describir el efecto de la DE en la sensación de tensión experimentada por sujetos sanos en diferentes técnicas de estiramiento y auto-estiramiento de la musculatura isquiosural. Para ello, los autores proponen la realización de la maniobra de DE, como una maniobra capaz de aumentar de forma específica la tensión neural sin modificar la tensión de las estructuras musculares adyacentes, que puede ser, por ello, un reflejo del origen de la tensión experimentada durante los estiramientos.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño del estudio

Con el fin de alcanzar el objetivo general del estudio se diseñó un estudio observacional descriptivo y transversal.

Selección de la población de estudio

La muestra fue reclutada entre los estudiantes y personal docente de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Zaragoza. Como criterios de inclusión únicamente se exigió que los participantes fuesen mayores de edad, que eligiesen libre y voluntariamente participar en el estudio y que firmasen un consentimiento informado.

Según la bibliografía consultada, se consideraron como criterios de exclusión^(5, 6): presentar cualquier contraindicación para la realización del estiramiento, tal como lesión aguda en la musculatura isquiosural; referir dolor durante la realización de cualquier estiramiento; y presentar alguna restricción de movimiento articular a nivel de la cadera y de la rodilla.

Procedimiento

Para el análisis, se seleccionaron tres técnicas de estiramiento isquiosural utilizadas habitualmente en la práctica clínica y deportiva, que se han referenciado en la bibliografía^(1, 8, 25), y una técnica de auto-estiramiento, elegida personalmente por cada sujeto. Finalmente, las técnicas analizadas fueron (figura 1):

A. Técnica de Elevación de la Pierna Recta/*Straight-Leg-Raise* (SLR)⁽¹⁾. Consistente en realizar una flexión de cadera manteniendo la rodilla extendida, hasta la aparición de tensión.

B. Técnica de Extensión Pasiva de Rodilla/*Passive-Knee-Extension* (PKE)^(8, 9, 11). Consistente en realizar una flexión de cadera de 90° y, posteriormente, realizar la extensión de rodilla hasta generar tensión. Para mantener la

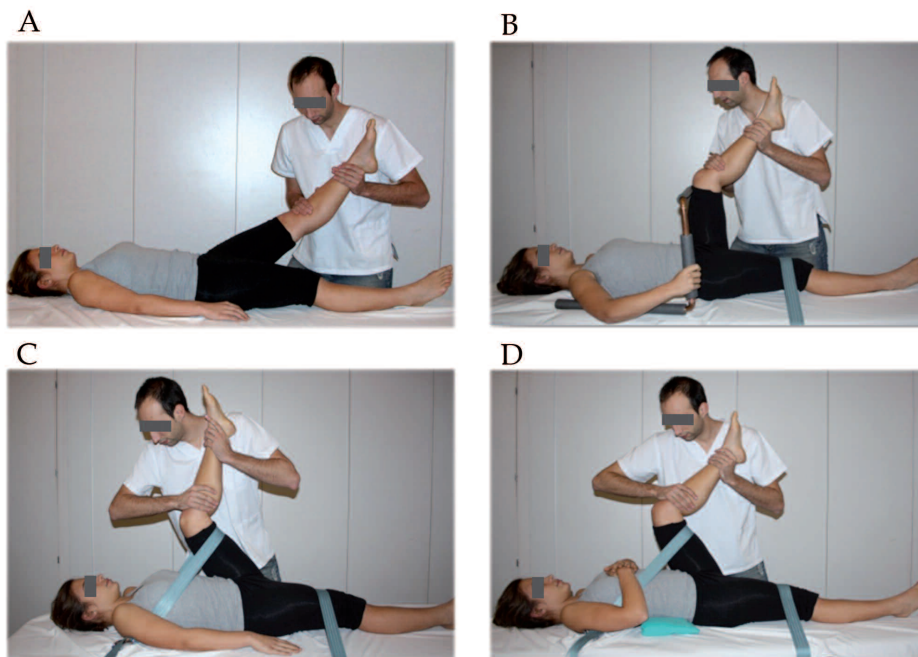


Fig. 1. Técnicas de estiramiento isquiosural seleccionadas para el estudio.
A. SLR; B. PKE; C. MHF; D. Ejemplo de auto-estiramiento.

posición de 90° de cadera se utilizó un dispositivo metálico diseñado para tal propósito (figura 1.B).

C. Técnica de Flexión Máxima de Cadera/*Maximal-Hip-Flexion* (MHF)⁽⁵⁾. Consistente en realizar una flexión máxima de cadera y, posteriormente, realizar la extensión de rodilla hasta la aparición de tensión.

D. Técnica de auto-estiramiento. Elegida individualmente por cada participante.

Todas las técnicas arriba descritas fueron realizadas sobre cada uno de los sujetos que participaron en el estudio.

Durante la realización de las técnicas, se instruyó a los sujetos para que indicasen el momento en el que empezaban a sentir tensión. En ese momento, y manteniendo la posición alcanzada de forma manual, se realizaba el procedimiento de DE. Finalmente, dependiendo de la respuesta obtenida, se clasificaron las respuestas como neurales o musculares. Si la sensación de tensión se modificaba con la DE se clasificaba la respuesta como neural. Y, en el caso de que no hubiese modificación de dicha sensación, como muscular. La figura 2 representa el procedimiento general seguido en el estudio.

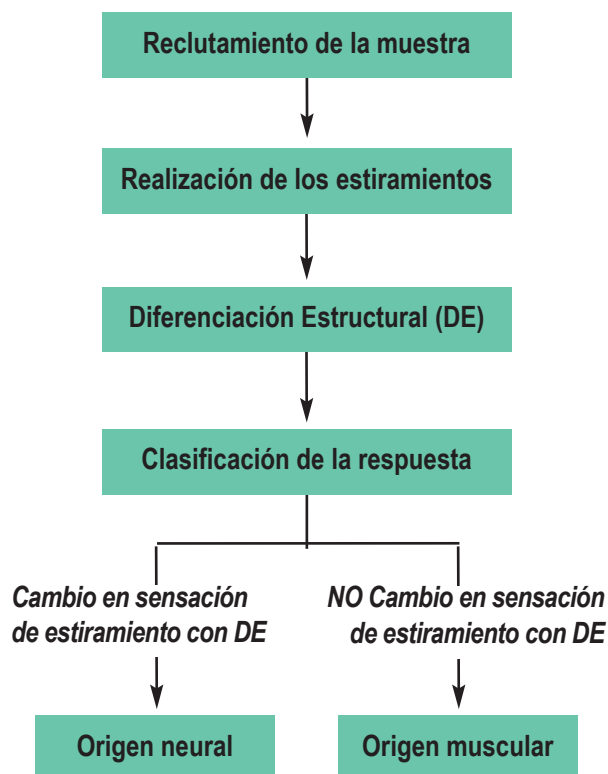


Fig. 2. Esquema del procedimiento general del estudio.

Las maniobras de DE realizadas fueron las siguientes:

- Cuando los sujetos referían la sensación de tensión en la región posterior del tercio superior y medio del muslo, la DE se realizaba mediante los movimientos de flexo-extensión de tobillo^(12, 13, 26, 27)(figuras 3.A y 3.B).
- Cuando la respuesta aparecía en el hueco poplíteo o en el tercio distal de la posterior del muslo, la DE se realizaba con el movimiento de flexo-extensión de la columna cervical (figuras 3.C y 3.D).

La figura 3 representa el procedimiento general de la realización de la DE tomando como ejemplo el estiramiento de PKE.

La maniobra de DE se realizó en todos los sujetos valorados y para cada una de las técnicas de estira-

miento analizadas. Se excluyeron aquellos casos en los que los sujetos refirieron experimentar tensión en un área distinta a la localización de la musculatura isquiosural.

Análisis estadístico

Una vez recogidos, todos los datos fueron analizados mediante el programa estadístico SPSS 15 para Windows.

Se realizó un análisis descriptivo de las variables relacionadas con características de la muestra. Para las variables cuantitativas se utilizaron los índices de tendencia central (media y mediana) y los índices de dispersión (desviación típica y los valores mínimo y máximo). Para las variables cualitativas, se realizó un estudio de frecuencias para conocer las frecuencias absolutas y relativas, y los porcentajes válidos y acumulativos.

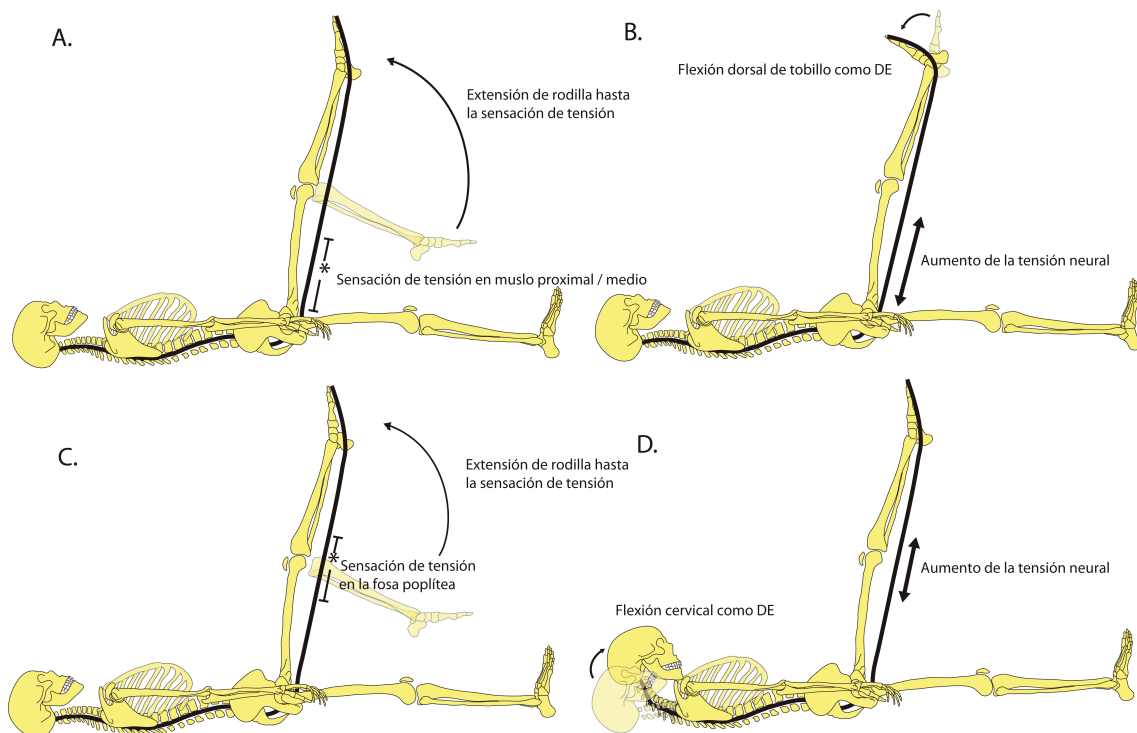


Fig. 3. Imagen del procedimiento de DE dependiendo de la localización de la tensión durante el estiramiento. A. Extensión de rodilla hasta la aparición de sensación de estiramiento. La sensación de estiramiento aparece en la parte media/superior del muslo posterior. B. Se utiliza la flexión dorsal del tobillo como DE. Este movimiento aumenta la tensión neural pero no la tensión muscular local. C. Extensión de rodilla hasta la aparición de sensación de estiramiento. La sensación de estiramiento aparece en el hueco poplíteo. D. Se utiliza la flexión del cuello como DE. Este movimiento aumenta la tensión neural pero no la tensión muscular local.

Fuente: elaboración propia.

También se realizó un análisis descriptivo del tipo de respuesta obtenida en cada una de las técnicas de estiramiento seleccionadas para el estudio. Al ser una variable cualitativa se calcularon los porcentajes de respuesta obtenida. También se calcularon los intervalos de confianza (IC) de dichos porcentajes, estableciéndose un nivel de confianza del 95 %.

RESULTADOS

Tras cumplir con los criterios de selección, la muestra quedó constituida por 54 sujetos, 32 mujeres y 22 hombres, con edades comprendidas entre los 18 y 39 años, con una media de edad de $25 \pm 4,6$ años.

La figura 4 muestra los porcentajes del tipo de respuesta obtenido en cada una de las técnicas analizadas.

Durante el estiramiento mediante SLR, 2 sujetos refirieron síntomas en el pie, por lo que fueron excluidos del análisis de resultados. De los 52 sujetos restantes, el 73,1% (IC 95 %: 60,6-85,14) mostró tener una tensión de origen neural, y el 26,9 % (IC 95 %: 14,85-38,95) de origen muscular. En el estiramiento de PKE, 11 sujetos de la muestra no experimentaron tensión al llegar a la extensión máxima de rodilla. Dichos sujetos fueron excluidos. De los 43 sujetos restantes, el 51,2 % (IC 95 %: 36,3-66,1) presentó una respuesta de tipo neural y el

48,8% (IC 95%: 33,8-63,7) una respuesta muscular. Durante el estiramiento de MHF, todos los sujetos refirieron sensación de tensión en la parte posterior del muslo. Tras la DE, el 18,52 % (IC 95 %: 8,16-28,88) mostraron tener una respuesta de origen neural y el 81,48 % (IC 95 %: 71,19-91,48) una respuesta muscular. Finalmente, al analizar los auto-estiramientos propuestos por los sujetos, se observó que la tensión experimentada fue de origen neural en el 79,6 % (IC 95 %: 68,8-90,46) de los casos, y sólo en el 20,4 % (IC 95 %: 9,59-31,2) de los sujetos se atribuyó al tejido muscular.

DISCUSIÓN

En la bibliografía existe una amplia variedad de estiramientos y auto-estiramientos diseñados para la musculatura isquiosural^(1,5,7-10). Las técnicas y procedimientos empleados en cada uno de ellos son tan distintos que surge la cuestión sobre si su efecto en el tejido muscular es el mismo.

A pesar de que la anatomía isquiosural es ampliamente conocida, hay algunos estiramientos que incorporan en su procedimiento movimientos tales como la flexión del tronco o la flexión dorsal del tobillo^(7,10). Estos movimientos se utilizan con el objetivo de aumentar la tensión sobre el músculo, sin embargo, considerando la

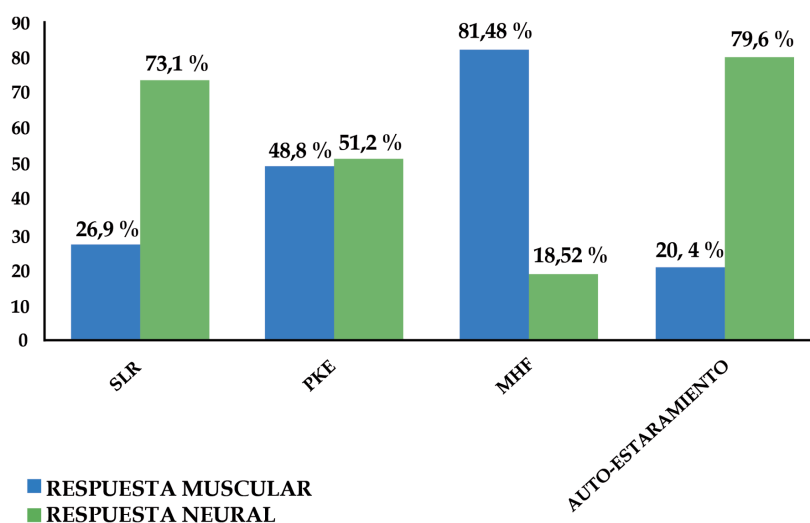


Fig. 4. Porcentajes del tipo de respuesta obtenida para cada uno de los estiramientos analizados.

anatomía de la musculatura isquiosural, ninguno de ellos consigue aumentar la distancia entre sus inserciones. Por ello, si dichas maniobras producen mayor sensación de tensión en los sujetos, es poco probable que se deba a un aumento en la longitud muscular. Por otra parte, dichos movimientos pueden tener un efecto adverso sobre otras estructuras tales como la columna lumbar o el sistema nervioso. En el caso de la columna lumbar, autores como Tricás y cols.⁽⁵⁾ ya han hablado de la importancia de mantener una posición neutra de la misma para evitar efectos adversos durante las técnicas de estiramiento isquiosural. Y, en el caso del sistema nervioso, es bien conocido que una tensión mantenida sobre las estructuras neurales puede producir alteraciones en su función, tanto a corto como a largo plazo. Diversos estudios han demostrado que el aumento de tensión sobre el nervio produce una disminución del flujo de sangre intraneural⁽¹⁴⁻¹⁶⁾. Si esta isquemia se mantiene en el tiempo, la conducción del nervio se ve reducida e incrementada exponencialmente la probabilidad de provocar efectos adversos⁽²⁸⁾.

Un factor que se suma a esta problemática es que la sensación que se percibe durante la puesta en tensión del sistema nervioso puede ser muy similar a la generada por la puesta en tensión de un músculo. Con relativa frecuencia se han descrito las sensaciones neurales como hormigueos, calambres o parestesias. Sin embargo, los estudios realizados para establecer las respuestas normales de los TND en sujetos sanos, han demostrado que la puesta en tensión de un nervio sano puede percibirse únicamente como sensación de tensión por los sujetos⁽²⁹⁾.

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que, en base a las respuestas tras la DE, en un elevado porcentaje de las técnicas analizadas, la tensión no se dirige al músculo de forma selectiva, sino que la tensión experimentada por los sujetos durante los estiramientos analizados parece proceder de la puesta en tensión de las estructuras neurales. Sin embargo, estos resultados no se dan por igual entre todas las técnicas analizadas, sino que, tal como se esperaba, aquellas técnicas de estiramiento que alcanzaron posiciones finales muy similares a los TNDs fueron las que reportaron más respuestas neurales. Este fue el caso del estiramiento mediante SLR y de los auto-estiramientos que adoptaron posiciones similares al test de Slump. Éste era un hecho

esperable, ya que, tanto el SLR como el Slump, fueron diseñados en origen para valorar el plexo lumbosacro y el nervio ciático en los casos de hernia discal lumbar. Los resultados de este estudio son acordes a los obtenidos en otros estudios, en los que se observa que las respuestas normales a estos TNDs son de origen neural^(12, 13).

En el lado opuesto, se encuentra el estiramiento de MHF, en el que más del 80 % de los sujetos experimentaron tensión de origen presumiblemente muscular. Este hecho sugiere que la técnica de MHF es más específica para el tejido muscular que el resto de técnicas analizadas, lo cual podría deberse a varios factores. Por un lado, una mayor estabilidad de la pelvis, mediante la estabilización de la cadera contralateral con una cincha, podría minimizar movimientos de compensación a nivel lumbar durante el estiramiento, contribuyendo así a dirigir la tensión sobre el tejido muscular de forma más específica. Esto concuerda con el hecho de que el MHF fue el único estiramiento en el que todos los sujetos refirieron sensación de tensión en la parte posterior del muslo. Y no como el caso del SLR, en el que se excluyó a dos sujetos por referir síntomas a nivel del pie. El otro factor que podría explicar la mayor especificidad de este estiramiento, es que la flexión de la cadera tenga mayor efecto para aumentar de la tensión muscular que la tensión neural. De tal forma que, aunque tanto la musculatura isquiotibial como el nervio ciático aumenten su tensión durante la flexión de cadera, sea la musculatura la que lo haga en mayor medida. Finalmente, el estiramiento de PKE mostró tener efecto en la musculatura únicamente en la mitad de los casos, un valor intermedio respecto a las otras dos técnicas de estiramiento analizadas.

A la vista de los resultados parece existir una progresión entre los tres estiramientos realizados. Siendo el estiramiento de MHF el que más respuestas musculares produce, seguido del PKE y, finalmente, el SLR. Parece ser también que, a más flexión de cadera y menos extensión de rodilla, mayor es la probabilidad de que la tensión proceda del músculo. Estos resultados muestran que la especificidad de algunos estiramientos para poner en tensión únicamente al tejido muscular no es clara. Y se observa que cuanto más se tienen en cuenta los componentes biomecánicos y anatómicos, el porcentaje de respuestas musculares obtenidas aumenta, de la misma forma que el número de respuestas neurales disminuye⁽¹⁾.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, los autores de este estudio proponen la incorporación del procedimiento de DE a las técnicas de estiramiento y auto-estiramiento de la musculatura isquiosural, para ayudar a determinar tanto la indicación de los estiramientos, cuando se compruebe que la tensión procede del tejido muscular, como su contraindicación, cuando dicha tensión sea de origen neural, y evitar, de este modo, generar estrés y daño en otras estructuras.

Limitaciones del estudio

Las principales limitaciones del estudio podrían ser el reducido tamaño de la muestra y que los sujetos estudiados no presentaban patología muscular. Tal vez, la presencia de patología muscular hubiese provocado un mayor número de respuestas musculares en las técnicas que han demostrado ser menos específicas para el estiramiento de la musculatura isquiosural.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio sugieren que un alto porcentaje de las técnicas de estiramiento y auto-estiramiento isquiosural descritas en la bibliografía pueden producir tensión en las estructuras neurales más que en las estructuras musculares. La secuencia de movimientos utilizada en las diferentes técnicas de estiramiento influye tanto en su efecto como en su especificidad. De tal forma que, los estiramientos que utilizan secuencias de movimiento o posiciones finales similares a las utilizadas en los TND son los que mayor probabilidad tienen de generar tensión en el tejido neural.

La incorporación de la DE a los estiramientos y auto-estiramientos isquiosurales puede proporcionar un mayor conocimiento acerca de la estructura que recibe la tensión durante los estiramientos. El uso de la DE permitirá aumentar la especificidad de las técnicas de estiramiento isquiosural, utilizando únicamente aquellas que produzcan tensión sobre la musculatura, y colaborará a evitar lesiones del sistema nervioso, al ayudar a descartar aquellos estiramientos que muestren producir tensión de origen neural.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se ajustan a la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial y son conformes con las normas éticas del comité de experimentación humana responsable.

Confidencialidad y consentimiento informado. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo para acceder y publicar datos de los sujetos de estudio y que todos los sujetos incluidos en el estudio han recibido información suficiente y han dado su consentimiento informado por escrito para participar en dicho estudio. Este documento obra en poder del autor para correspondencia.

Privacidad. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Financiación. Los autores declaran que no han recibido ningún tipo de financiación para este trabajo.

Conflicto de intereses. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med.* 2003 Jan-Feb; 31(1): 41-6.
2. Amako M, Oda T, Masuoka K, Yokoi H, Campisi P. Effect of static stretching on prevention of injuries for military recruits. *Mil Med.* 2003 Jun; 168(6): 442-6.
3. Dadebo B, White J, George KP. A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *Br J Sports Med.* 2004 Aug; 38(4): 388-94.
4. Fletcher IM. The effect of different dynamic stretch velocities on jump performance. *Eur J Appl Physiol.* 2010 Jun; 109(3): 491-8.
5. Tricas JM, Hidalgo C, Lucha O, Evjenth O. Estiramiento y autoestiramiento muscular en fisioterapia OMT. Volumen I: Extremidades. Zaragoza: OMT-España; 2012.

6. Gajdosik R, Lusin G. Hamstring muscle tightness. Reliability of an active-knee-extension test. *PhysTher.* 1983 Jul; 63(7): 1085-90.
7. Webright WG, Randolph BJ, Perrin DH. Comparison of nonballistic active knee extension in neural slump position and static stretch techniques on hamstring flexibility. *J Orthop Sports PhysTher.* 1997 Jul; 26(1): 7-13.
8. White LC, Dolphin P, Dixon J. Hamstring length in patellofemoral pain syndrome. *Physiotherapy.* 2009 Mar; 95(1): 24-8.
9. Whyte EF, Moran K, Shortt CP, Marshall B. The influence of reduced hamstring length on patellofemoral joint stress during squatting in healthy male adults. *Gait Posture.* 2010 Jan; 31(1): 47-51.
10. Hoskins W, Pollard H. Hamstring injury management-Part 2: Treatment. *Man Ther.* 2005 Aug; 10(3): 180-90.
11. Bandy WD, Irion JM. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *PhysTher.* 1994 Sep; 74(9): 845-50; discussion 850-2.
12. Butler DS. *The sensitive nervous system.* Adelaide: Noi Group Publications; 2000.
13. Shacklock MO. *Neurodinamica Clínica.* Madrid: Elsevier; 2007.
14. Wall EJ, Massie JB, Kwan MK, Rydevik BL, Myers RR, Garfin SR. Experimental stretch neuropathy. Changes in nerve conduction under tension. *J Bone Joint Surg Br.* 1992 Jan; 74(1): 126-9.
15. Kobayashi S, Suzuki Y, Asai T, Yoshizawa H. Changes in nerve root motion and intraradicular blood flow during intraoperative femoral nerve stretch test. Report of four cases. *J Neurosurg.* 2003 Oct; 99(3 Suppl): 298-305.
16. Lundborg G, Rydevik B. Effects of stretching the tibial nerve of the rabbit. A preliminary study of the intraneural circulation and the barrier function of the perineurium. *J Bone Joint Surg Br.* 1973 May; 55(2): 390-401.
17. Coppieters MW, Stappaerts KH, Wouters LL, Janssens K. The immediate effects of a cervical lateral glide treatment technique in patients with neurogenic cervicobrachial pain. *J Orthop Sports PhysTher.* 2003 Jul; 33(7): 369-78.
18. Breig A, Troup JD. Biomechanical considerations in the straight-leg-raising test. Cadaveric and clinical studies of the effects of medial hip rotation. *Spine (Phila Pa 1976).* 1979 May-Jun; 4(3): 242-50.
19. Coppieters MW, Alshami AM. Longitudinal excursion and strain in the median nerve during novel nerve gliding exercises for carpal tunnel syndrome. *J Orthop Res.* 2007 Jul; 25(7): 972-80.
20. Coppieters MW, Butler DS. Do 'sliders' slide and 'tensioners' tension? An analysis of neurodynamic techniques and considerations regarding their application. *Man Ther.* 2008 Jun; 13(3): 213-21.
21. Coppieters MW, Hough AD, Dilley A. Different nerve-gliding exercises induce different magnitudes of median nerve longitudinal excursion: an in vivo study using dynamic ultrasound imaging. *J Orthop Sports PhysTher.* 2009 Mar; 39(3): 164-71.
22. Dilley A, Lynn B, Greening J, DeLeon N. Quantitative in vivo studies of median nerve sliding in response to wrist, elbow, shoulder and neck movements. *ClinBiomech (Bristol, Avon).* 2003 Dec; 18(10): 899-907.
23. Kleinrensink GJ, Stoeckart R, Vleeming A, Snijders CJ, Mulder PG. Mechanical tension in the median nerve. The effects of joint positions. *ClinBiomech (Bristol, Avon).* 1995 Jul; 10(5): 240-4.
24. Kleinrensink GJ, Stoeckart R, Vleeming A, Snijders CJ, Mulder PG, Van Wingerden JP. Peripheral nerve tension due to joint motion. A comparison between embalmed and unembalmed human bodies. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1995 Jul; 10(5): 235-239.
25. Whyte EF, Moran K, Shortt CP, Marshall B. The influence of reduced hamstring length on patellofemoral joint stress during squatting in healthy male adults. *Gait Posture.* 2010 Jan; 31(1): 47-51.
26. Herrington L, Bendix K, Cornwell C, Fielden N, Hankey K. What is the normal response to structural differentiation within the slump and straight leg raise tests? *Man Ther.* 2008 Aug; 13(4): 289-94.
27. Coppieters MW, Kurz K, Mortensen TE, Richards NL, Skaret IA, McLaughlin LM, et al. The impact of neurodynamic testing on the perception of experimentally induced muscle pain. *Man Ther.* 2005 Feb; 10(1): 52-60.
28. Fujita Y, Yamamoto H, Tani T. An experimental study of spinal cord traction syndrome. *Nihon Seikeigeka Gakkai Zasshi.* 1988 Apr; 62(4): 359-68.
29. Coppieters MW, Stappaerts KH, Everaert DG, Staes FF. Addition of test components during neurodynamic testing: effect on range of motion and sensory responses. *J Orthop Sports PhysTher.* 2001 May; 31(5): 226-35; discussion 236-7.