



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Facultad de Fisioterapia de Soria

Campus de Soria

GRADO EN FISIOTERAPIA

Trabajo Fin de Grado

**“EFECTOS DE LOS ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS REGULARES EN EL
MÚSCULO CUÁDRICEPS EN PERSONAS SANAS SOBRE LA FUERZA
MUSCULAR. CASO CLÍNICO”**

Estudiante: Raquel Collado Vicente

Tutelado por: Manuel Cuervas-Mons Finat

Soria, 12 de enero de 2016

Índice

| | |
|--|----|
| 1. Resumen..... | 3 |
| 2. Introducción y justificación..... | 4 |
| 2.1. Estiramiento muscular..... | 6 |
| 2.2. Fuerza muscular..... | 8 |
| 2.3. Estiramiento y fuerza muscular..... | 9 |
| 2.4. Músculo cuádriceps femoral..... | 13 |
| 3. Objetivos..... | 17 |
| 4. Material y métodos..... | 18 |
| 5. Resultados..... | 23 |
| 6. Discusión..... | 24 |
| 7. Conclusiones..... | 26 |
| 8. Bibliografía..... | 27 |
| 9. Anexos..... | 31 |

1. Resumen

El objetivo de este caso clínico fue valorar los efectos de un programa de estiramientos estáticos sobre la fuerza muscular del cuádriceps en una persona sana. Fueron un total de ocho sesiones en las que se realizaron dos tipos de estiramientos estáticos en las dos piernas. Antes de la primera sesión se realizó una prueba de salto vertical mediante la prueba de salto de Sargent para evaluar la fuerza y una medición con el goniómetro para evaluar la flexibilidad. El mismo procedimiento se realizó después de la última sesión para comprobar si los estiramientos estáticos habían producido alguna mejoría. Los resultados dieron un aumento tanto en la fuerza como en la flexibilidad del cuádriceps.

Palabras clave: estiramiento estático, cuádriceps, fuerza

2. Introducción y justificación

El aprendizaje de algunas habilidades motrices y el desarrollo de cualidades físicas básicas como la velocidad, la resistencia, la fuerza y la coordinación puede verse dificultada por una amplitud de movimiento articular insuficiente debido a una musculatura acortada¹.

Para poder tratar y prevenir este tipo de problemas, diversos autores crearon una serie de ejercicios recogidos bajo la denominación de estiramiento muscular¹. Existen diversas técnicas de estiramiento: dinámico, estático, facilitación neuromuscular propioceptiva (PNF)... De entre todos ellos, el estiramiento estático es el que generalmente se utiliza ya que tiene una aplicación fácil y segura², no se necesita una habilidad especial por parte de quien lo realiza.

Este tipo de estiramiento consiste en alargar el músculo hasta llegar a un punto de incomodidad³ y mantenerlo en esa posición durante un determinado tiempo⁴. El fin de este tipo de estiramiento es conseguir un mayor rango de movilidad articular, es decir, mejorar la flexibilidad. En otras ocasiones también se utilizan para disminuir la rigidez del músculo después de realizar una actividad física⁵.

El estiramiento se asocia a la flexibilidad⁶. Los avances en medicina deportiva y rehabilitación indican que la flexibilidad es importante para la salud general y la condición física⁷.

Existen dos tipos de flexibilidad: la estática, en la que no participa ninguna contracción muscular voluntaria, está relacionada con la amplitud del movimiento articular producida por una fuerza externa, y, la flexibilidad dinámica, en la que si hay contracción muscular voluntaria en la utilización de la amplitud de movimiento de la articulación⁸.

Si se tiene una flexibilidad a un nivel superior al que se quiere conseguir, la amplitud de movimiento será consecuencia de una relajación excesiva de las fibras musculares, de ligamentos y cápsula articular, por lo que se podrían producir inestabilidades articulares. Por lo tanto, un nivel óptimo de flexibilidad

se traduce en una ejecución eficiente de los movimientos y una disminución en el riesgo de lesiones⁹.

En los programas de fisioterapia y en las planificaciones deportivas, los estiramientos musculares tienen un papel muy importante¹ debido a los efectos que se les atribuye.

Muchos profesionales del deporte y de la rehabilitación creen que el estiramiento promueve un mejor rendimiento y ayuda a prevenir lesiones músculo-esqueléticas por la mejora en la flexibilidad o el rango libre de dolor de movimiento alrededor de una articulación. Por ello suelen estar incluidos en el calentamiento¹⁰.

El estiramiento estático puede aumentar el rango de movimiento y disminuir la rigidez músculo-tendinosa, en estiramientos de corta duración, entre 5-30 segundos¹¹. Pueden utilizarse estiramientos de una duración de hasta 45 segundos en rutinas de calentamiento sin que haya riesgo de una disminución significativa en la fuerza, en la potencia o en tareas que dependan de la velocidad¹².

El rendimiento se vería afectado cuando un estiramiento tiene una duración mayor a los 60 segundos¹². En este caso, al ser largo y prolongado, se elonga el tendón y provoca una reorganización del colágeno por lo que pierde eficacia para almacenar energía elástica además de la ganancia en la amplitud del movimiento articular. Es un fenómeno reversible, necesitan un periodo de adaptación y recuperación después de haber sido realizados, por lo que algunos autores desaconsejan el estiramiento antes de realizar el ejercicio⁵.

Aunque los efectos de los estiramientos, ya sea a largo o a corto plazo, han sido bien documentados en el ámbito deportivo, los estudios para evaluarlos con fines de rehabilitación son escasos. Por ello, realizar este tipo de estudios en personas saludables o en pacientes podría producir nuevos datos con fines de rehabilitación⁷.

En este caso clínico se ha elegido a una persona sana para comprobar los efectos a largo plazo de los estiramientos estáticos.

El músculo cuádriceps femoral es el elegido en este caso. Es un músculo muy importante y potente. Es el único músculo extensor de la rodilla. A través de esa función, evita la caída del cuerpo hacia atrás, garantizando la estabilidad. Para ello tiene que estar en buenas condiciones¹³. Interviene en todas las actividades que implican movimiento, es decir, en actividades que hacemos diariamente como andar o subir escaleras. En concreto en la marcha, en la fase de impulso es donde actúa principalmente con su fascículo recto femoral. En esta fase la extremidad inferior se impulsa hacia delante y la rodilla se extiende. En la fase final de la extensión de la rodilla, otro de sus fascículos, el vasto medial, ayuda al mecanismo de bloqueo de la articulación cuando el fémur gira en sentido medial¹⁴.

Este músculo tiene que trabajar con fuerza en toda su amplitud debido a la importancia que tiene. Si sufre alguna lesión en él o en la articulación de la rodilla, pierde masa y fuerza con mucha rapidez¹⁴.

2.1. Estiramiento muscular

El estiramiento muscular (ejercicios de flexibilidad, ejercicios para mejorar la movilidad o stretching)¹ tiene como fin desarrollar más eficazmente las cualidades físicas básicas como la fuerza o la resistencia, ya que con ellos mejora la amplitud del movimiento de las articulaciones mediante una acción de alargamiento y tracción en la que el músculo sufre unos cambios⁶ que no son estructurales, sino que, parece que se debe a la progresiva elevación de la tolerancia al dolor provocada por el estiramiento¹.

En esa ganancia de amplitud articular es importante la posición que tiene el miembro a la hora de ser estirado. En un experimento, Klee y Wiemann¹⁵ demostraron que cuando se estiran los músculos isquiotibiales con la pierna perpendicular al suelo, la amplitud de movimiento es mayor porque por la acción de la gravedad hay un mayor retorno de fluidos del músculo, en cambio, si se hace el estiramiento paralelo al suelo, la amplitud será menor ya que la gravedad no influye.

Cada estiramiento muscular persigue un objetivo determinado y se aplica de manera diferente, el efecto que se obtiene depende de la aplicación¹⁶.

Partiendo de estas diferencias, existen varias clasificaciones ya que no hay ninguna que esté consensuada internacionalmente.

Un ejemplo de clasificación de los estiramientos es la de la escuela anglosajona. Hace una clasificación general dividida en estiramientos dinámicos y estáticos y otra según quien sea el responsable de la acción sobre la amplitud del movimiento. Dentro de esta última está el estiramiento pasivo, el pasivo-activo, el activo-asistido y el activo¹⁷.

Otro ejemplo es el de la escuela francesa, en la que destacan autores como Neiger¹⁸ y Esnault¹⁶ entre otros. Neiger¹⁸ hace una clasificación en base a la modalidad y el carácter. La modalidad puede ser pasiva (mediante una fuerza externa), activa (con la contracción del antagonista) o tensión activa (contracción del agonista), y el carácter analítico o global.

Esnault¹⁶ propone clasificar los estiramientos en dinámico (con rebote), estático (llegar al punto de estiramiento máximo y mantenerlo), pasivo (la máxima relajación del músculo que se está trabajando, no hay contracción), isométrico (PNF), activo (mantener la posición del estiramiento por la acción del antagonista), en tensión activa (el músculo que se va a estirar ha sido contraído previamente), en tensión pasiva (se coloca en tensión por la musculatura antagonista, no se pone en tensión previa), activo individual y postural.

Las modalidades de estiramiento son⁵:

- Estáticos pasivos: el músculo se va poniendo en tensión de forma lenta y progresiva ayudado por una fuerza externa. Esa fuerza puede ser el fisioterapeuta u otra persona, el peso o la gravedad. Se debe realizar en una posición cómoda. Duración entre 10-30 segundos. Con este tipo de estiramiento se trata de mejorar la movilidad de la articulación. También para disminuir la rigidez después de realizar un ejercicio.
- Estáticos activos en tensión pasiva: el músculo se pone en tensión por la contracción del músculo antagonista. Este dura de 6 a 10 segundos. En fisioterapia, después de una rotura muscular, es el primer estiramiento que se utiliza.

- Estáticos activos en tensión activa: actúa específicamente en la unión del tendón con el hueso y con la fibra muscular. El músculo se contrae y se estira tras haber sido previamente alargado. Se ejecuta en una posición próxima al esfuerzo. Se realizan junto con un trabajo del grupo muscular que corresponde. Duración de 4-6 segundos. Si se sobrepasa este tiempo se pueden irritar estructuras nerviosas y vasculares. Previenen lesiones músculo-tendinosas.
- Técnicas neuromusculares en contracción relajación-estiramiento: se utiliza cuando hay un aumento del tono muscular. Consiste en que el músculo que queremos estirar se encuentra en un estado de preelongación y se le solicita una contracción isométrica. Cuando acaba esta contracción, el músculo se encuentra en un estado de inhibición en el cual se estira el músculo. La duración varía según el autor. Se utiliza para tratar espasmos musculares o contracturas y para aumentar la amplitud del movimiento después de realizar ejercicio físico.
- Dinámicos: persiguen activar el reflejo miotático y la contracción que responde a este tipo de estiramiento sin llegar a una posición extrema de la articulación. En este caso se realizan movimientos de rebote y lanzados. De la velocidad y amplitud en la que es desarrollado depende la intensidad.

2.2 Fuerza muscular

La fuerza es la capacidad que tiene el músculo para vencer una resistencia. La fuerza se divide en fuerza máxima, fuerza resistencia y fuerza explosiva⁵. La fuerza explosiva es la que se valora en este caso y consiste en la “capacidad del sistema neuromuscular para vencer una resistencia en el menor tiempo posible”⁵. Esta fuerza varía según la relación que haya entre la velocidad del movimiento que se realiza y la fuerza desarrollada por los músculos implicados¹⁹.

Existen diversas formas de medir y valorar la fuerza muscular. Una de ellas es el salto vertical.

En el salto vertical, se requiere la generación de fuerzas máximas para conseguir saltar lo más alto posible. Para ello requiere una coordinación intramuscular e intermuscular²⁰.

La coordinación intramuscular se vincula con la eficiencia del sistema neuromuscular. La fuerza máxima se produce cuando, de forma sincronizada, se contraen todas las fibras de un músculo²¹.

La coordinación intermuscular es la relación entre músculos agonistas y antagonistas cuando se produce el movimiento. Si están sincronizados de manera óptima en la realización del movimiento, la fuerza muscular producida será mayor²¹.

2.3. Estiramiento y fuerza muscular

La unidad músculo-tendón tiene un componente sensitivo y otro mecánico. Estos componentes marcan su funcionamiento. Con esto se explica que es lo que se produce cuando se realiza el estiramiento²².

Dentro del componente sensitivo están los husos neuromusculares y el órgano tendinoso de Golgi. Los husos neuromusculares se activan con los cambios en la longitud y con velocidad a la que estos cambios se producen. Como resultado, se activa el reflejo miotático de estiramiento que produce una contracción y en el antagonista se produce el reflejo miotático inverso con lo que se relaja el antagonista. Si hay un aumento de tensión en músculo y en tendón, se produce una inhibición del agonista, finalizando la contracción (autoinhibición). De esto último es responsable el órgano tendinoso de Golgi cuando es activado²³.

A nivel medular se produce la regulación del tono. Hay dos tipos de influencias de los propioceptores. Unas que provocan estímulos positivos como la contracción que se desencadena al estimularse los husos musculares y otras que provocan estímulos negativos como la inhibición del tono muscular por la activación del órgano tendinoso de Golgi. Esta regulación influye en la viscoelasticidad del músculo por la resistencia pasiva al estiramiento⁵.

En cuanto al componente mecánico, en clínica se habla de heterogenicidad de los componentes del músculo. Neiger¹⁸ explica que en la unidad músculo-tendón la parte contráctil es el motor muscular que produce la fuerza de tracción y el tejido tendinoso transmite esa fuerza muscular a las palancas óseas produciéndose el movimiento. Esta unión músculo-tendinosa contiene dos tipos de tejido:

- el contráctil o fibra muscular:
- el conjuntivo: forma tres capas que envuelve estructuras musculares y tendinosas. La capa más profunda es el sarcolema que envuelve a cada miofibrilla, después está el endomisio que envuelve cada fibra muscular, el perimisio organiza las fibras en fascículos y por último el epimisio que envuelve todo y tiene una función protectora.

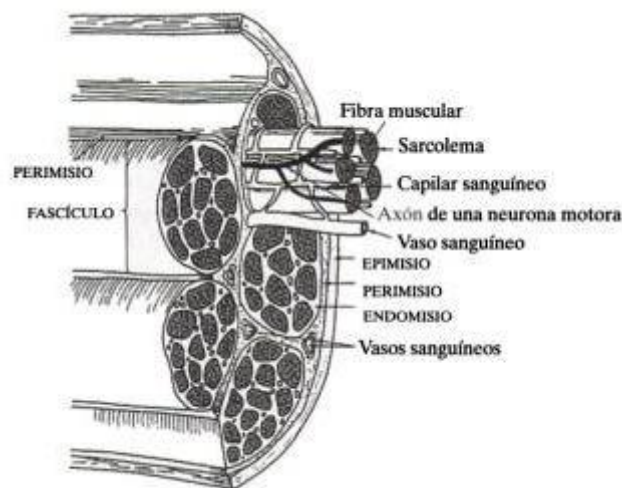


Figura 1. Estructura del músculo¹⁴.

El sarcómero es la unidad funcional del músculo. Cada miofibrilla presenta sarcómeros en disposición seriada. La contracción se produce al resbalarse entre sí la actina y la miosina que son proteínas contenidas dentro de cada sarcómero. La actina es el filamento delgado y la miosina el filamento grueso. Para mantener la integridad del sarcómero, ya que puede deformarse de manera longitudinal, contiene unas proteínas estructurales que son la titina, la desmina y la nebulina. La titina es el elemento elástico del sarcómero, fija la miosina con la línea Z. La nebulina une la actina con la línea Z. Por último la desmina relaciona las miofibrillas entre sí²³.

Todo el conjunto de estructuras se encuentran envueltas por el sarcoplasma que es un líquido viscoso, lo que hace que el músculo se comporte como un material viscoelástico cuando se produce el movimiento¹⁸. La propiedad viscoelástica del músculo se expresa por la resistencia interna al estiramiento, que es directamente proporcional a la velocidad con la que el tejido varía su longitud, es decir, cuanta más velocidad, mayor resistencia. Por el contrario, a mayor temperatura, menos resistencia.

La tensión pasiva que crea el estiramiento actúa sobre los puentes de actina-miosina estables, sobre la titina (elemento elástico del sarcómero) y, si se sigue aumentando la amplitud, se solicita el tejido conjuntivo y el tendón.

La rigidez muscular es la propiedad contraria a la extensibilidad, de la que se diferencian dos tipos¹⁶: la pasiva, que se produce cuando el tejido conjuntivo pierde extensibilidad (patología partes blandas) y la activa que se da cuando el músculo se prepara para la acción y hay un aumento del tono muscular, dándole mayor capacidad reactiva.

Un punto de gran importancia en el estiramiento es la unión miotendinosa, ya que contiene tejidos de diferente extensibilidad. Aquí, los sarcómeros no se estiran tanto como los centrales, son más rígidos⁵. En esta zona es donde se producen las lesiones por mecanismo excéntrico. Para la prevención de estas lesiones se utiliza el estiramiento en tensión activa ya que este tipo solicita esta zona preferentemente cuando se lleva a cabo¹⁶.

Entre la fuerza de contracción del músculo y la resistencia del tendón a la tensión siempre tiene que haber relación ya que, el tendón transmite al esqueleto los impulsos mecánicos que provienen de la contracción muscular⁵.

En lo que respecta al entrenamiento, del componente mecánico se habla de los términos *stiffness* (rigidez) y *compliance* (compliance). El primero se define como la “capacidad del tejido de oponerse al estiramiento”, y el segundo como la “facilidad con la que un músculo se puede estirar”⁵.

Si el músculo es *stiffness* transmite la energía de la contracción concéntrica de manera más rápida (acciones de baja intensidad), y si es *compliance* tiene más

capacidad para almacenar energía elástica y liberarla rápidamente, que es el ciclo estiramiento-acortamiento (acciones explosivas)²⁴.

El objetivo que tiene este ciclo es convertir la energía elástica, procedente del peso del cuerpo y de la gravedad, en la fase excéntrica, en una fuerza igual y contraria en la fase concéntrica⁵. Esto le da una mayor fuerza y potencia al músculo.

El ciclo estiramiento-acortamiento se utiliza en acciones explosivas como el salto vertical, que se puede definir como una producción de fuerza explosiva de las extremidades inferiores⁷.

Los estiramientos, a corto plazo, afectan a la rigidez y a la viscoelasticidad del músculo reduciéndolas. Prévost²⁵ explica que si la rigidez de un músculo varía, se puede afectar la rapidez en la que se genera y transmite la fuerza hacia las palancas óseas de la articulación. En este caso, si la rigidez disminuye (es más extensible), se produce un retraso en la transmisión, por lo que la acción de transmisión es más lenta.

Es importante que el sarcómero tenga una longitud óptima para generar fuerza. Si se encuentra alargado o acortado pierde capacidad para producir la fuerza. La fuerza activa que genera un músculo depende de su longitud inicial. La conexión o relación máxima entre puentes de actina y miosina que se produce cuando el músculo está en reposo, es la longitud óptima para la producción de fuerza²⁵.

Un estiramiento mantenido puede afectar la longitud óptima del musculo lo que conlleva efectos negativos sobre la fuerza máxima, la fuerza-resistencia y la fuerza explosiva medida con el test de salto²⁶.

Stone et al.²⁷ en su estudio comprobaron que aunque unos ejercicios de estiramiento agudo aumentan la amplitud del movimiento, también pueden reducir la producción de fuerza.

Diversos estudios han demostrado que los estiramientos estáticos agudos, con respecto al salto, pueden resultar en una reducción significativa en el rendimiento o no producir ningún cambio²⁸⁻³⁴.

A largo plazo, se produce un aumento de la amplitud del movimiento. Esto se debe a la *stretch tolerance*³⁵ y al efecto *Goldspink*³⁶. La *stretch tolerance*³⁵ es una adaptación sensitiva al estiramiento, una variación de la percepción del dolor y estiramiento por fenómenos de acomodamiento sensitivo, disminución de la activación de los husos neuromusculares y disminución de la excitabilidad del órgano tendinoso de Golgi. El efecto *Goldspink*³⁶ es una adaptación que se produce en el músculo relacionada con la fuerza en la que se añaden sarcómeros en serie como efecto del estiramiento pasivo.

La curva tensión-deformación explica cómo se comporta el músculo en una situación de alargamiento. Puede pasar por tres fases: elástica, plástica y rotura⁹.

2.4. Músculo cuádriceps femoral

El músculo cuádriceps femoral se encuentra en la parte anterior del muslo. Forma junto con el músculo sartorio, el grupo de los extensores de la musculatura del muslo. Es un músculo con cuatro cabezas, formado por el músculo recto femoral, el músculo vasto lateral, el músculo vasto medial y el músculo vasto intermedio. El vasto intermedio se sitúa de manera más profunda que los otros tres (por debajo del m. recto femoral). Si se cuenta con el músculo articular de la rodilla se puede considerar como un músculo de cinco cabezas. Está compuesto por algunas de las fibras distales del músculo vasto intermedio (no es un músculo independiente). Mientras que las fibras de los otros cuatro se dirigen hacia el ligamento rotuliano, las del músculo articular de la rodilla se dirigen hacia el receso suprarrotuliano¹³.

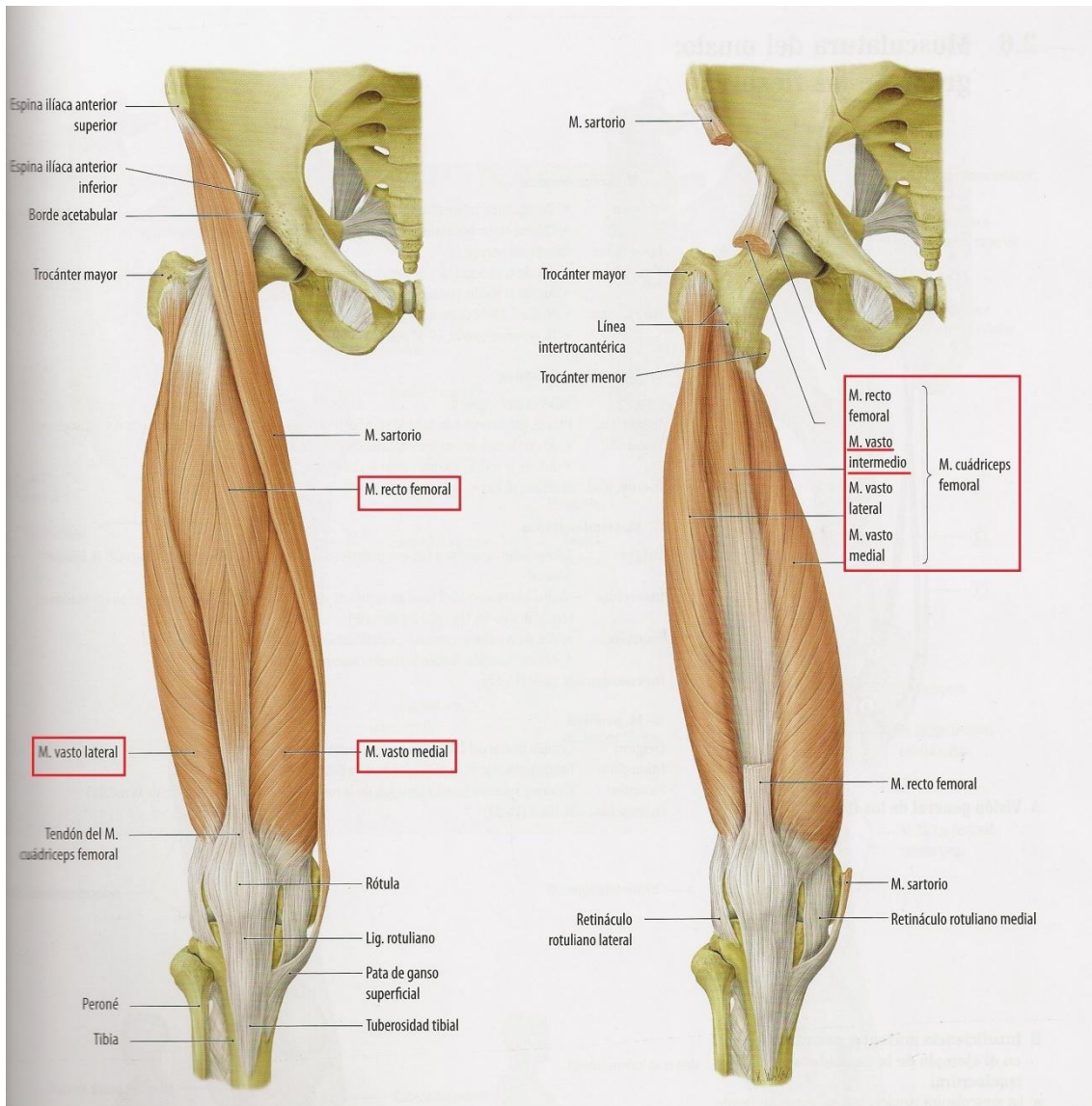


Figura 2. Músculo cuádriceps. A la izquierda sus porciones m. recto femoral, m. vasto medial y m. vasto lateral. A la derecha se ha retirado m. recto femoral, dejando tan solo su origen e inserción, para ver el m. vasto intermedio¹³.

Cada una de las porciones tiene un origen diferente¹³:

- Músculo recto femoral: espina ilíaca antero-inferior, surco supracetabular
- Músculo vasto lateral: labio lateral de la línea áspera del fémur y superficie lateral del trocánter mayor
- Músculo vasto medial: labio medial de la línea áspera del fémur y parte distal de la línea intertrocantérea
- Músculo vasto intermedio: cara anterior de la diáfisis del fémur
- Músculo articular de la rodilla: cara anterior de la diáfisis del fémur

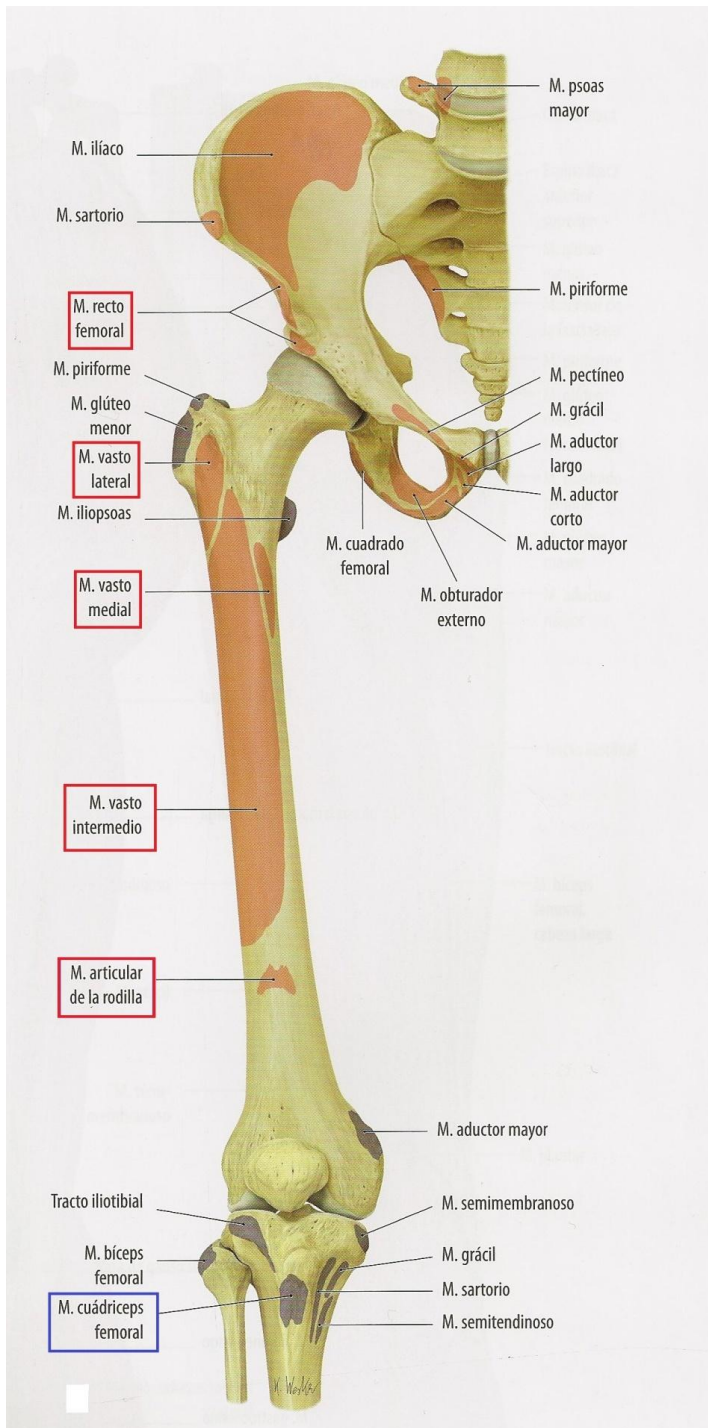


Figura 3. Origen (en rojo) e inserción (en azul) del músculo cuádriceps femoral¹³.

En cuanto a la inserción, todo el músculo, a través del ligamento rotuliano, se inserta en la tuberosidad tibial. Los músculos vastos medial y lateral, además, se insertan, a través del retináculo rotuliano medial y lateral, a ambos lados de la tuberosidad de los cóndilos medial y lateral. Y el músculo articular de la rodilla se inserta en el receso suprarrotuliano, en la cápsula articular de la rodilla.

El cuádriceps realiza funciones tanto en la articulación de la cadera como en la articulación de la rodilla. De todas las porciones que lo forman, el músculo recto femoral es el único que actúa en ambas articulaciones (biarticular). En la rodilla todas las porciones participan en el movimiento de extensión y el músculo articular de la rodilla además evita el pinzamiento de la cápsula. En la cadera sólo actúa el músculo recto femoral en el movimiento de flexión¹³.

En este caso clínico se investigan los efectos a largo plazo de 8 sesiones de estiramientos estáticos en la fuerza y la flexibilidad del cuádriceps en una persona sana.

3. Objetivos

Los principales objetivos que se quieren alcanzar a través de este caso clínico son los siguientes:

- Comprobar si tras realizar un programa de estiramientos en el músculo cuádriceps durante un mes la fuerza de dicho músculo aumenta, disminuye o no varía.
- Comprobar si la flexibilidad del músculo cuádriceps ha variado tras la realización del programa de estiramientos.
- Realizar una revisión de la literatura existente sobre el tema tratado en este caso clínico.

4. Material y métodos

Para la realización de este caso clínico se escogió a un chico de 21 años, con un peso de 72,4 kg, y una altura de 1,77 m. Lleva una vida sedentaria. Ocasionalmente sale a correr y juega partidos de fútbol. No tiene ningún problema de salud. No tiene actualmente ningún tipo de lesión, ni ha tenido ninguna recientemente.

Antes de comenzar se prepara una reunión en la que se explica al sujeto las pruebas que va a realizar y en qué consisten los estiramientos que se le van a practicar, es decir, el propósito del caso clínico y los procedimientos que se van a llevar a cabo para conseguirlo. También se le proporciona una hoja con el consentimiento informado (anexo 1) para que lo rellene y lo entregue tras haber escuchado las explicaciones. Después se realiza una recogida de datos personales.

Se recogieron datos sobre la altura y el peso.

Para la altura se colocó una cinta métrica en la pared de forma que quedó totalmente vertical y perpendicular al suelo. El sujeto se colocó de espaldas a la cinta métrica, con los talones juntos y paralelos, las piernas extendidas, brazos relajados, la espalda y zona posterior de la cabeza pegadas a la pared y con la mirada al frente. Para anotar la altura se colocó un objeto plano en el punto más alto de la cabeza. Para llevar este objeto a la pared se hizo mediante una escuadra de forma perpendicular a la pared y paralela al suelo. Todo ello se llevó a cabo con el sujeto en calcetines. Se expresó en centímetros (cm).

Para el peso se utilizó una báscula TEFAL Fit line con una precisión de 0.200g. El sujeto realizó la medición en ropa interior y calcetines. Se expresó en Kilogramos (Kg).

Este caso clínico consiste en la realización de estiramientos del músculo cuádriceps durante un mes, dos días por semana, y en realizar una prueba de fuerza antes y después del tratamiento para comprobar si dichos estiramientos influyen en la fuerza del músculo.

Se realiza la medición de la flexibilidad del cuádriceps para comprobar si también se ve afectada por los estiramientos al finalizar. Para ello se utiliza el goniómetro. Esta prueba se denomina test de Ely³⁷.

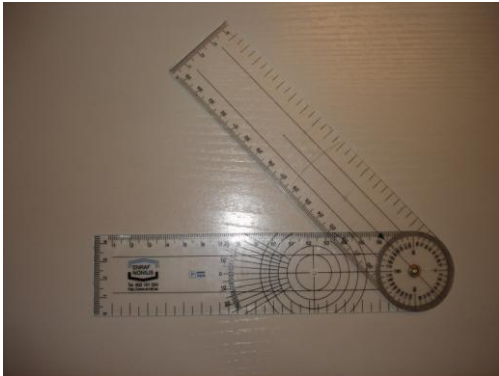


Figura 4. Goniómetro (ENRAF NONIUS).

El sujeto se coloca encima de la camilla, en decúbito prono. Caderas y piernas extendidas. La pierna a evaluar la flexiona el sujeto de manera activa tratando de llegar con el talón al glúteo. El punto central del goniómetro se coloca en el cóndilo lateral del fémur, el brazo fijo se coloca alineado al eje del fémur, utilizando el trocánter mayor como punto de referencia y el brazo móvil se coloca tomando como punto de referencia el maléolo lateral del tobillo. En el punto de máxima flexión se mide el ángulo de movimiento. La otra pierna permanece extendida. Después se realiza el mismo proceso en la otra pierna. La unidad de medida utilizada son los grados (°).

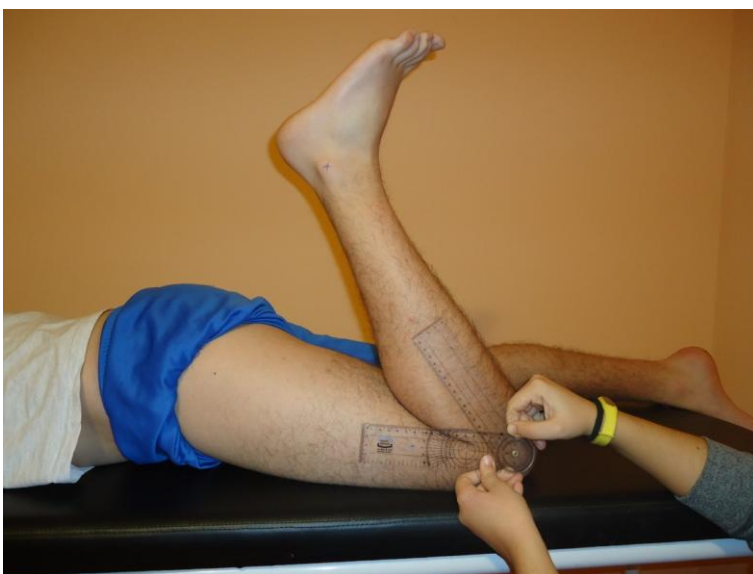


Figura 5. Medición flexibilidad del cuádriceps con goniómetro.

Los datos fueron regidos en la hoja de datos personales (Anexo 2).

Los estiramientos de cuádriceps que se realizan en el paciente son de tipo estático. Se le va a realizar los estiramientos que Sekir et al.¹⁰ describe en su artículo. Se llevan a cabo de dos formas diferentes: uno de pie y otro sentado.

El estiramiento que se realiza de pie consiste en que el sujeto con una mano apoyada en la pared, para no perder el equilibrio, flexiona la rodilla de la pierna a estirar. Con la mano que ha quedado libre coge el tobillo de esa pierna flexionada llevando el talón hacia el glúteo, aumentando dicha flexión, y de esta manera, realiza el estiramiento del cuádriceps.

El otro estiramiento se lleva a cabo sentado sobre una colchoneta. Se flexionan las dos piernas de manera que, el talón de la pierna a estirar llega al glúteo y, la planta del pie de la pierna que no se estira da contra la parte interna del muslo de la pierna que se está estirando. Una vez colocadas las piernas, se va llevando poco a poco el tronco hacia atrás para realizar el estiramiento del cuádriceps.



Figura 6. Estiramiento estático de pie y estiramiento estático sentado.

De cada clase de estiramiento se realizan dos repeticiones en cada pierna. Cada repetición tiene una duración de 30 segundos¹². Hay un periodo de 15 segundos entre estiramientos para el descanso del sujeto y para realizar los cambios necesarios de postura¹⁰. La duración total de la sesión de estiramientos es de 6 ± 1 min.

Es importante que el paciente no tenga una sensación dolorosa, que llegue a un punto en que note una ligera molestia y aguantar ahí los 30 segundos.

La fuerza explosiva es la que se valora en este caso que, como se ha dicho anteriormente, consiste en la “capacidad del sistema neuromuscular para vencer una resistencia en el menor tiempo posible”. Se valora con un salto vertical.

Malliou³⁸ en su artículo expone que la prueba de salto vertical se puede realizar tanto en el laboratorio mediante las plataformas de salto, como en cualquier otra sala habilitada con la prueba de salto de Sargent para medir la fuerza explosiva de las extremidades inferiores.

Para iniciar la prueba se marca con tiza roja los dedos de la mano derecha del sujeto, se coloca de tal manera que la pared quede a su lado derecho y extiende el brazo por encima de la cabeza para marcar con la tiza de sus dedos el punto máximo al que puede llegar. El sujeto se prepara antes de realizar el salto, puede flexionar libremente las extremidades inferiores y colocar las extremidades superiores de la manera que más cómoda le resulte para tratar de saltar lo más alto posible. En el punto más alto del salto, el sujeto debe tratar de marca con los dedos en la pared. La altura del salto es igual a la diferencia entre los dos puntos marcados. El sujeto salta de esta manera tres veces y se selecciona el salto en el que más altura haya alcanzado. Entre saltos hay un intervalo mínimo de 45 segundos.



Figura 7. Test de Sargent.

Todos los datos de la prueba se apuntan en una ficha (anexo 2) y la unidad de medida utilizada son los centímetros (cm).

La primera medición de la fuerza se hizo un día antes de comenzar las sesiones de estiramientos y la segunda medición un día después de la última sesión⁷.

La última prueba de salto se realizó un día después de finalizar los estiramientos para que no se viese influida por los efectos agudos de los estiramientos realizados en la última sesión. Los efectos a corto plazo de los estiramientos estáticos pueden reducir de manera significativa el rendimiento del salto.

5. Resultados

En la realización de la prueba de salto vertical anterior al programa de estiramientos, la máxima altura alcanzada fue de 44,6 cm. Transcurridas las ocho sesiones de estiramientos, la altura saltada fue de 47,5 cm. Por lo tanto hay un aumento de 2,9 cm entre las dos pruebas.

La medición con el goniómetro de la elasticidad de los cuádriceps antes del programa de estiramientos fue la siguiente: pierna izquierda 130° de flexión, pierna derecha 130° de flexión. Después del programa de estiramientos: pierna izquierda 140° de flexión, pierna derecha 140° de flexión.

En ambas piernas hubo un aumento de 10° en el rango articular.

6. Discusión

En este caso clínico se ha analizado la repercusión que tiene un programa de ocho sesiones de estiramientos del músculo cuádriceps sobre la generación de fuerza de dicho músculo y sobre su flexibilidad. Los resultados muestran que hubo un aumento tanto en la fuerza como en la flexibilidad.

Numerosos artículos han demostrado que realizar un estiramiento estático antes del ejercicio puede comprometer temporalmente la capacidad del músculo para producir fuerza. Pero, a largo plazo, diversos autores afirman que los estiramientos regulares pueden tener efectos positivos sobre las capacidades de restitución de energía elástica, y por tanto son beneficiosos en ejercicios que implican potencia muscular^{23, 25, 39}. Esto explicaría el aumento que se ha producido en la fuerza.

Todo esto es la razón por la cual la prueba final de fuerza se hizo al día siguiente de finalizar las sesiones de estiramientos, para que el rendimiento del salto no se viese afectado.

El aumento en la altura del salto también puede ser consecuencia del foco de atención que adopta el sujeto en la prueba. Según Wulf²⁰, durante la ejecución de una habilidad motora o en el aprendizaje de habilidades, el rendimiento del sujeto depende de dónde esté focalizando su atención. Si se centra en el efecto del movimiento o en el resultado que quiere lograr, el salto es mayor que si se centra en los movimientos del cuerpo. En este caso el sujeto estaba centrado en saltar lo más alto posible, es decir, estaba centrado en el resultado. Esto ha sido demostrado en gran variedad de deportes como el golf, el fútbol, el baloncesto o el voleibol.

Wulf et al.²⁰ afirman en su artículo que para generar fuerzas máximas, como por ejemplo en el salto vertical, la coordinación intramuscular y la intermuscular necesitan ser optimizadas. La coordinación intermuscular es la relación entre músculos agonistas y antagonistas durante el movimiento. Sería interesante que en futuros estudios, además de realizar el estiramiento en el músculo cuádriceps, también se realizase el estiramiento sobre sus antagonistas, los

músculos isquiotibiales. Podrían aportar mejores resultados ya que una buena coordinación entre ambos produce una fuerza mayor en el movimiento.

La elección de un salto vertical como prueba para valorar la fuerza del cuádriceps se debe a que en el estudio realizado por Wulf et al.²⁰ comprobaron que en la electromiografía del salto vertical el músculo con mayor actividad era el cuádriceps. Dentro de este músculo, el vasto lateral es registrado con la mayor actividad electromiográfica y también el recto femoral, aunque con una actividad algo inferior al vasto lateral. Por lo que en definitiva el músculo más importante en el salto vertical es el músculo cuádriceps.

En la gran mayoría de los artículos que valoran la fuerza a través de un salto vertical utilizan una plataforma de salto, pero en este caso se ha utilizado la prueba de salto de Sargent ya que en el artículo de Costa Mendes et al.⁴⁰ dan fiabilidad y validez a esta prueba comparándola con la plataforma.

La realización de estiramiento dinámico en vez del estático puede ser una buena alternativa, ya que existe una cierta evidencia de que este tipo puede mejorar el rendimiento de la fuerza muscular. Algunos estudios dicen que esto podría ser por el aumento de la temperatura muscular o por una disminución de rigidez en músculos y articulaciones¹⁰. Sería interesante realizar futuros estudios con otros tipos de estiramiento para aportar nuevos datos.

Los resultados también muestran que la flexibilidad del cuádriceps aumentó, por lo que hay un aumento en la amplitud articular de la rodilla.

Esto coincide con el estudio de Nelson y Bandy⁴¹ que encontraron un incremento en el rango de movilidad de la articulación tras realizar estiramientos estáticos tres días a la semana durante seis semanas.

Decoster⁴² también concluyó en su artículo el rango de movimiento aumentó tras seis semanas de estiramientos.

7. Conclusiones

Tras realizar las ocho sesiones de estiramiento estático hay un aumento en la fuerza del cuádriceps medida a través del salto vertical.

Los estiramientos pasivos son efectivos para aumentar la flexibilidad del cuádriceps, por lo tanto, para aumentar el rango de movimiento de la articulación de la rodilla.

Futuras investigaciones son necesarias con una mayor muestra, en un mayor periodo de tiempo y en distintas musculaturas para aportar más datos.

También sería interesante realizar nuevas investigaciones con otros tipos de estiramiento.

8. Bibliografía

1. Calle Fuentes, P.; Muñoz-Cruzado; Barba, M.; Catalán Matamoros, D.; Fuentes Hervías, M. *Los efectos de los estiramientos musculares: ¿qué sabemos realmente?* Rev Iberoam Fisioter Kinesol. 2006; 9: 36-44.
2. Hedrick, A. *Dynamic flexibility training*. Strength Cond J. 2000; 22: 33-38.
3. Behm, D.G.; Bambury, A.; Cahill, F.; Power, K. *Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time*. Med. Sci. Sports. 2004; 36: 1397-1402.
4. Ebben, W.P.; Carroll, R.M.; Simenz, C.J. *Strength and conditioning practices of National Hockey League strength and conditioning coaches*. J. Strength Cond Res. 2004; 18: 889-897.
5. Pacheco, L.; García Tirado, J.J. *Sobre la aplicación de estiramientos en el deportista sano y lesionado*. Apunts medicina de l'esport. 2010; 166: 109-125.
6. Useros Garcia, P.; Campos Aranda, M. *Estiramientos analíticos y stretching global activo en clases de educación física*. Fisioterapia. 2011; 33 (2): 70-78.
7. Yuktasir, B.; Kaya, F. *Investigation into the long-term effects of static and PNF stretching exercises on range of motion and jump performance*. Journal of bodywork and movement therapies. 2009; 13 (1): 11-21.
8. Serra Grima, J.R. *Cardiología en el deporte: revisión de casos clínicos*. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 1998.
9. Neiger, H. *Los estiramientos: desarrollo de ejercicios*. 4.^a ed. Barcelona: Masson; 2000.
10. Sekir, U.; Arabaci, R.; Akova, B.; Kadagan, S.M. *Acute effects of static and dynamic stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite women athletes*. Scand J Med Sci Sports. 2010; 20: 268-281.
11. Kay, A.D.; Blazevich, A.J. *Reductions in active plantarflexor moment are significantly correlated with static stretch duration*. Eur. J. Sport Sci. 2008; 41 (8): 41-46.
12. Kay, A.D.; Blazevich, A.J. *Effect of Acute Static Stretch on Maximal Muscle Performance: A Systematic Review*. Medicine and science in sports and exercise. 2012; 44 (1): 154-164.

13. Schüke, M.; Schulte, E.; Schumacher, U. *Prometheus: texto y atlas de anatomía*. 2º ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2011.
14. Palastanga, N.; Field, D.; Soames, R. *Anatomía y movimiento Humano: estructura y funcionamiento*. 1º ed. Barcelona: Paidotribo; 2000.
15. Klee, A.; Wiemann, K. *Der Einfluss von Flüssigkeitsverschiebungen auf die Bestimmung muskulärer Dehnungsparameter*. Deutsche zeitschrift fuer sportmedizin. 2000; 6: 205-210.
16. Esnault, M.; Viel, E. *Stretching: estiramientos de las cadenas musculares*. 2.ª ed. Barcelona: Masson; 2003.
17. Albert, M. *El entrenamiento muscular excéntrico en deporte y ortopedia*. Barcelona: Paidotribo; 1999.
18. Neiger, H. *Estiramientos analíticos manuales: técnicas pasivas*. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1998.
19. Stone, M.H.; O'Bryant, H.S.; Mccoy, L.; Goglianesi, R.; Lehmkuhl, M.; Schilling, B. *Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps*. J Strength Cond Res. 2003; 17: 140-147.
20. Wulf, G.; Dufek, J.S.; Lozano, L.; Pettigrew, C. *Increased jump height and reduced EMG activity with an external focus*. Human movement science. 2010; 29 (3): 440-448.
21. Kues, J.; Rothsein, J.; Lamb, R. 1994. *The relationships among knee extensor torques produced during maximal voluntary contractions under various test conditions*. Physical therapy. 1994; 74: 674-682.
22. Garcia Tirado, J.; Pacheco Arajol, L. *Aplicación de los estiramientos en la lesión traumática*. Fisioterapia del Aparato Locomotor. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 2005. 206-220.
23. Lieber R.L. *Estructura del músculo esquelético, función y plasticidad*. 2.ª ed. Madrid: McGraw-Hill interamericana; 2004.
24. Witvrouw, E.; Mahieu, N.; Danneels, L.; Mcnair, P. *Stretching and injury prevention: an obscure relationship*. Sports Med. 2004; 34: 443-449.
25. Prevost, P. *Étirements et performance sportive*. Kinesitherapie Scientifique. 2004; 446: 5-13.
26. Behm, D.G.; Kibele, A. *Effects of differing intensities of static stretching on jump performance*. Eur J Appl Physiol. 2007; 101: 587-94.

27. Stone, M.; Ramsey, M.W.; Kinser, A.M.; O'Bryant, H.S.; Ayers, C.; SANDS, W.A. 2006. *Stretching: acute and chronic? The potential consequences*. Strength and conditional journal. 2006; 28 (6): 66-74.
28. Power, K; Behm, D.; Cahill, F.; Carroll, M.; Young, W. *An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance*. Medicine and science in sports and exercise. 2004; 36 (8): 1389-1396.
29. Little, T.; Williams A.G. *Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players*. Journal of strength and conditioning research. 2006; 20 (1): 203-207.
30. Wallmann, H.W.; Mercer, J.A.; Mcworter, J.W. *Surface electromyographic assessment of the effect of static stretching of the gastrocnemius on vertical jump performance*. Journal of strength and conditioning research. 2005; 19 (3): 684-688.
31. Unick, J.; Kieffer, H.S.; Cheesman, W.; Feeney, A. *The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women*. Journal of strength and conditioning research. 2005; 19 (1): 206-212.
32. Knudson, D.; Bennett, K.; Corn, R.; Leick, D.; Smith, C. *Acute effects of stretching are not evident in the kinematics of the vertical jump*. Journal of strength and conditioning research. 2001; 15 (1): 98-101.
33. Young, W.B.; Behm, D.G. *Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance*. The journal of sports medicine and physical fitness. 2003; 43 (1): 21-27.
34. Church, J.B.; Wiggins, M.S.; Moode, F.M.; Crist, R. *Effect of warm-up and flexibility treatment on vertical jump performance*. Journal of strength and conditioning research. 2001; 15 (3): 332-336.
35. Shrier, I. *Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature*. Clin J Sport Med. 2004; 14: 267-73.
36. Cometti, G. *Les limites du stretching pour la performance sportive*. Dijon: Faculté des Sciences du Sport - UFR STAPS, 2007.
37. Mas Del Valle, J.M. Programa de desarrollo de la flexibilidad en el fútbol. EF deportes. [Internet]. 2007 [acceso 19 de noviembre de 2015]; 110. Disponible en: <http://goo.gl/fmj9Lu>

38. Malliou, P.; Ispirlidis, I.; Beneka, A.; Taxildaris, K.; Godolias, G. *Vertical jump and knee extensors isokinetic performance in professional soccer players related to the phase of training period*. *Isokinet Exerc Sci*. 2003; 11: 165-169.
39. Kokkonen, J.; Nelson, A.G.; Buckingham, P. *Stretching combined with weight training improves strength more than weight training alone*. *Med Sci Sports Exerc*. 2000; 32 (5): Supl.
40. De Salles, P.G.; Vasconcellos, F.V.; De Salles, G.F.; Fonseca, R.T.; DANTAS, E.H. *Validity and reproducibility of the sargent jump test in the assessment of explosive strength in soccer players*. *Journal of human kinetics*. 2012; 33: 115-221.
41. Nelson, R.T.; Bandy, W.D. *Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males*. *Journal of athletic training*. 2004; 39: 254-258.
42. Decoster, L.A.; Canion, R.L.; Horn, K.D.; Cleland, J. *Standing and supine hamstring stretching are equally effective*. *Journal of athletic training*. 2004; 39: 330-334.

Anexo nº1

Consentimiento Informado

D/Dña. _____ con DNI _____

He recibido toda la información sobre el caso clínico. He tenido la oportunidad de hacer preguntas sobre el mismo. Firmando abajo consiento que se me aplique el tratamiento que se me ha explicado de forma suficiente y comprensible.

Entiendo que tengo derecho de rehusar parte o todo el tratamiento en cualquier momento. Entiendo mi plan de tratamiento y consiento en ser tratado por una estudiante de Grado de Fisioterapia de la Universidad de Valladolid.

Declaro Haber facilitado de manera leal y verdadera los datos sobre estado físico y salud de mi persona que pudiera afectar a los tratamientos que se me van a realizar. Asimismo decido, dentro de las opciones clínicas disponibles, dar mi conformidad, libre, voluntaria y consciente a los tratamientos que se me han informado.

En _____, ____ de _____ de _____

Firma:

Anexo nº 2

Hoja de datos personales

Nombre:

Edad:

Altura:

Peso:

Resultados prueba de salto de Sargent.

Primera prueba:

Fecha:

| Primer salto | Segundo salto | Tercer salto |
|--------------|---------------|--------------|
| cm | cm | cm |

Salto válido: ____ cm.

Segunda prueba:

Fecha:

| Primer salto | Segundo salto | Tercer salto |
|--------------|---------------|--------------|
| cm | cm | cm |

Salto válido: ____ cm.

Resultados test de Ely (flexibilidad del músculo cuádriceps)

| Primera medición | Segunda medición |
|------------------|------------------|
| Fecha: | Fecha: |
| o | o |