



Universidad Abierta Interamericana

Facultad de medicina y ciencias de la salud

Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría

**Comparación de la efectividad en la elongación de los músculos
isquiosurales mediante Estiramiento Estático vs FNP en mujeres entre
30 y 50 años**

Autor: Zamora, Christian Gabriel

Legajo: 6481

Título a obtener: Licenciado en Kinesiología y Fisiatría

Profesor Tutor: Catalano, Marisa

Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría

Año: 2022



Agradecimientos

Al finalizar mi etapa universitaria quiero agradecer especialmente a mi familia y a mi pareja por el apoyo incondicional y contención que me brindaron a lo largo de toda la carrera. Sin ellos esto no hubiese sido posible.

A los profesores Fernando y Diana, a todas las participantes de este trabajo de investigación: Melisa, Marianela, Karina, Ruth, Virginia, Claudia, Yesica y Stella por brindarme su participación y el espacio para realizarlo.

A todos los profesores, directivos y compañeros que me acompañaron en este camino, cada uno aportando lo suyo y ayudándome para hoy estar en el final de la carrera.

A mi tutora, Marisa Catalano, por guiarme y estar a disposición en todo momento para la realización de la tesis.



Índice

Agradecimientos.....	1
Índice.....	2
Problema.....	4
Objetivos.....	4
Justificación.....	5
Resumen y palabras clave.....	6
Abstract.....	7
Estado del arte.....	8
 Introducción.....	 10
I. Flexibilidad.....	12
I.I. Definición.....	12
I.II. Factores que limitan la Flexibilidad.....	14
I.III. Factores que influyen en el desarrollo de la flexibilidad.....	14
I.IV. Técnicas de estiramiento.....	17
I.V. Metodología del entrenamiento de la flexibilidad.....	19
I.VI. Fundamentos fisiológicos y neurofisiológicos de la elongación Muscular.....	19
I.VII. Beneficios del estiramiento.....	22
II. Músculo Esquelético.....	23
II.I. Anatomía fisiológica del músculo esquelético.....	24
II.II. Características funcionales del músculo.....	26
II.III. Distintos tipos de fibras musculares.....	27
III. Isquiosurales.....	28
III.I. Anatomía y biomecánica de los músculos isquiosurales.....	28
III.II. S.I.C.....	31
IV. Evaluación de la flexibilidad.....	33
IV.I. Test del ángulo poplíteo.....	34
IV.II. Test set and Reach.....	35



Diseño metodológico.....	36
Análisis e interpretación de datos.....	38
Conclusión.....	41
Bibliografía.....	42
Anexos.....	44
Anexo I, resultados de test.....	44
Anexo II, imágenes.....	47
Anexo III, consentimiento informado.....	53



Problema

¿Cuál es el método más efectivo para lograr una mayor elasticidad en los músculos isquiosurales mediante FNP vs el estiramiento estático en mujeres entre 30 y 50 años?

Objetivo general

Determinar cuál es el método más efectivo para lograr una mayor elasticidad en los músculos isquiosurales mediante FNP vs el estiramiento estático en mujeres entre 30 y 50 años

Objetivos específicos

- Explicar las características del estiramiento estático y FNP
- Describir la anatomía, fisiología y biomecánica de los músculos isquiosurales
- Conocer los fundamentos fisiológicos y neurofisiológicos de la elongación muscular
- Conocer qué factores influyen en el desarrollo de la flexibilidad
- Evaluar los resultados de ambas técnicas en la elasticidad de los músculos isquiosurales en mujeres entre 30 y 50 años.



Justificación

La investigación puede aportar herramientas sobre que método de elongación es más efectivo, teniendo en cuenta que una buena flexibilidad de la musculatura isquiosural puede prevenir lesiones o problemas que te generen acortamiento repercutiendo en toda la cadena posterior.

Aportar herramientas para el abordaje de patologías relacionadas con un acortamiento de la cadena posterior en mujeres deportistas, oficinistas, amas de casa entre 30 y 50 años.



Resumen

En este trabajo se va a describir los conceptos de flexibilidad con sus diferentes tipos de técnicas de estiramiento, la anatomía y biomecánica de los músculos isquiosurales; y por último, los diferentes tipos de test para evaluar el acortamiento isquiosural.

El objetivo del presente trabajo es que trabajen sobre la flexibilidad de los músculos isquiosurales, la flexibilidad estática vs facilitación propioceptiva neuromuscular, determinando la efectividad de cada una.

Esta investigación se compone de la observación de dos grupos, cada grupo está conformado por 5 mujeres entre 30 y 50 años, en donde un grupo va a realizar el estiramiento estático y el otro, el estiramiento FNP.

Se realizó una medición previa de la cadena posterior mediante una prueba de evaluación de acortamiento isquiosural. Luego cada grupo realizó el estiramiento preestablecido durante 4 semanas con una frecuencia de 3 veces a la semana, finalizando con una prueba de evaluación de acortamiento isquiosural.

A partir de los datos obtenidos, podemos observar qué técnica es más efectiva en la mejora de la elasticidad de los músculos isquiosurales.

Palabras clave: flexibilidad, estiramiento estático, facilitación propioceptiva neuromuscular, isquiosurales.



Abstract

This paper will describe the concepts of flexibility with its different types of stretching techniques, the anatomy and biomechanics of the hamstring muscles; and finally, the different types of tests to evaluate ischiosural shortening.

The objective of the present work is to compare which technique is most effective in improving the flexibility of the hamstring muscles by performing static flexibility vs. neuromuscular proprioceptive facilitation.

This research consists of the observation of two groups, each group is made up of 5 women between 40 and 60 years of age, where one group will perform the static stretch and the other, the FNP stretch.

The previous measurement of the posterior chain was carried out by means of an evaluation test of ischiosural shortening.

Then each group performed the preset stretch for 2 weeks with a frequency of 3 times a week, ending with the hamstring assessment test.

From the data obtained, we can observe which technique is more effective in improving the elasticity of the hamstring muscles.

Keywords: flexibility, static stretching, neuromuscular proprioceptive facilitation, hamstrings.



Estado del arte

Los estiramientos parecen ser un medio muy indicado para el cuidado, la prevención y el mantenimiento de las capacidades físicas de cada individuo o para su desarrollo.

No todos los estiramientos se realizan de la misma manera o persiguen el mismo objetivo. En función del contexto (clínica, calentamiento, vuelta a la calma, sesiones específicas), la aplicación de unas u otras técnicas será más apropiada para conseguir los objetivos propuestos.

El trabajo de la flexibilidad en muchas ocasiones tendrá el objetivo prioritario de mantener y/o mejorar el rango de movimiento de una o varias articulaciones, dependiendo de los valores iniciales de la persona.

Los estiramientos parecen ser un medio muy indicado para el cuidado, la prevención y el mantenimiento de las capacidades físicas de cada individuo o para su desarrollo. (F. Ayala, 2012).

Existen variadas técnicas de elongación muscular entre ellas destacan: Elongación balística, Elongación pasiva asistida, Elongación activa y Elongación con Facilitación Neuromuscular Propioceptiva, cada una de ellas con distintas aplicaciones y efectos sobre el sistema neuromuscular. Los efectos de estas técnicas pueden clasificarse principalmente de acuerdo al perfil temporal en que se presentan, existen los efectos a corto plazo (agudos) y los efectos a largo plazo (crónicos). (Díaz, 2007)

García afirma que Ramírez y Cols, realizaron una revisión sistemática donde se concluye que 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. (Efecto del estiramiento estatico de 15, 30 y 60 segundos sobre el rango de movimiento de la flexion de cadera con rodilla extendida. , 2014)

Una alteración que puede afectar negativamente a nuestro raquis es el acortamiento isquiosural (semitendinoso, semimembranoso que se insertan en la tibia y bíceps femoral que se inserta en el peroné), que puede producir, en primera instancia, una retroversión de la pelvis al tener un punto de anclaje sobre la misma que tira de ella.

(Vidal Barbier, 2011). García agrega que la condición poliarticular de la musculatura isquiotibial, su diversidad de funciones, su carácter tónico-postural, y el elevado número

de fuerzas tensionales a las que se ve sometida hacen que esta musculatura presente una fuerte tendencia al acortamiento. El cual se ha encontrado asociado con la posición estática de la columna lumbar, la pelvis y la rodilla, así como también con problemas en la movilidad y estabilidad de dichas articulaciones. (Efecto del estiramiento estatico de 15, 30 y 60 segundos sobre el rango de movimiento de la flexion de cadera con rodilla extendida. , 2014)

Ramírez y Rincón Rueda (Relación entre la longitud de los músculos isquiotibiales y el dolor lumbar, 2019) agregan que dentro de las deficiencias relacionadas con la presencia de dolor lumbar está el acortamiento de los músculos isquiotibiales, los cuales presentan una amplia inserción sobre las tuberosidades isquiáticas. Considerando que la retracción de los isquiotibiales puede generar inclinación posterior de la pelvis, rectificación la curva lumbar y consecuentemente cambios en la biomecánica de la región lumbo pélvica, lo que puede conllevar a dolor lumbar.

Con el paso de los años el desarrollo de la flexibilidad durante el transcurso de la vida ocurren cambios significativos en la magnitud de la superficie articular, la elasticidad de los músculos y segmentos de los discos vertebrales, lo que condicionan cambios y nivel de desarrollo de la flexibilidad. La mayor movilidad en las articulaciones se observa entre los 10-14 años, en estas edades el trabajo sobre la flexibilidad resulta 2 veces más efectivo que en edades mayores. (Sánchez, 2001)



Introducción

Etimológicamente, según Jordi Porta, el término flexibilidad deriva del latín "bilix" que significa capacidad y "flectere" curvar. En forma amplia, flexibilidad es la capacidad que tienen ciertos elementos en la naturaleza de ser doblados o curvados en algún punto, sin que se rompan, cuando sobre ellos se ejerce una fuerza externa. (Castro, 1995)

La flexibilidad es una capacidad funcional que relaciona la movilidad articular y elasticidad muscular, permitiendo así el máximo recorrido de las articulaciones.

Además, es una capacidad que sigue un proceso natural de involución, si no le prestamos atención esta puede tener un empeoramiento progresivo. Según Di Santo (La flexibilidad en las distintas edades de la vida , 1997) músculos, cartílagos articulares, cápsulas articulares, ligamentos, tendones, fascias, etc., no son susceptibles de ser deformados con idéntica intensidad en cualquier edad de la vida.

Se parte de un grado máximo en la niñez y a medida que avanzan los años, va disminuyendo hasta llegar a limitar de forma considerable cierto tipo de movimientos.

Con el avance de la edad, los niveles de flexibilidad decrecen, muy probablemente debido a una modificación histológica del tejido muscular (aumento del cruzamiento de las fibras de colágeno). (Lucia-Garcia, Boneth-Collante, Angarita-Fonseca, Corredor-Moreno, & Cardenas-Castellano, pág. 34)

Castro agrega que los tejidos blandos (músculos, fascias, tendones, ligamentos) adyacentes a la articulación o articulaciones que se mueven, condicionan la flexibilidad limitando la cantidad (amplitud) de movimiento que se puede lograr. Y que es factible desarrollar la flexibilidad en una región corporal si se mejoran las posibilidades de movimiento articular (movilidad articular) de elongamiento (estiramiento) de los tejidos blandos adyacentes. (La flexibilidad como capacidad fisicomotriz del hombre , 1995)

Los músculos isquiosurales están constituidos por el semimembranoso, semitendinoso y bíceps femoral, estos se encuentran directamente relacionados con el mantenimiento de la postura del cuerpo, se los conoce también como músculos posturales, y están constantemente en tensión para el mantenimiento de esta. Estos son un grupo muscular propensos a la rigidez y a la retracción, características que empeoran según el estilo de

vida de la persona y el tipo de actividad deportiva o trabajo que desempeña, lo que puede ocasionar una pérdida progresiva de la flexibilidad.

Los estiramientos constituyen una técnica preventiva y terapéutica ampliamente utilizada tanto en el ámbito terapéutico como en el ámbito deportivo.

Entre estos estiramientos se encuentran el estiramiento estático, que implica el estiramiento de un músculo a partir de mantenerlo en una determinada posición durante un lapso de tiempo prolongado y el estiramiento por FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva), que implica contracciones y estiramientos alternativos.



Capítulo I

I. Flexibilidad

Según Alter, la flexibilidad puede ser definida de diferentes formas, dependiendo del contexto físico-deportivo o, si nos referimos al ámbito de la investigación, de los objetivos o diseño experimental. (Flexibility: concepts and generalities, 2008)

La flexibilidad se ha definido como la capacidad para desplazar una articulación o una serie de articulaciones a través de una amplitud de movimiento completa, sin restricciones ni dolor. (Prentice, 2001).

Araújo (Flexibility: concepts and generalities) en numerosos textos sostiene que la flexibilidad puede entenderse como la amplitud máxima fisiológica pasiva en un determinado movimiento articular. Según este enfoque, la flexibilidad sería específica para cada articulación y para cada movimiento.

Por otro lado, según Araújo (1999) y Araújo y Araújo (2000), la flexibilidad es estudiada como una de las principales variables de la condición física relacionada con la salud. Tal hecho es señalado por Coelho y Araújo al afirmar que, en los programas de ejercicio físico, la flexibilidad empieza a tener más reconocimiento y valor, lo que puede representar una mejoría de la calidad de vida relacionada con la salud. (Boto, 2008)

Según Annicchiarico Ramos (La actividad física y su influencia en una vida saludable, 2002) la flexibilidad es necesaria para:

- Llegar a los límites de cualquier región corporal, sin deterioro de ésta y de forma activa.
- Desplazarse con mayor rapidez.
- Evitar lesiones: No sólo las musculares, sino también articulares.
- Ejercer mejor nuestra fuerza: Porque un antagonista que se extiende fácilmente permite más libertad de movimientos.
- Estar en forma, ya que determinadas actividades necesitan de esta capacidad.

**Tipos de flexibilidad:**

De acuerdo con Di Cesare (El entrenamiento de la flexibilidad muscular en las divisiones formativas del baloncesto) la flexibilidad puede ser:

- Flexibilidad general: es la movilidad de todas las articulaciones que permiten realizar diversos movimientos con una gran amplitud;
- Flexibilidad especial: consiste en una considerable movilidad, que puede llegar hasta la máxima amplitud y que se manifiesta en determinadas articulaciones, conforme a las exigencias del deporte practicado.
- Flexibilidad anatómica (Sánchez, 2001) que es la capacidad de distensión de ligamentos, musculosa y posibilidades estructurales de garantizar la amplitud de movimientos dados por el grado de libertad que posea una articulación de forma natural.

Prentice nombra la amplitud de movimiento activa, también llamada flexibilidad dinámica, la cual hace referencia al grado en que se puede mover una articulación por medio de una contracción muscular, por regla general en el centro del recorrido del movimiento. La flexibilidad dinámica no es necesariamente un buen indicador de la rigidez o la holgura de una articulación porque tiene que ver con la capacidad para mover una articulación de forma eficiente, con muy poca resistencia al movimiento.

La amplitud de movimiento pasiva, en ocasiones llamada flexibilidad estática, hace referencia al grado en que se puede mover de forma pasiva una articulación hasta el punto límite de su amplitud de movimiento. En la amplitud pasiva ninguna contracción muscular toma parte en el movimiento de la articulación. Amplitud de movimiento respecto a una articulación, sin poner énfasis en la velocidad del movimiento. (Técnicas de Rehabilitación en Medicina Deportiva , 2001)

G. Moras (Tramunt, 2007) agrega los estiramientos mixtos. Se trata de estiramientos, que combinan el movimiento con el mantenimiento de posiciones de forma estática, habitualmente ACTIVOS, dado que suele utilizarse la contracción de los músculos que se están estirando o bien de sus antagonistas. Dentro de estas técnicas se encuentran estiramientos como la facilitación neuromuscular propioceptiva

I.II. Factores que limitan la Flexibilidad

La flexibilidad está influenciada por una serie de factores que incluyen: el nivel y/o tipo de actividad que el individuo desarrolle, la temperatura ambiental, el sexo, la edad y la articulación involucrada entre otros. (Díaz, 2007)

Según Prentice (Técnicas de Rehabilitación en Medicina Deportiva, 2001) existen diversos factores anatómicos que pueden limitar la capacidad de una articulación para desplazarse a través de una amplitud de movimiento completa y sin restricciones. La estructura ósea puede restringir el punto límite de la amplitud. La grasa también puede limitar la capacidad para desplazarse en una amplitud completa del movimiento. Una persona que tenga una gran cantidad de grasa en el abdomen puede ver su flexión de tronco muy limitada cuando se le pide que se incline hacia delante para tocarse las puntas de los pies. La piel también puede ser causante de la limitación del movimiento. Los músculos y tendones, junto con las fascias que lo rodean, suelen ser los causantes de la limitación de la amplitud de movimiento. El tejido conectivo que rodea la articulación, como los ligamentos de la capsula de la articulación, pueden estar sujetos a contracturas. Los ligamentos y las capsulas de la articulación tienen cierta elasticidad, pero si una articulación queda inmovilizada durante cierto periodo de tiempo, estas estructuras tienden a perder elasticidad y se acortan. Esta afección suele apreciarse después de la reparación quirúrgica de una articulación inestable, pero también puede ser el resultado de largos periodos de inactividad.

Sánchez y Cols agregan que la flexibilidad varía en el transcurso del día, la menor flexibilidad se registra en horas de la mañana al levantarse, aumentando paulatinamente durante el día, siendo los más elevados en horas entre las 12 y 2 pm. Al anochecer comienza el descenso de la flexibilidad, los días fríos disminuye la flexibilidad. (Sánchez, 2001)

I.III. Factores que influyen en el desarrollo de la flexibilidad

Según Tramut (Los estiramientos: Apuntes metodológicos para su aplicación) los tejidos blandos limítrofes de la movilidad articular (ligamentos, músculos -vientre y tendones- capsula y fascias) están compuestos principalmente por tejido conjuntivo.

Dependiendo de la respuesta mecánica del tejido conjuntivo a las fuerzas de estiramiento diferenciamos:



- Tejido conjuntivo fibroso (rico en colágeno).
- Tejido conjuntivo elongables (rico en elastina).

La capacidad de elongación de ambos tejidos dependerá de las respuestas del colágeno y la elastina ante las fuerzas de deformación.

El colágeno desde el punto de vista mecánico el colágeno se caracteriza por ser muy resistente a la deformación y por su poca capacidad de extensibilidad. Según el módulo elástico o de Young las fibras de colágeno necesitarán la aplicación de grandes fuerzas para ser elongadas.

La elastina, a diferencia del colágeno, se caracteriza por su gran extensibilidad. Sólo cuando las fibras de elastina son estiradas al 150% de su longitud de reposo llegan al punto de rotura.

Factores Intrínsecos (Diaz, 2007)

-La estructura ósea puede restringir el punto límite de la amplitud. Un codo que se haya fracturado por la articulación puede asentar un exceso de calcio en el espacio de la articulación, haciendo que ésta pierda su capacidad para extenderse por completo. En muchos casos recurrimos a las prominencias óseas para detener los movimientos en el punto límite normal de la amplitud.

-La masa adiposa también puede limitar la capacidad para desplazarse a través de una amplitud de movimiento completa. La grasa puede actuar como una cuña entre dos brazos de palanca allí donde se encuentre.

-Los músculos y sus tendones, junto con las fascias que los rodean, suelen ser los principales causantes de la limitación de la amplitud de movimiento. Cuando el atleta lleva a cabo ejercicios de elongación para mejorar la flexibilidad de una articulación en particular, está sacando partido de las propiedades altamente extensibles del músculo. A lo largo de un período de tiempo es posible aumentar la extensibilidad o la distancia que se puede estirar un músculo determinado. Las personas que tienen un alto grado de movimiento en una articulación particular tienden a poseer músculos de gran extensibilidad.

-El tejido conectivo que rodea la articulación, como los ligamentos de la cápsula de la articulación, pueden estar sujetos a adherencias y acortamientos patológicos. Los ligamentos y las cápsulas de la articulación tienen cierta extensibilidad; no obstante, si

una articulación queda inmovilizada durante cierto período de tiempo, estas estructuras tienden a perder extensibilidad; y de hecho se acortan. Esta afección suele apreciarse después de la reparación quirúrgica de una articulación inestable, pero también puede ser el resultado de largos períodos de inactividad.

-Sistema nervioso: De todos los elementos que componen el músculo estriado voluntario, las proteínas contráctiles constituyen un factor de resistencia que condiciona la magnitud y el alcance de la deformación longitudinal que las acciones de extensión ejercen sobre el mismo para que la elongación pueda ejercer un efecto específico sobre este tejido, resulta crucial la minimización de la tensión restrictiva y limitante que las estructuras contráctiles del músculo tienden, tanto refleja como voluntariamente, a ofrecer. Así, en el caso de una completa relajación neuromuscular, una fuerza externa puede llegar hasta duplicar la longitud normal de reposo del sarcómero conservándose la distancia mínima entre los filamentos delgados y gruesos a los efectos de que se pueda establecer, ante el cambio de las condiciones excitatorias, por lo menos un puente cruzado.

-Otros factores: (Boto, 2008) Algunas personas son más flexibles por su condición genética. También puede haber otras que, estando habituadas a realizar actividad física y/o entrenamiento, llegan a ser más flexibles que aquéllas que han seguido un estilo de vida sedentario. Así mismo, las lesiones y/o enfermedades y/o accidentes pueden afectar negativamente a la movilidad natural y normal de una articulación.

Factores Extrínsecos (Díaz, 2007)

-Sexo: Las mujeres suelen ser más flexibles que los hombres por las diferencias hormonales que presentan. La mayor producción de estrógenos en las mujeres causa una disminución de la viscosidad de los tejidos.

-Edad: Durante el transcurso de la vida ocurren cambios significativos en la magnitud de la superficie articular, la elasticidad de los músculos y segmentos de los discos vertebrales, lo que condicionan cambios y nivel de desarrollo de la flexibilidad. (Consideraciones Generales acerca del uso de la flexibilidad en el béisbol, 2001)

La flexibilidad alcanza su desarrollo máximo entre las edades infantil y juvenil, entre 14 a 17 años.

Para Grosser y Muller (Flexibility: concepts and generalities, 2008) a partir de los 12 años de edad, la flexibilidad será más limitada con el paso de los años y su evolución



ocurrirá de forma negativa. Probablemente, la causa de de todo ello radica en la liberalización de andrógenos y estrógenos en el organismo.

-Calentamiento muscular previo: El aumento de temperatura disminuye la viscosidad del sarcoplasma mejorando la contractibilidad y la capacidad de elongación del músculo. La temperatura del músculo aumenta debido a 2 mecanismos: el primero tiene relación con el aumento de la circulación sanguínea debido a la dilatación del lecho capilar arterio – venoso intramuscular y de las estructuras vecinas, incluida la piel. El segundo mecanismo se relaciona con las reacciones metabólicas catabólicas que generan la combustión interna y la liberación de energía calórica.

-Temperatura ambiental: Las bajas temperaturas ambientales se asocian a una disminución de la flexibilidad, en cambio a mayores temperaturas se produce un aumento de esta.

-Cansancio: La fatiga muscular produce una disminución del umbral de sensibilidad de los husos, haciéndolos más excitable frente al estiramiento, dificultando la elongación muscular.

-Costumbres sociales: Actividades laborales, sedentarismo, entrenamiento, hábitos posturales, etc., pueden aumentar o disminuir la flexibilidad.

-Estados emocionales: Influyen en la regulación tónica muscular pues inciden sobre el sistema nervioso. El miedo, el estrés, la ansiedad y el dolor pueden aumentar el tono, mientras que estados de relajación pueden disminuirlo.

-Hora del día: La mayoría de las personas suelen ser más flexibles en la tarde que en la mañana, entre las 14:00 - 16:00 horas.

I.IV. Técnicas de estiramiento

El estiramiento estático, implica el estiramiento de un musculo hasta un punto de incomodidad para después mantenerlo en esa posición durante un lapso de tiempo prolongado. Según Alter, (Flexibility: concepts and generalities, 2008) no se debe confundir con el estiramiento pasivo ya que en éste, la persona está relajada (pasiva) y una fuerza externa (una persona o un aparato) es aplicada sobre la articulación a través de su movimiento.

El FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva), implica contracciones y estiramientos alternativos.

**Estiramiento estático**

Esta técnica implica el estiramiento pasivo de un músculo antagonista determinado colocándolo en una posición de extensión máxima y manteniéndolo así durante un lapso temporal prolongado. Las recomendaciones respecto al tiempo que conviene mantener esta posición de estiramiento varían, con fluctuaciones entre los 3 y los 60 segundos. Un estudio ha indicado que mantener una posición de estiramiento durante 15 segundos es tan eficaz como hacerlo durante 2 minutos a la hora de aumentar la flexibilidad muscular. Se debe repetir tres o cuatro veces el estiramiento estático de cada músculo. Una extensión estática puede llevarse a cabo utilizando una contracción del músculo agonista, para situar el músculo antagonista en una posición de extensión. Una extensión o estiramiento estático pasivo requiere el uso del peso corporal, la ayuda de un terapeuta o un compañero. (Prentice, 2001)

Técnica de estiramiento por FNP

Es una técnica combinada de estiramiento pasivo y estiramiento isométrico para lograr el máximo de la flexibilidad estática donde la distensión de la musculatura ocurre por procesos neurofisiológicos. El método FNP se refiere a técnicas en las que un grupo de músculos se estira pasivamente, posteriormente se acorta isométricamente contra una resistencia intentando volver a la posición inicial de estiramiento, y tras una relajación de la tensión, se aumenta finalmente la amplitud de la articulación de forma pasiva, aumentando el ángulo resultante del movimiento. Para efectuar este estiramiento, normalmente se suele contar con la participación de un compañero que proporciona la resistencia contra la reducción isométrica, así como para movilizar los segmentos articulares de forma pasiva y ampliar el ángulo de movimiento. Este estiramiento, actualmente, se constituye como la forma más rápida y eficaz de aumentar la flexibilidad estática - pasiva. (Flexibility: concepts and generalities, 2008)

Las fases de esta técnica son: (La flexibilidad como capacidad fisicomotriz del hombre)

Fase 1. Tensión isométrica en el punto de estiramiento pasivo que se pueda alcanzar (umbral de molestia, no de dolor), de 6" a 8".

Fase 2. Relajamiento de 2" a 3".

Fase 3. Se busca un límite nuevo de mayor amplitud y se repite la tensión isométrica.

Fase 4. Después de 3 o 4 repeticiones se mantiene el estiramiento entre 10" y 30".

I.V. Metodología del entrenamiento de la flexibilidad

Intensidad

Se determina principalmente a través de la sensación subjetiva del individuo al momento de realizar la acción y como premisa fundamental se debe evitar sobrepasar los límites del dolor, es decir, debe ser una sensación clara y localizable de tensión muscular sin llegar nunca al dolor de ningún tipo. La intensidad apropiada debe alcanzarse de forma lenta y constante, elongar hasta justo antes del límite del dolor o discomfort. (Diaz)

Tiempo

La elongación debe ser mantenida entre 15 y 30 segundos. El American College of Sports Medicine recomienda de tres a cinco repeticiones para cada serie de elongación en un musculo o grupo muscular determinado. (Diaz)

Frecuencia

La frecuencia alude a la repetición sistemática del estímulo. Esta variable suele ser cuantificada mediante el número de días por semana que se repite el estímulo (entrenamiento). (Grigoletto)

La elongación muscular debería realizarse por lo menos tres veces por semana, e idealmente todos los días y/o posterior a toda sesión de entrenamiento físico deportivo. (Flexibilidad: evidencia científica y metodología de entrenamiento)

Densidad

Debe entenderse como la relación entre la duración del estímulo y la de la recuperación (pausa entre ejercicios). La densidad deberá ser alta, es decir, recuperaciones inferiores a un minuto. (Grigoletto)

I.VI. Fundamentos fisiológicos y neurofisiológicos de la elongación muscular

Fundamentos fisiológicos

En una elongación muscular, son variadas las estructuras puestas en tensión; a grandes rasgos se puede decir que la elongación ocurre en el músculo y en el tejido conectivo intramuscular más que en el tendón, el cual es substancialmente más rígido que el

músculo. Un punto importante a destacar es que diferentes músculos presentan distintas propiedades pasivas y por ende distintas respuestas a la elongación muscular. Esto dependiendo de factores estructurales tales como el ángulo de sus fibras, la longitud de su tendón, su área transversal, y otros factores como el tipo de fibras que lo componen.

Una fuerza dirigida a elongar un músculo es transmitida vía tejido conectivo (perimisio, endomisio); a través de la membrana muscular (sarcolema) a los elementos no contráctiles (complejo cito esquelético) en la línea Z.

En primera instancia el estiramiento se hace a expensas del componente elástico, en serie y en paralelo. En el caso del componente en paralelo, participará sólo en la medida que la persona haga un esfuerzo consciente y logre inducir una relajación del componente contráctil. Si el componente contráctil está en reposo, permitirá que el componente en paralelo sea elongado, de lo contrario la elongación muscular se hará sólo a expensas del componente en serie y la acción se verá anulada en el componente en paralelo, por la contracción de la fibra muscular que se opondrá a la elongación.

La elongación de la fibra muscular propiamente tal, comienza en el sarcómero. En la relajación que acompaña a la elongación no hay estímulos que desencadenen el proceso de la contracción (en teoría no hay puentes cruzados entre actina y miosina) por lo que no hay acortamiento del sarcómero; así los sarcómeros ubicados en serie en una fibra permiten que ésta tenga su máxima longitud anatómica (las bandas I del sarcómero alcanzan su máxima longitud). Sin embargo, a pesar de la relajación voluntaria del individuo, las proteínas contráctiles del músculo generan una resistencia inicial al estiramiento pasivo, esta resistencia es debida a la existencia de un pequeño número de puentes cruzados que están presentes incluso con el músculo relajado, los cuales se forman y se separan espontáneamente. Este fenómeno de la formación y separación cíclica de puentes cruzados es considerado como el responsable del comportamiento “tixotrópico” del músculo, este es un término reológico (ciencia que estudia el comportamiento de los fluidos) usado para describir el cambio en la viscosidad de un gel y su resistencia a la deformación molecular cuando es sometido a diversas fuerzas. Este fenómeno ocurre también en las fibras musculares intrafusales, según esta propiedad, cualquier actividad previa a la elongación, puede incrementar o disminuir el nivel de rigidez del músculo, es decir, su resistencia pasiva a la elongación y paralelo a



ello modificar la respuesta de los reflejos de estiramiento al actuar también sobre las fibras intrafusales. Este puede ser un posible mecanismo que explique cómo técnicas que solicitan la contracción muscular previa a la elongación podrían aumentar el rango articular.

Otro punto importante a considerar es que no todos los sarcómeros se estiran en la misma medida, es decir, que cuando un músculo es estirado, el estiramiento no es uniforme en toda la longitud. Los sarcómeros próximos a los tendones se estiran en mucho menor medida que los sarcómeros situados en la parte central de un músculo. (Díaz, 2007)

Fundamentos neurofisiológicos

Las técnicas de estiramiento están basadas en un fenómeno neurofisiológico que implica el reflejo de estiramiento. Cada músculo del cuerpo contiene varios tipos de mecanoreceptores que, cuando son estimulados, informan al sistema nervioso central de lo que está ocurriendo en dicho músculo. Dos de esos mecanoreceptores revisten una especial importancia en el reflejo de estiramiento: el huso neuromuscular y el órgano tendinoso de Golgi. Ambos tipos de receptores son sensibles a los cambios en la longitud muscular. Los órganos tendinosos de Golgi también se ven afectados por los cambios de la tensión muscular. Cuando se estira un músculo, los husos del músculo también se extienden, emitiendo una descarga de impulsos sensoriales a la médula espinal, que informa al sistema nervioso central de que el músculo está siendo estirado. Los impulsos vuelven al músculo desde la médula espinal, lo que hace que el músculo se contraiga de forma refleja, resistiendo, de este modo, la extensión. Si el estiramiento del músculo se mantiene durante un lapso de tiempo prolongado (al menos 6 segundos), los órganos tendinosos de Golgi responden al cambio de longitud y al aumento de tensión emitiendo impulsos sensoriales propios a la médula espinal.

Los impulsos de los órganos tendinosos de Golgi, a diferencia de las señales del huso neuromuscular, causan una relajación refleja del músculo antagonista. Esta relajación refleja sirve como mecanismo de protección que permitirá al músculo extenderse a través de la relajación antes de que se rebasen los límites de extensibilidad, lesionando las fibras musculares.

El estiramiento estático implica una extensión continua y mantenida con una duración entre 6 y 60 segundos, que es tiempo suficiente para que los órganos tendinosos de

Golgi empiecen a responder al aumento de tensión. Los impulsos de los órganos tendinosos de Golgi pueden anular los que vienen de los husos neuromusculares, permitiendo que el musculo se relaje de forma refleja tras la resistencia refleja inicial al cambio de longitud. Por lo tanto, extendiendo el musculo y dejando que permanezca en una posición estirada durante un lapso de tiempo prolongado es poco probable que el musculo sufra una lesión.

La eficacia de las técnicas de FNP puede atribuirse en parte a estos mismos principios neurofisiológicos. La técnica de inversión lenta-mantenimiento de posición antes mencionada saca partido de dos fenómenos neurofisiológicos adicionales.

La máxima contracción isométrica del musculo que se extenderá de nuevo durante la fase de empuje de 10 segundos causa un aumento de la tensión que estimula los órganos tendinosos de Golgi, de modo que estos lleven a cabo una relajación refleja del musculo antagonista antes incluso de que este situado en una posición de estiramiento. Esta relajación del musculo antagonista durante las contracciones se denomina inhibición autógena.

Durante la fase de relajación el musculo antagonista se relaja y se estira en forma pasiva mientras se produce una contracción isotónica máxima del musculo agonista, que empuja la extremidad aun más al patrón agonista. En cualquier grupo muscular sinérgico, una contracción del agonista causa una relajación refleja en el musculo antagonista, lo que le permite extenderse protegiéndose de este modo de la lesión. Este fenómeno se denomina inhibición reciproca. (Prentice, 2001)

I.VII. Beneficios del estiramiento

Según Arnold y Jouko los estiramientos presentan los siguientes beneficios: (Kokkonen, 2015)

- Mejora de la flexibilidad, resistencia (fondo muscular) y fuerza muscular.
- Reducción de las molestias y dolores musculares.
- Mejora de la flexibilidad con el uso de estiramientos estáticos o FNP.
- Buena movilidad muscular y articular.
- Movimientos musculares más eficientes y fluidez motora.
- Mayor capacidad para ejercer la fuerza máxima a través de un rango de movimiento más amplio.
- Prevención de algunos problemas de la región lumbar.
- Mejora de la apariencia y de la autoimagen.



- Mejora del alineamiento corporal y de la postura.
- Mejor calentamiento y enfriamiento en una sesión de ejercicio.

Díaz (Flexibilidad: evidencia científica y metodología de entrenamiento) también nombra como beneficios del estiramiento:

- Retardo del dolor muscular residual (DOMS)
- Previene acortamientos musculares.
- Mejora la coordinación neuromuscular.

II. Musculo Esquelético

Aproximadamente el 40% del cuerpo es músculo esquelético, y tal vez otro 10% es músculo liso y cardíaco. (Guyton)

El musculo esquelético está compuesto por células muy largas, cada uno de las cuales contiene gran cantidad de núcleos ubicados en la periferia. Todos los músculos del aparato locomotor están formados por tejido muscular esquelético, que también se denomina musculo voluntario, dado que es innervado por el sistema nervioso somático y puede ser activado por una decisión consciente. (Geneser)

Las células musculares, que se organizan en fascículos, se unifican por medio de envolturas de tejido conjuntivo.

Un músculo esquelético está constituido por fascículos musculares formados, a su vez, por un conjunto de fibras musculares.

Cada músculo se inserta en el hueso por medio de los tendones, que están constituidos básicamente por tejido fibroso, elástico y sólido. (Navarro)

La mínima unidad estructural y funcional del tejido muscular esquelético es una célula larga multinucleada, la fibra muscular, que se organizan en haces y fascículos. Un musculo está rodeado por una capa de tejido conectivo, el epimisio, más o menos entretejido con la fascia muscular circundante. El epimisio se extiende hacia el interior del musculo y rodea todos los fascículos como perimisio, que se continúa en una delgada vaina de fibras reticulares, el endomisio, alrededor de cada fibra muscular. Junto con glucosaminoglucanos, las fibras reticulares contribuyen a la formación de una

lámina externa alrededor de cada fibra muscular, así como ocurre en la periferia de las células musculares lisas. Además de unir las fibras y los fascículos musculares, las vainas de tejido conectivo permiten que cada fibra y cada fascículo tengan movimiento independiente.

Los músculos se fijan al esqueleto mediante tendones. La transición de músculo a tendón (transición musculotendinosa) se caracteriza por un incremento del espesor y del contenido de fibras colágenas en el tejido conectivo muscular, tanto en el endomisio como en el perimisio y el epimisio.

Los vasos sanguíneos y los nervios atraviesan las vainas del tejido conectivo y penetran en el interior del músculo, y cada fibra muscular está en estrecho contacto con numerosos pilares. (Geneser)

II.I. Anatomía fisiológica del músculo esquelético

Núcleos

Frente a lo que sucede en las otras células del organismo, la célula muscular posee varios núcleos (multinucleada). Resulta de la fusión de células con un único núcleo (mononucleadas): los mioblastos (durante el desarrollo embrionario) o las células satélites (durante la regeneración después del nacimiento).

La fibra muscular madura (multinucleada) contiene múltiples núcleos dispuestos en la periferia de la célula. (Navarro, 2003)

Sarcolema

Es la membrana celular de la fibra muscular. El sarcolema está formado por una membrana celular verdadera denominada membrana plasmática y una cubierta externa formada por una capa delgada de material polisacárido que contiene numerosas fibrillas delgadas de colágeno. En cada uno de los dos extremos de la fibra muscular la capa superficial del sarcolema se fusiona con una fibra tendinosa y las fibras tendinosas a su vez se agrupan en haces para formar los tendones musculares, que después se insertan en los huesos. (Guyton)

Miofibrillas, filamentos de actina y miosina.

Cada fibra muscular contiene varios cientos a varios miles de miofibrillas. Cada miofibrilla está formada por aproximadamente 1500 filamentos de miosina y 3000

filamentos de actina adyacentes entre sí, que son grandes moléculas proteicas polimerizadas responsables de la contracción muscular real. (Guyton)

Sarcómero

A lo largo de cada miofibrilla hay una alternancia de bandas oscuras (bandas A) y claras (bandas I). Cada banda A está cortada en el medio por una raya clara (zona H). En medio de la banda I se encuentra una zona más oscura (estría Z). La región de una miofibrilla incluida entre dos estrías Z sucesivas representa un sarcómero. Se trata de la unidad contráctil más pequeña de la fibra muscular. (Navarro)

Miofilamentos

En las moléculas, las estrías de las miofibrillas están formadas por una disposición ordenada de dos tipos de filamentos de proteína o miofilamentos en el sarcómero.

Los filamentos gruesos están formados por moléculas de miosina. Los filamentos finos están formados principalmente por actina. (Navarro)

¿Qué mantiene en su lugar los filamentos de miosina y actina? Moléculas filamentosas de titina. La relación de yuxtaposición entre los filamentos de miosina y de actina es difícil de mantener. Esto se consigue con un gran número de moléculas filamentosas de una proteína denominada titina. Cada molécula de titina tiene un peso molecular de aproximadamente 3 millones, lo que hace que sea una de las mayores moléculas proteicas del cuerpo. Además, como es filamentosa, es muy elástica. Estas moléculas elásticas de titina actúan como armazón que mantiene en su posición los filamentos de miosina y de actina, de modo que funcione la maquinaria contráctil del sarcómero. (Guyton)

Sarcoplasma

El citoplasma de la fibra muscular, denominado sarcoplasma, contiene las organelas responsables de su funcionamiento (retículo endoplásmico, mitocondrias) y el citoesqueleto (constituye el armazón celular; en la célula muscular, la parte fundamental del citoesqueleto está constituida por unos elementos contráctiles, las miofibrillas. En el sarcoplasma, se encuentran reservas importantes de glucógeno («combustible» de la célula muscular), así como la mioglobina (proveedor de oxígeno de la célula muscular).

**Retículo sarcoplásmico liso y túbulo T**

La fibra muscular posee un retículo sarcoplásmico liso (es una red de cavidades celulares, constituye la reserva de calcio necesaria para la contracción muscular) especialmente desarrollado. Éste forma extensiones de tal modo que dos bolsas de retículo sarcoplásmico rodean cada túbulo T para formar una tríada. La tríada es la estructura que permite el paso de la señal nerviosa (potencial de acción) durante la liberación del calcio a partir del RS, es decir, el acoplamiento de la excitación a la contracción.

Mitocondrias

El músculo es una verdadera fábrica metabólica que consume energía. El sarcoplasma de una fibra muscular contiene numerosísimas mitocondrias. Son las que producen energía (ATP) directamente utilizable por la fibra muscular para contraer sus miofibrillas. (Navarro, 2003)

II.II. Características funcionales del músculo

Las propiedades del músculo (excitabilidad, contractibilidad, elasticidad) permiten que realice sus funciones.

Excitabilidad

Es la facultad de percibir un estímulo y responder al mismo. Por lo que se refiere a los músculos esqueléticos, el estímulo es de naturaleza química: la acetilcolina liberada por la terminación nerviosa motora. La respuesta de la fibra muscular es la producción y la propagación a lo largo de su membrana de una corriente eléctrica (potencial de acción) que origina la contracción muscular.

Contractibilidad

Es la capacidad de contraerse con fuerza ante el estímulo apropiado.

Esta propiedad es específica del tejido muscular.

Elasticidad

La elasticidad es una propiedad física del músculo. Es la capacidad que tienen las fibras musculares para acortarse y recuperar su longitud de descanso, después del estiramiento.

La elasticidad desempeña un papel de amortiguador cuando se producen variaciones bruscas de la contracción.

Extensibilidad

Es la facultad de estiramiento. Si bien las fibras musculares cuando se contraen se acortan, cuando se relajan, pueden estirarse más allá de la longitud de descanso.

Plasticidad

El músculo tiene la propiedad de modificar su estructura en función del trabajo que efectúa. Se adapta al tipo de esfuerzo en función del tipo de entrenamiento (o de uso).

Así, se puede hacer un músculo más resistente o fuerte. Los velocistas, tienen en los miembros inferiores un predominio de fibras musculares de tipo «rápido», mientras que en los corredores de maratón, prevalecen las fibras musculares de tipo «lento». (Navarro, 2003)

II.III. Distintos tipos de fibras musculares

Los músculos que reaccionan rápidamente están formados principalmente por fibras rápidas, y sólo tienen pequeñas cantidades de la variedad lenta. Por el contrario, los músculos que responden lentamente pero con una contracción prolongada están formados principalmente por fibras lentas. (Guyton)

Fibras de tipo I de contracción lenta o fibras rojas

Estas fibras, de pequeño diámetro y muy vascularizadas, contienen numerosas mitocondrias y poco glucógeno.

Las fibras I son resistentes a la fatiga: se utilizan sobre todo en ejercicios poco enérgicos y prolongados (mantenimiento de la postura). (El músculo esquelético)

Contienen grandes cantidades de mioglobina. La mioglobina se combina con el oxígeno y lo almacena hasta que sea necesario; esto también acelera mucho el transporte de oxígeno hacia las mitocondrias. La mioglobina da al músculo lento un aspecto rojizo y el nombre de músculo rojo, mientras que un déficit de mioglobina roja en el músculo rápido le da el nombre de músculo blanco.

**Fibras de tipo II de contracción rápida**

Se localizan en los músculos pálidos y se denominan también fibras blancas. Son de mayor diámetro para obtener una fuerte contracción, presentan pocas mitocondrias, están poco vascularizadas, pero contienen mucho glucógeno. (El músculo esquelético)

Retículo sarcoplásmico extenso para una liberación rápida de iones calcio para iniciar la contracción. Tiene grandes cantidades de enzimas glucolíticas para la liberación rápida de energía por el proceso glucolítico. (Tratado de fisiología médica)

Estas fibras, que son poco resistentes a la fatiga, aunque muy potentes, se utilizan en los ejercicios breves pero intensos.

Fibras de tipo IIa

Son fibras intermedias cuyo porcentaje varía según los músculos del organismo y el individuo.

La relación fibras lentas/rápidas puede evolucionar en función del entrenamiento y el tipo de ejercicio practicado. Numerosas fibras IIa o intermedias evolucionan hacia el tipo I a consecuencia de ejercicios prolongados y moderados (entrenamiento de fuerza).

En cambio, los ejercicios breves e intensos, de 30 segundos a 2 minutos (entrenamiento de resistencia), provocan la evolución de las fibras IIa hacia el tipo II (fibras rápidas). (Navarro, 2003)

III. Isquiosurales

Rouvière & Delmas (ANATOMÍA HUMANA Descriptiva, Topográfica y Funcional, 2005) afirma que el grupo muscular posterior del muslo comprende tres músculos, que son el semimembranoso, semitendinoso y el bíceps femoral. El músculo semimembranoso está situado más profundamente que los otros dos, que lo cubren.

III.I. Anatomía y biomecánica de los músculos isquiosurales**Musculo semimembranoso**

Forma, situación y trayecto. El músculo semimembranoso es delgado, aplanado y tendinoso superiormente, y muscular y voluminoso inferiormente. Se sitúa posterior al músculo aductor mayor y se extiende desde el isquion hasta el extremo superior de la tibia.

Inserciones y descripción. Este músculo se inserta en la parte lateral de la tuberosidad isquiática, medialmente al músculo cuadrado femoral y lateralmente al tendón común

de la cabeza larga del musculo bíceps femoral y del musculo semitendinoso. Este origen se efectúa primero por medio de un tendón grueso, al cual sigue una ancha membrana tendinosa, mas gruesa lateral que medialmente y que se prolonga hacia la mitad del muslo.

El cuerpo muscular nace de este tendón membranoso siguiendo una línea oblicua inferior y lateral. Las fibras musculares se dirigen oblicuamente en sentido inferior y medial, y terminan después de un breve trayecto, en un tendón que aparece hacia la mitad del muslo, a lo largo del borde medial del musculo.

El tendón terminal es grueso y resistente, y queda libre por completo de fibras musculares posteriormente al cóndilo medial del fémur. Da origen a una expansión tendinosa que se pierde en la fascia de la pierna. Se divide poco después en tres fascículos: uno, denominado tendón directo, sigue la dirección del musculo y se inserta en la parte posterior del cóndilo medial de la tibia; sin embargo, estas fibras superficiales descienden mas inferiormente y algunas se insertan en el borde medial de la tibia, mientras que otras se confunden con la fascia del musculo poplíteo. El segundo, denominado tendón reflejo, se halla cubierto por el ligamento colateral tibial de la rodilla, se dirige anteriormente, pasa por el surco horizontal del cóndilo medial de la tibia y se fija en el extremo anterior de este surco; una bolsa sinovial facilita el deslizamiento de este tendón. El tercero se denomina tendón recurrente y constituye el ligamento poplíteo oblicuo de la articulación de la rodilla; se dirige posterior y superiormente y se pierde, ensanchándose, en el casquete condíleo lateral.

Acción. El musculo semimembranoso es flexor de la pierna. Una vez realizada esta acción, extiende el muslo sobre la pelvis e imprime a la pierna un movimiento de rotación medial. (Delmas, 2005)

Musculo Semitendinoso

Forma, situación y trayecto. El musculo semitendinoso es un musculo fusiforme, muscular superiormente y tendinoso inferiormente, situado posterior al musculo semimembranoso y medial al musculo bíceps femoral. Se extiende desde el isquion hasta el extremo superior de la tibia.

Inserciones y descripción. Nace del isquion mediante un tendón común al de la cabeza larga del bíceps femoral. Este tendón se inserta en la cara posterior de la tuberosidad isquiática, lateral a la inserción del ligamento sacrotuberoso y medial al musculo semimembranoso y a los fascículos más posteriores del musculo aductor mayor. La

inserción del musculo semitendinoso se sitúa inferior y medial a la inserción de la cabeza larga del musculo bíceps femoral. Algunas fibras musculares del musculo semitendinoso se implantan directamente sobre la tuberosidad isquiática.

Al tendón de origen sigue un cuerpo muscular fusiforme, atravesado oblicuamente en su parte media por una intersección tendinosa. El musculo se dirige en sentido inferior y un poco medial, cubriendo el musculo semimembranoso, hacia el tercio inferior del muslo, el musculo semitendinoso se continua por medio de un tendón largo y delgado.

Este tendón pasa posterior al cóndilo medial del fémur, proporciona algunas fibras a la fascia de la pierna y se inserta en la parte superior de la cara media de la tibia, posterior al musculo sartorio e inferior al musculo grácil, con el que construye el plano tendinoso profundo de la pata de ganso.

Dos bolsas sinoviales separan este plano tendinoso anteriormente del musculo sartorio y posteriormente del ligamento colateral tibial.

Acción. La acción del musculo semitendinoso es idéntica a la del musculo semimembranoso.

Músculo Bíceps Femoral

Forma, situación y trayecto. El musculo bíceps femoral está situado lateralmente al musculo semitendinoso. Es voluminoso y está formado por dos cabezas: una isquiática o cabeza larga del musculo bíceps femoral y otra femoral o cabeza corta del musculo bíceps femoral. Ambas cabezas se insertan inferiormente por medio de una inserción común en los dos huesos de la pierna.

Inserciones y descripción. La cabeza larga del músculo bíceps femoral se inserta en la cara posterior de la tuberosidad isquiática, junto con el musculo semitendinoso y por medio de un mismo tendón. Una disección minuciosa permite observar que la superficie de inserción de la cabeza larga del musculo bíceps femoral se sitúa superior y lateralmente a la del musculo semitendinoso y medialmente a la del musculo semimembranoso.

La cabeza corta del musculo bíceps femoral nace mediante cortas fibras tendinosas: a) del intersticio de la línea áspera, entre el musculo aductor mayor, que está situado medialmente, y el musculo vasto lateral lateralmente; la inserción se extiende a lo largo de caso todo este intersticio; superiormente, las fibras se incorporan al tabique intermuscular lateral del muslo, y b) inferiormente, en la parte superior de la rama de bifurcación lateral de la línea áspera.



La cabeza larga del músculo bíceps femoral se dirige inferior y ligeramente lateral. Al principio es contigua al músculo semitendinoso, pero en el tercio inferior del musculo se separa de este músculo y limita con el triángulo superior de la fosa poplítea. Las fibras de la cabeza larga del musculo bíceps femoral terminan en la cara anterior de su tendón terminal.

Las fibras de la cabeza corta del musculo bíceps femoral se dirigen inferior, medial y posteriormente, y se implantan sobre la parte lateral y la cara anterior del tendón de inserción común a las dos cabezas del músculo, hasta muy cerca de su inserción peronea.

El tendón de terminación del musculo bíceps femoral es ancho y aplanado en la cara posterior del musculo hacia el tercio inferior del muslo, y se vuelve más voluminoso a medida que desciende, pasa posterior al cóndilo lateral del fémur y se inserta: a) en el vértice de la cabeza del peroné y en la cabeza del peroné, lateralmente a la inserción del ligamento colateral peroneo, del cual está separado por una bolsa sinovial; b) en el cóndilo lateral de la tibia mediante un fascículo tendinoso grueso y horizontal, y c) en la fascia de la pierna por medio de una expansión de importancia variable.

Acción. El musculo bíceps femoral es flexor de la pierna; cuando la pierna se halla flexionada, se convierte extensor del muslo sobre la pelvis y rotador lateral de la pierna.

III.II. S.I.C (síndrome de isquiosurales cortos)

Los músculos isquiosurales son músculos biarticulares, con una acción combinada extensora sobre la cadera y flexora sobre la rodilla. La eficacia de su acción sobre la articulación coxofemoral depende de la posición de la rodilla. Por su acción extensora sobre la cadera desempeñan un papel esencial en la estabilidad de la pelvis. (Ferrer)

Son fuerzas musculares largas y de gran fuerza tendinosa, lo que facilita la tendinitis y las contracturas.

La flexibilidad osteomuscular se caracteriza típicamente por la amplitud máxima del movimiento en una articulación. La falta de flexibilidad de los isquiosurales condiciona una inclinación de la pelvis hacia atrás, disminución de la movilidad pelviana y atenuación o inversión de la lordosis lumbar, que puede estar ocasionada por determinadas posiciones que, si persisten, llevan invariablemente al cambio biomecánica en la distribución de presiones y la consiguiente afección vertebral en

forma de acunamiento anterior del cuerpo, aumento de la curvatura dorsal y afección de los discos intervertebrales.

El acortamiento funcional de la musculatura posterior del muslo podrá resentirse no solo en el muslo, sino también en la flexibilidad general de la espalda y la pelvis. Su acortamiento limita la extensión de la rodilla cuando la cadera esta flexionada, o limita la flexión de la cadera cuando la rodilla está extendida. (Gomez-Conesab, 2008)

Ferrer (Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos) lo define como una entidad que se caracteriza por una disminución de la elasticidad de la musculatura posterior del muslo, de etiología discutida pero generalmente desconocida, que aparece en la infancia, no produce manifestaciones clínicas iniciales, aunque presenta repercusiones sobre la pelvis y el raquis.

Se pueden distinguir al menos dos grados de cortedad funcional de la musculatura isquiosural: los individuos que tienen una cortedad moderada (grado I) y los que presentan una marcada disminución de su extensibilidad (grado II), que con una elevada frecuencia suelen tener repercusiones.

Existen diferentes tests para medir la extensibilidad isquiosural. Los más utilizados son los que cuantifican la distancia existente entre los dedos de las manos y la planta de los pies en la máxima flexión del tronco, aunque los más específicos son los tests de recorrido angular.

Incidencia

La extensibilidad muscular limitada es un problema común que afecta a una población variada, tanto personas sanas como con algún tipo de afección como artrosis rotuliana, lumbalgia. La frecuencia de isquiosurales acortados puede estar relacionada con numerosas variables, como la edad, el sexo, el nivel de actividad física, el estado muscular y de otros tejidos conectivos, los límites de normalidad establecidos y el método diagnostico utilizado. (Gomez-Conesab, 2008)



IV. Evaluación

Los métodos para valorar la flexibilidad muscular consisten en movimientos de elongación del musculo en el sentido contrario a la acción normalmente ejecutada por él. Existen diferentes pruebas para valorar la extensibilidad de este músculo, pero destacan las que están basados en las medidas longitudinales (distancia dedo-suelo), las de recorrido articular (elevación de la pierna recta y ángulo poplíteo) y las que valoran la disposición pelviana (prueba de alcance máximo). (Gomez-Conesab, 2008)

Según Ayala (Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: descripción de los procedimientos exploratorios y valores de referencia, 2013) la prueba más válida o "gold standard" para la valoración de la flexibilidad isquiosural es la radiografía, sin embargo su uso en el ámbito científico, clínico y deportivo es extremadamente limitado debido a su elevado coste económico, la necesidad de personal altamente cualificado, así como a la elevada sofisticación del procedimiento de exploración. Por ello, en base a los conocimientos anatómicos, se han descrito en la literatura científica diferentes métodos indirectos de exploración de la musculatura isquiosural que requieren menor gasto humano y material.

Monteiro (Flexibility: concepts and generalities) señala que los métodos para medir y evaluar la flexibilidad pueden ser clasificados, de acuerdo con las unidades de medida, en tres tipos de tests:

- Tests adimensionales: cuando no existe una unidad convencional para expresar los resultados obtenidos, como grados angulares o centímetros. No dependen de equipamientos y utilizan únicamente criterios o mapas de análisis previamente establecidos, ejemplo: Flexitest.

- Tests lineares: se caracterizan por expresar los resultados en escala de distancia, en centímetros o plegadas. Se emplean cintas métricas, reglas o metros. Por ejemplo: el test sit and reach de Wells);

- Tests angulares: cuando los resultados son expresos en grados. Se emplean instrumentos propios para medir los ángulos, como los goniómetros, mecánicos o

electrónicos. Los más utilizados son el goniómetro universal y el goniómetro pendular o flexómetro.

Durante su aplicación, se hace coincidir el eje del instrumento sobre el fulcro de la articulación y los brazos del goniómetro con los segmentos móviles de la misma. Se deben realizar dos intentos en cada medida, registrando el mejor de ellos.

IV.I. Test

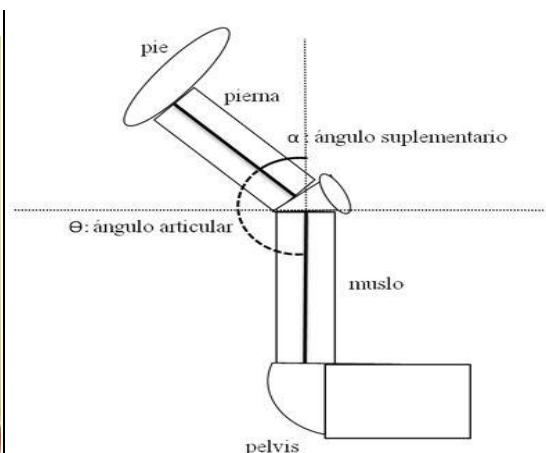
Prueba de extensión de rodilla o prueba del ángulo poplíteo

La posición del paciente es en decúbito supino con la cadera en flexión en 90° y el objetivo es medir el grado de extensión de la rodilla.

Desde esta situación de la rodilla y haciendo coincidir el centro del goniómetro con el eje de movimiento de la rodilla, se realiza una extensión de rodilla, sin que se modifique la flexión de la cadera y evitando la basculación de la pelvis, hasta conseguir la máxima extensión posible. El ángulo que resta para la extensión completa, que se considera como 0° , determina el grado de acortamiento isquiosural. (Evidencia científica de los métodos de evaluación, 2008)

Este test aparece descrito por Bado en 1979 como principal maniobra de exploración, estableciendo como cortedad grave o grado III, aquellos individuos que apenas sobrepasan el ángulo recto y como grado I aquellos que se confunden con los límites normales, por alcanzar una extensión casi completa.

Consideramos valores normales entre $0-15^\circ$ de flexión de la rodilla. Cortedad moderada entre $16-34^\circ$; y marcado si los valores son iguales o superiores a 35° . (Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos)

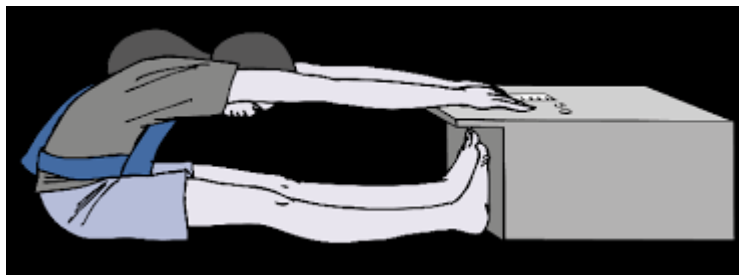


Prueba Sit and Reach o prueba de sentarse y alcanzar

Esta prueba requiere un cajón especial. El sujeto evaluado se sienta en el suelo con las rodillas extendidas y las plantas de los pies apoyadas en la superficie vertical de la caja de madera, que tiene una tapa superior a 23 cm de la base donde se realiza la medición. Para la realización de la prueba se le pide al sujeto que se flexione hacia delante con sus extremidades superiores en extensión hasta lograr el mayor alcance que se medirá sobre la cubierta superior de la caja donde hay una cinta métrica. Es necesario que mantenga la posición durante 2 segundos antes de tomar la medida.

Serán valores positivos todos aquellos que sobrepasen la línea de la planta de los pies y negativos todos los que no alcancen. García y López sugieren realizar 3 repeticiones y considerar la mejor puntuación de los 3 intentos.

Sin embargo, encontramos una serie de factores que influyen negativamente en esta prueba y pueden arrojar datos que induzcan a error, como son: características antropométricas (brazos largos con piernas cortas y viceversa) y, sobre todo, la inclusión de varios núcleos articulares (cadena posterior) en los resultados alcanzados, lo que supone una interferencia de diversas articulaciones. (Sendín, 2008)



Valores del test set and reach:

- Superior: 27 a 30 cm
- Excelente: 17 a 27 cm
- Bueno: 6 a 16 cm
- Promedio: 0 a 5 cm
- Deficiente: - 1 a -8 cm
- Muy pobre: - 9 a - 20 cm



Diseño metodológico

El periodo de evaluación tuvo una duración de 4 semanas, se aplicó el estiramiento estático y FNP a 10 personas que entrenan 3 veces por semana a cargo del Profesor Fernando y Diana en el Boulevard Fleming.

Las personas fueron distribuidas en grupo estiramiento estático y grupo FNP.

Antes de empezar, y al finalizar, el periodo de la realización de los estiramientos en la plaza, se realizó un pre-test y post-test bajo las mismas condiciones para su posterior análisis, interpretación y comparación.

Antes de realizar el pre-test, los estiramientos en los días correspondientes y el post-test, se realizó una entrada en calor que consistía en caminata, trote y movilidad de las distintas articulaciones.

Los test a realizar antes y después del periodo de entrenamiento de la elasticidad fueron: -Test set and reach. Material requerido: cajón con cinta métrica pegada en la parte superior.

Para la realización del test, se colocaron sentadas en el suelo con los miembros inferiores extendidos, descalzos y con las plantas de los pies apoyados sobre el cajón. Desde esta posición realizaron una flexión de tronco, manteniendo las rodillas en extensión completa, alcanzando con las manos, superpuestas una sobre la otra, la zona marcada del cajón que va de -15cm a 30cm.

Al colocar las manos sobre el cajón, mantuvieron la posición durante dos segundos. se realizó tres intentos, registrando el mejor de los 3.

- Prueba del ángulo poplíteo. Material requerido: Goniómetro.

Para la realización del test, se colocaron en una camilla, el profesor con goniómetro partiendo de la posición de flexión de cadera y rodilla de 90°. El eje de giro del goniómetro lo colocamos en el borde externo de la articulación de la rodilla, un brazo del goniómetro se coloca alineado al fémur y el otro brazo a la pierna. Realizamos una extensión pasiva y progresiva de la pierna manteniendo la flexión de 90° de la cadera, hasta que el paciente nos manifieste el dolor en la región posterior del muslo o en el hueco poplíteo o hasta que se inicie la basculación pélvica. Esto lo realizamos en ambas piernas 3 intentos, registrando el mejor de los 3.



Criterios de inclusión:

- Mujeres.
- Físicamente activas.
- Entre 30 y 50 años de edad
- Compromiso en cumplir con la asistencia durante las siguientes 4 semanas, incluyendo el pre- test, el periodo de entrenamiento y el post – test.

Criterios de exclusión:

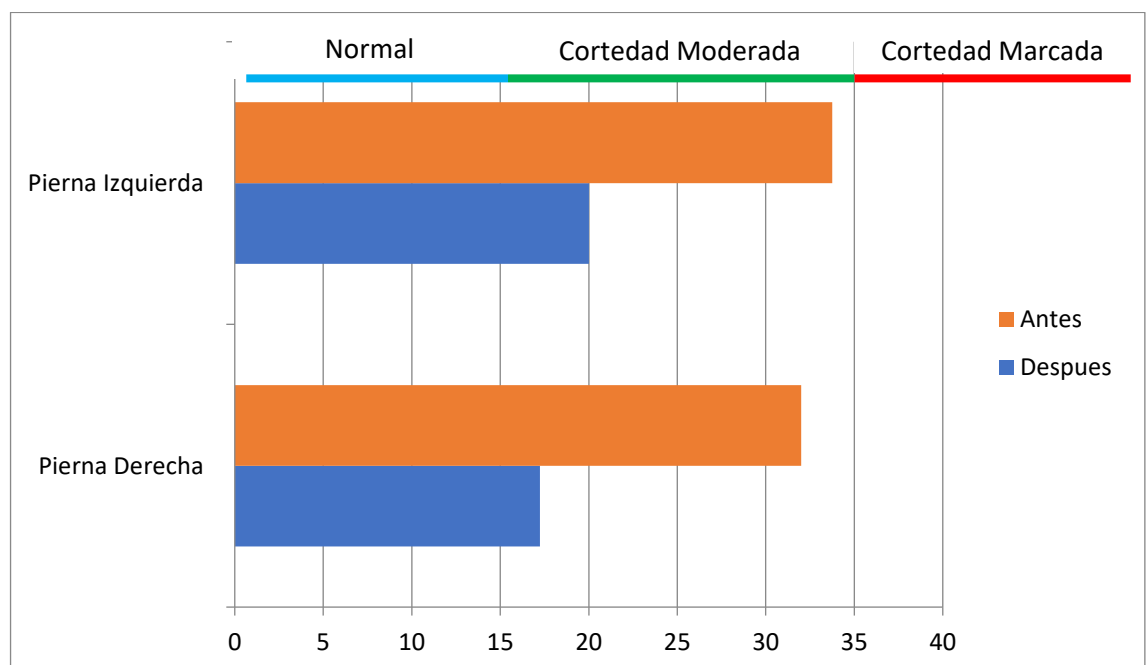
- Sufrir dolores músculo-esqueléticos.
- Sufrir trastornos neuromusculares.
- Presentar cirugía de rodilla.
- Persona que asista a la plaza menos de 3 veces por semana.

Análisis e interpretación de datos

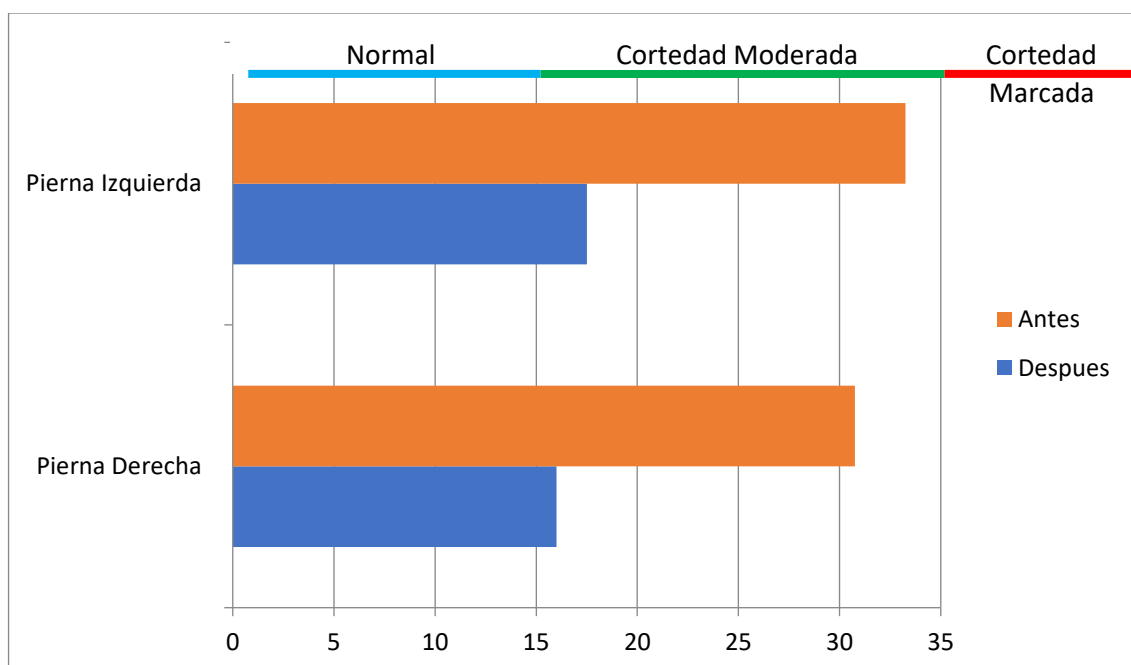
Test ángulo poplíteo

Consideramos valores normales entre 0-15° de flexión de la rodilla. Cortedad moderada entre 16-34°; y marcado si los valores son iguales o superiores a 35°. (Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos)

Grupo Estiramiento estático	
Antes	
Pierna derecha	Pierna izquierda
32°	33.75°
Después	
Pierna derecha	Pierna izquierda
17.25°	20°



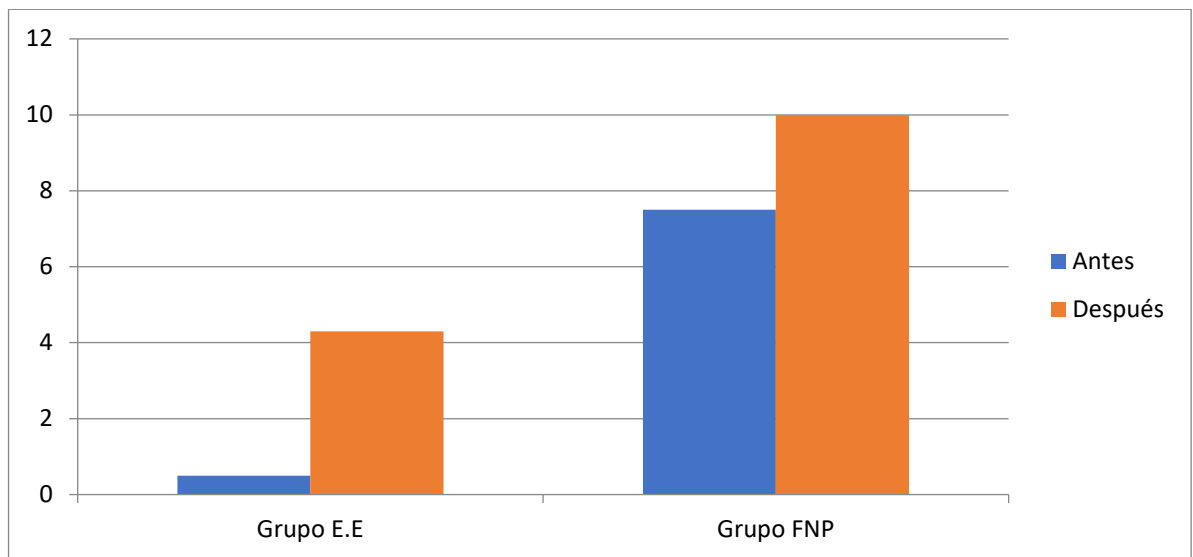
Grupo FNP	
Antes	
Pierna derecha	Pierna izquierda
30,75°	33,25°
Después	
Pierna derecha	Pierna izquierda
16°	17,5°



En el test del ángulo poplíteo no se observó grandes diferencias entre el estiramiento estativo vs FNP, ambas técnicas demostraron ser efectivas en el aumento de la elasticidad de los isquiosurales, pasando de una cortedad marcada a una cortedad moderada y en algunos casos se acercó al valor normal ($\sim 15^\circ$). No se observaron grandes diferencias entre miembro hábil y el miembro no hábil, todas las participantes son diestras, y se observó un leve acortamiento superior en el miembro no hábil.

Test set and reach

	Antes	Después	Mejora
Grupo E.E	0,5cm	4,3cm	3,8cm
Grupo FNP	7,5cm	10cm	2,5cm



En el test sit and reach se encontró mejoras en la elasticidad isquiosural, promediando una mejora de 2cm de longitud, la mejora no es tan amplia como en el test del ángulo poplíteo, esto puede deberse a que este test evalúa toda la cadena posterior y una tensión de algunos de las estructuras posteriores me puede dar un resultado menor en cuanto a la elasticidad de los isquiosurales. En ningún caso se pudo llegar al valor excelente, siendo el valor bueno el mejor resultado. En un solo caso se obtuvo un resultado negativo, pero esta persona en el test del ángulo poplíteo se observó resultados positivos. Esto puede deberse a algún acortamiento de algunas de las otras estructuras que interviene en este test, también puede deberse a un estado emocional de la persona que genero una mayor tensión de la cadena posterior provocando un resultado menor al que obtuvo en el pre-test.



Conclusiones

En base al trabajo se puede concluir que el resultado del estudio demostró que tanto el estiramiento estático como el FNP son efectivos en el aumento de la flexibilidad de los isquiosurales en mujeres de 30 a 50 años.

Se puede aumentar la elasticidad de estos músculos realizándolo con una frecuencia de 3 veces por semana y cuatro repeticiones de 30 segundos.

Al no observar diferencias entre ambas técnicas, se puede recomendar el estiramiento estático, por su facilidad en la ejecución, ya que el FNP es una técnica más compleja para realizar. Por lo que el estiramiento estático es más probable que lo pueda mantener en el tiempo y evitar así el Síndrome de isquiosurales cortos que van a evitar patologías antes mencionadas.

El test del ángulo poplíteo demostró ser más efectivo en la evaluación del acortamiento isquiosural, mientras que el test sit and reach demostró ser más inespecífico al evaluar toda la cadena posterior y no poder aislar la musculatura isquiosural. Un estado emocional, un acortamiento de alguna de las estructuras de la cadena posterior, puede generar una mayor tensión de esta y esto puede deberse el resultado negativo que se observó el test set and reach.

Es importante resaltar que observamos entre las participantes que realizan actividad física, que el tratamiento de la flexibilidad es menor y toda la atención se dirige más hacia los ejercicios de fuerza. Sabemos que el cuerpo debe tener un equilibrio entre las distintas capacidades condicionales y coordinativas para mantener el cuerpo en plena forma, por lo tanto, son igualmente importantes los ejercicios de fuerza, resistencia, flexibilidad y coordinación, para de esta forma poder realizar actividad física de forma integral.



Bibliografía

- Boto, M. M.-A.-A.-R. (Enero de 2008). *Flexibility: concepts and generalities*. Obtenido de www.efdeportes.com.
- Castro, L. A. (1995). La flexibilidad como capacidad fisicomotriz del hombre . *Educación física y deporte*, vol. 17 , 15.
- Cesare, P. A. (Julio de 2000). *El entrenamiento de la flexibilidad muscular en las divisiones formativas del baloncesto*. Obtenido de EF DEPORTES: www.efdeportes.com
- Delmas, H. R.-A. (2005). ANATOMÍA HUMANA Descriptiva, Topográfica y Funcional. . En H. R.-A. Delmas, *ANATOMÍA HUMANA Descriptiva, Topográfica y Funcional*. (págs. 435, 436, 437, 438. TOMO 3). Barcelona (España): ELSEVIER MASSON.
- Diaz, P. E. (2007). Flexibilidad: evidencia científica y metodología de entrenamiento. *Publice* , 4.
- F. Ayala, P. S. (2012). El entrenamiento de la flexibilidad: técnicas de estiramiento. *Revista Andaluza de medicina del deporte* , 106 .
- F. Ayala, P. S. (2013). Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: descripción de los procedimientos exploratorios y valores de referencia. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte VOL 6* .
- Ferrer, F. S.-V. (1995). *Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos*. Obtenido de www.um.es:
https://www.um.es/innova/OCW/actividad_fisica_salud/contenidos/sindrome_de_isquiosurales_cortos.pdf
- Geneser. (2015). *Histologia* . Panamericana .
- Gomez-Conesab, R. d.-A. (2008). Síndrome de los isquiotibiales acortados. *Fisioterapia* , 187 .
- Grigoletto, M. E. (Agosto de 2012). *Criterios para el diseño de programas de entrenamiento de la amplitud de movimientos/flexibilidad para la salud*. Obtenido de Ef deportes :
<https://efdeportes.com/efd171/programas-de-entrenamiento-de-la-flexibilidad.htm>
- Guyton, H. y. (2021). *Tratado de fisiología medica*. Elsevier.
- Kokkonen, A. G.-J. (2015). *Anatomia de los estiramientos* . Tutor .
- Lucia-Garcia, C. A., Boneth-Collante, M., Angarita-Fonseca, A., Corredor-Moreno, A. M., & Cardenas-Castellano, S. M. (2014). Efecto del estiramiento estatico de 15, 30 y 60 segundos sobre el rango de movimiento de la flexion de cadera con rodilla extendida. . *Revista Facultad Ciencias de la salud UDES* , 30 .
- Navarro, C. (2003). *El músculo esquelético* . Barcelona: Saber y Entender .
- Prentice, W. E. (2001). *Técnicas de Rehabilitación en Medicina Deportiva* . Barcelona : Ed. Paidotribo .

Ramírez, Z. R. (08 de 12 de 2019). *Relación entre la longitud de los músculos isquiotibiales y el dolor lumbar*. Obtenido de [www.elsevier.es/ft: www.elsevier.es/](http://www.elsevier.es/ft:www.elsevier.es/)

Ramos, R. J. (Agosto de 2002). *La actividad física y su influencia en una vida saludable*. Obtenido de EF DEPORTES : www.efdeportes.com

Sánchez, M. Q.-E. (Mayo de 2001). *Consideraciones Generales acerca del uso de la flexibilidad en el béisbol*. Obtenido de EF DEPORTES: www.efdeportes.com

Santo, M. D. (1997). La flexibilidad en las distintas edades de la vida . *Publice* .

Sendín, E. Q. (2008). Evidencia científica de los métodos de evaluación. *Osteopatía científica* , 116 - 120 .

Tramunt, M. S. (2007). Los estiramientos: Apuntes metodológicos para su aplicación. *Aloma*. Num. 21 , 205.

Vidal Barbier, M. -V.-A.-V. (2011). *El acortamiento de los isquiosurales* . Obtenido de www.redalyc.org: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551656921006>

**Anexos****Anexo I****Test ángulo poplíteo****Grupo Estiramiento estático**

CLAUDIA	
Antes	
Pierna derecha	Pierna izquierda
25°	35
Después	
Pierna derecha	Pierna izquierda
10°	17°

YESICA	
Antes	
Pierna derecha	Pierna izquierda
35°	40°
Después	
Pierna derecha	Pierna izquierda
20°	27°

KARINA	
Antes	
Pierna derecha	Pierna izquierda
30°	25°
Después	
Pierna derecha	Pierna izquierda
12°	13°

RUTH	
Antes	

Pierna derecha	Pierna izquierda
38°	35°
Después	
Pierna derecha	Pierna izquierda
27°	23°

Grupo FNP

VIRGINIA	
Antes	
Pierna derecha	Pierna izquierda
25°	30°
Después	
Pierna derecha	Pierna izquierda
12°	13°

MELISA	
Antes	
Pierna derecha	Pierna izquierda
33°	30°
Después	
Pierna derecha	Pierna izquierda
14°	20°

MARIANELA	
Antes	
Pierna derecha	Pierna izquierda
25°	36°
Después	
Pierna derecha	Pierna izquierda
21°	17°

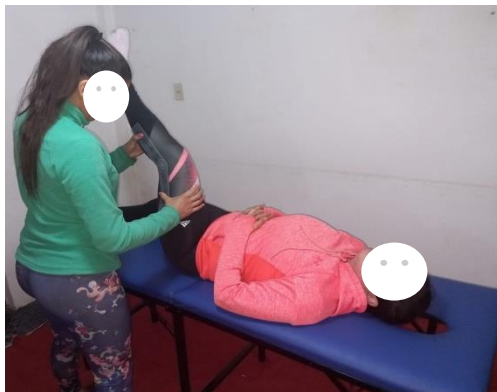
STELLA	
Antes	
Pierna derecha	Pierna izquierda
40°	37°
Después	
Pierna derecha	Pierna izquierda
17°	20°

Test set and reach

Grupo I	Antes	Después
Claudia	+2cm	+5cm
Yesica	-3cm	+1cm
Karina	+4cm	+9cm
Ruth	-1cm	+2,5
Grupo II		
Virginia	+8cm	+12cm
Melisa	+6,5cm	+6cm
Marianela	+8,5cm	+13cm
Stella	+7cm	+9cm

Anexo II

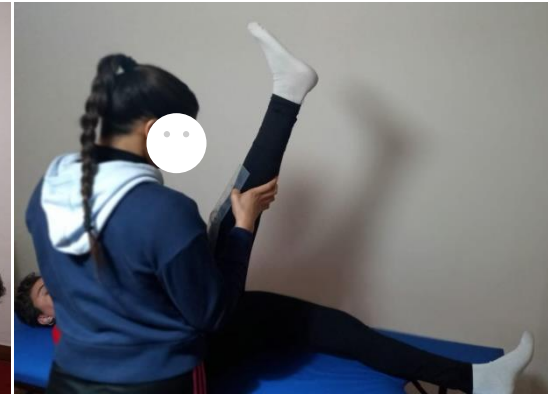
Antes





Después





Antes



Después







Consentimiento informado

Acepto voluntariamente participar en el proyecto de investigación

“Comparación de la efectividad en la elongación de los músculos isquiosurales mediante Estiramiento Estático vs FNP en mujeres entre 30 y 50 años” en la plaza Boulevard Fleming, a cargo de los docentes Fernando y Diana, ambos Profesores nacionales de educación física.

He sido informada de los aspectos metodológicos, protocolares y temporalización de esta investigación.

En esta investigación no se utilizara ningún instrumento invasivo que cause daño a la integridad de las participantes.

He comprendido y aceptado participar de esta investigación.

Firma: