

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



## REVISIÓN

# Sobre la aplicación de estiramientos en el deportista sano y lesionado

Laura Pacheco Arajol<sup>a,b\*</sup> y Juan José García Tirado<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Consell Català de l'Esport, Barcelona, España

<sup>b</sup>Departamento de Fisioterapia, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Universitat Internacional de Catalunya, Sant Cugat del Vallès, Barcelona, España

Recibido el 21 de enero de 2010; aceptado el 4 de febrero de 2010

### PALABRAS CLAVE

Estiramiento;  
Deporte;  
Lesión muscular

### Resumen

El estiramiento es una técnica que mantiene o mejora la amplitud de movimiento en una articulación o un conjunto de articulaciones. Solicita el tejido muscular y sensitivo gracias a una acción de tracción alargamiento. Supone una técnica que se puede aplicar en clínica o desde la perspectiva del entrenamiento en deportistas sanos o lesionados. Supone una técnica indicada para el cuidado, la prevención y el mantenimiento de las capacidades de cada individuo o para su desarrollo. No todos los estiramientos se realizan de la misma manera o persiguen el mismo objetivo.

Al revisar la literatura, se observa que no hay consenso en la clasificación o en la manera de aplicar los estiramientos: se ponen en duda los efectos beneficiosos del estiramiento durante el calentamiento, y es necesario el estudio para dar respaldo científico.

El objetivo de la revisión es ubicar el estiramiento, desarrollar la clasificación, exponer cinco modalidades de estiramientos y hacer una propuesta de aplicación: en el calentamiento, vuelta a la calma y entrenamiento, en el deportista sano y en el deportista que padece lesiones musculares.

© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

### KEYWORDS

Stretching;  
Sport;  
Muscle injury

### On the application of stretching to healthy and injured sportsmen and women

### Abstract

Stretching is a technique that maintains or improves the range of movement in a joint or group of joints. It serves the muscle and sensory tissue due to an extended traction action. It is a technique that can be applied in the clinic or from a training perspective

\*Autor para correspondencia

Correo electrónico: lpacheco@gencat.net (L. Pacheco).

in health and injured athletes. The technique is indicated for the care, prevention and maintenance of the abilities of each individual or for their development. Not all stretches are done in the same way or seek the same objective.

On reviewing the literature, it is seen that there is no consensus on the classification or way in which to apply stretches. There is doubt on the beneficial effects of stretching during warming up. A study needs to be done to provide scientific support. The aim of the review is to recognise stretching, develop the classification, show five stretching methods and propose their application: in warming up, cooling down and training, in the healthy athlete and the athlete with muscle injuries.

© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

## Generalidades

### Definición de estiramiento

Buscando en el diccionario la definición de estiramiento encontramos: "Acción de estirar, especialmente las extremidades"<sup>1</sup>.

Podemos clasificar las cualidades físicas en básicas o condicionales y en complementarias o facilitadoras<sup>2</sup> (fig. 1).

Neiger se planteaba: "¿Por qué estiramos?", y concluía en que lo hacíamos "para ser más flexibles"; ciertamente, la acción del estiramiento forma parte de la cualidad física movilidad-flexibilidad.

Las *cualidades físicas básicas* se conocen también como *orgánico-funcionales*, ya que dependen del trabajo de la contracción muscular y de la energía necesaria para este trabajo; se basan por lo tanto en la eficiencia de los mecanismos energéticos y en la aplicación de los principios del entrenamiento. Requieren producir una adaptación óptima del organismo a la carga aplicada. Comprenden: la fuerza, la resistencia y la velocidad<sup>2</sup>.

- La *fuerza* es la capacidad de generar tensión intramuscular, es decir, la capacidad que tenemos para vencer una resistencia. Se subdivide en *fuerza máxima*, que es la mayor fuerza que el sistema neuromuscular es capaz de desarrollar por medio de la contracción voluntaria (p. ej., un halterófilo), en *fuerza velocidad* o *fuerza explosiva*, capacidad del sistema neuromuscular para vencer una resistencia en el menor tiempo posible (p. ej., el salto de voleibol) y en *fuerza resistencia* o capacidad de repetición continuada, es decir la capacidad del organismo para resistir a la fatiga en esfuerzos de larga duración (p. ej., el remo).
- La *resistencia* es la capacidad de resistir física y psíquicamente a una carga durante un tiempo determinado y la capacidad de recuperarse rápidamente. La *resistencia aeróbica* corresponde a ejercicios de larga duración y

baja intensidad, y se dispone de oxígeno suficiente para la oxidación del glucógeno y de los ácidos grasos. La *resistencia anaeróbica* se produce en ejercicios de corta duración a alta intensidad donde no existe un aporte suficiente de oxígeno como sustrato energético y se forma de manera constante ácido láctico en el músculo.

- La *velocidad* es una cualidad compleja que cualifica al deportista para reaccionar con la máxima rapidez frente a una señal y realizar un movimiento tan rápido como sea posible dentro de una determinada unidad de tiempo.

Las cualidades físicas complementarias o facilitadoras comprenden la coordinación y la flexibilidad-movilidad, y son las que posibilitan la preservación de la amplitud de movimientos y una mayor economía gestual. Si las desarrollamos óptimamente, el aprendizaje, la práctica y el rendimiento del movimiento se conseguirán antes, con una mayor destreza, confianza, elegancia y facilidad en el gesto, tanto en la práctica deportiva como en el desarrollo de las actividades de la vida diaria.

- La *coordinación* es el efecto conjunto del sistema nervioso central y de la musculatura esquelética en la ejecución de un movimiento determinado y que marca la dirección de una secuencia de movimientos. Se trata de una cualidad determinada por los procesos de control y regulación del movimiento, su desarrollo comporta la ampliación del repertorio motor y gestual.
- La *movilidad-flexibilidad* es la movilización, la libertad de movimientos y técnicamente la amplitud de movimientos (ADM) en una articulación o conjunto de articulaciones<sup>3</sup>. Depende de las propiedades biomecánicas de las articulaciones, concretamente de la morfología de las superficies articulares por un lado y de las propiedades de las partes blandas que rodean a la articulación, es decir, de la capacidad de extensibilidad del músculo, tendón, ligamento y cápsula articular, así como de la fuerza muscular necesaria para generar el movimiento.

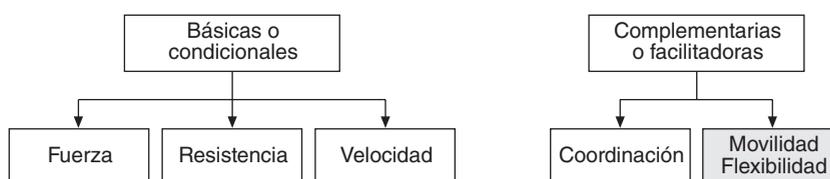


Figura 1 Cualidades físicas.

## Tipos de flexibilidad

La *flexibilidad estática* se relaciona con la ADM de una articulación producida por una fuerza externa, sin la participación de la contracción muscular voluntaria. La *flexibilidad dinámica* es la capacidad de utilizar la ADM de una articulación por medio de la contracción muscular voluntaria, durante o en el transcurso de la actividad física, tanto a velocidad normal como acelerada. Una buena flexibilidad estática no garantiza necesariamente una buena flexibilidad dinámica, pero a la inversa sí<sup>4</sup>.

El *nivel de flexibilidad óptimo* es el que permite la ejecución eficiente del movimiento y que disminuye el riesgo de padecer lesiones, y se adapta a las características individuales de cada persona y al deporte que tiene que realizar. Requiere el planteamiento en cada momento del estiramiento más adecuado, basado en los fundamentos fisiológicos y metodológicos de la flexibilidad. Un nivel de flexibilidad superior al deseado, aparte de no suponer una mejora en el desarrollo o en la prevención de la lesión, producirá una ADM que no es una cualidad sino la expresión de la relajación excesiva de las fibras musculares, de la cápsula articular y de los ligamentos, que favorecerá la posibilidad de padecer inestabilidades articulares<sup>5</sup>.

La movilidad articular se ha de desarrollar hasta el punto de conseguir una técnica gestual y una utilización eficaz de las capacidades motoras en el deporte correspondiente<sup>4</sup>. Matveiev expone que la movilidad articular tiene que desarrollarse hasta el punto de conseguir una óptima técnica gestual y una utilización eficaz de las capacidades motoras en el deporte correspondiente. Se diferencian tres tipos de flexibilidad, en función de su aplicación práctica: la *flexibilidad absoluta* o máximo grado de movilidad que se puede obtener; la *flexibilidad de trabajo* o grado máximo de ADM que se puede obtener en un movimiento deportivo concreto, y la *flexibilidad residual*, que representa el margen de seguridad para prevenir lesiones y que se puede situar entre la flexibilidad absoluta y la de trabajo. La flexibilidad residual supone el margen de seguridad imprescindible para la práctica segura y es de especial importancia en deportes

colectivos, donde situaciones inesperadas de interacción y contacto con los otros pueden solicitar ADM muy elevadas.

## Entrenamiento de flexibilidad frente a flexibilidad como prevención de lesiones y mejora del rendimiento

El *programa de entrenamiento* de la flexibilidad es un programa de ejercicios planificado, intencional y regular que en un tiempo determinado puede incrementar plena y progresivamente la ADM de una o varias articulaciones.

El *programa de flexibilidad* con el objetivo de mejorar el rendimiento y disminuir el riesgo de padecer lesiones es el que se aplica en el calentamiento y en la fase de vuelta a la calma entendida como enfriamiento que sigue a la actividad física.

Ambos tienen objetivos y intervenciones diferentes<sup>6</sup> que se resumen en la tabla 1.

## Planteamiento del trabajo de flexibilidad durante la temporada

El planteamiento del trabajo de flexibilidad se va modificando en función del momento de la temporada<sup>6</sup>. Mencionando a los autores Matveiev y Zacarov, el planteamiento del trabajo de flexibilidad se modifica según el momento de la temporada, que se subdivide en períodos o ciclos: de preparación, de competición y de transición.

- Durante el *período de preparación* se realiza un trabajo de tipo general o trabajo básico, para pasar a continuación a un trabajo más específico. El programa de flexibilidad será activo y pasivo, adaptado a la práctica deportiva y respetando las amplitudes necesarias para favorecer la ejecución del gesto pero asegurando su estabilidad. Deberá ser individualizado. Se trata de un *programa de entrenamiento de la flexibilidad*.
- Durante el *período de competición* se realiza un ajuste de las cualidades para poderlas desarrollar adecuadamente; el deportista no debe adquirir mayores habilidades con el entrenamiento sino que debe mantener lo conseguido durante el período previo. Se pretende mantener las ADM y prevenir lesiones. Durante este período se plantea un *programa de flexibilidad*.
- En el *período de transición* el atleta se dirige hacia un estado de reposo activo con la finalidad de regenerarse para el siguiente ciclo de entrenamiento. Durante este período se pretende mantener las cualidades físicas básicas obtenidas en la preparación física previa, al mismo tiempo que el deportista se recupera psicológicamente.

## Estructuras sobre las que incide el estiramiento

Para poder entender cómo incide la aplicación de una modalidad de estiramiento u otra, se debe considerar a la unidad músculo y tendón como una estructura que posee un componente *sensitivo* por un lado y, por el otro, uno *mecánico*; ambos<sup>7,8</sup> marcarán su comportamiento (fig. 2).

Tabla 1 Entrenamiento versus prevención

Entrenamiento de la flexibilidad	Flexibilidad para prevención y mejora del rendimiento
Ampliación del arco de movimiento existente	Trabajo dentro del arco de movimiento existente
Incremento de la ADM	Optimización del rendimiento, prevención de lesiones
Sesiones de entrenamiento donde se trabaja la flexibilidad de manera exclusiva	Preparación para la actividad (antes del entrenamiento) y después (vuelta a la calma)

ADM: amplitud de movimiento.

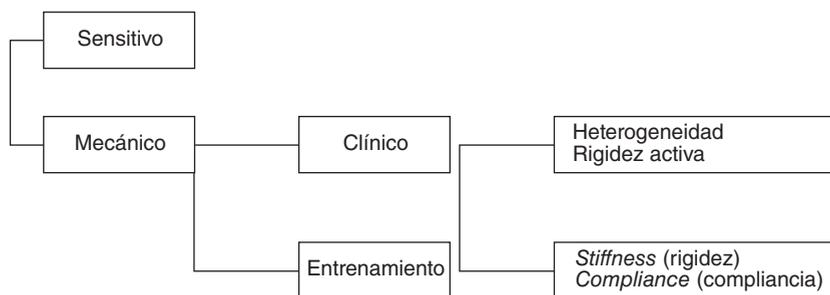


Figura 2 Resumen de los componentes del músculo.

### Componente sensitivo

En relación al componente sensitivo describiremos los husos neuromusculares (HNM) y el órgano tendinoso de Golgi (OTG)<sup>9,10</sup>.

Los HNM son sensibles a los cambios de longitud y a la velocidad con la que éstos se producen. Si son estimulados, informan:

- A la motoneurona alfa que se encuentra en la médula activando el reflejo miotático de estiramiento y produciendo como respuesta la contracción.
- A través de una interneurona a la motoneurona alfa del antagonista y produciendo el reflejo miotático inverso que da lugar a la inhibición recíproca, es decir, la relajación del antagonista.

Este sistema mecanorreceptor regula su umbral perceptivo por medio de la inervación motora de las fibras gamma, y la descarga neuronal gamma modula el umbral mínimo de estímulo para los receptores intrafusales (terminaciones en ramillete y terminaciones anuloespirales).

El OTG se estimula si se produce un aumento de tensión a nivel muscular y tendinoso, informa a la motoneurona alfa y responde por una inhibición del agonista, es decir, una relajación o finalización de la contracción; es la llamada autoinhibición o inhibición autógena.

La regulación del tono muscular se produce a nivel medular, bajo la influencia de centros suprasedgmentarios, fundamentalmente el sistema reticular. Tenemos dos tipos de influencias de los propioceptores: las que provocan estímulos positivos a nivel medular (contracción desencadenada por los HNM), y las que provocan estímulos negativos a nivel medular (inhibición del tono por activación del OTG). Este aspecto influirá sobre la viscoelasticidad muscular por la resistencia pasiva al estiramiento<sup>11</sup>.

### Componente mecánico

En relación al componente mecánico, podemos diferenciar dos corrientes, desde la faceta clínica y desde la faceta relacionada con el entrenamiento. En clínica, Neiger<sup>12</sup> introduce la perspectiva de heterogeneidad de los componentes que conforman el músculo. Esnault<sup>13</sup> introduce el concepto de prerregulación como rigidez protectora de anticipación a cualquier acción. En relación al entrenamiento, se desarrollan conceptos relacionados con el *stiffness* (rigidez) y la *compliance* (compliance) y de sus efectos en el ciclo de estiramiento-acortamiento para generar la fuerza explosiva<sup>14-17</sup>.

Neiger explica que la unidad musculotendinosa es una estructura heterogénea en la que la parte contráctil constituye en realidad el motor muscular que produce la fuerza de tracción, y el tejido tendinoso, situado en los extremos, hace de transmisor de la fuerza muscular a las palancas óseas articuladas dando como resultado la producción del movimiento<sup>12</sup>.

Podríamos considerar en la organización del complejo musculotendinoso dos tipos básicos de tejido: el tejido contráctil o fibra muscular y el tejido conjuntivo. El tejido conjuntivo se estructura en capas que envuelven las estructuras tendinosas y musculares, y de superficial a profundo tenemos: el epimisio, el perimisio, el endomisio y el sarcolema.

La función del epimisio es básicamente protectora y presenta una estructura conjuntiva más densa. El perimisio organiza el conjunto muscular en fascículos que darán la acción tridimensional a cada músculo. El endomisio envuelve cada fibra muscular, y el sarcolema es una membrana conjuntiva más laxa que envuelve a las miofibrillas.

La unidad funcional del músculo está representada por el sarcómero, las miofibrillas presentan una disposición seriada de sarcómeros, y los sarcómeros contienen las proteínas actina (filamento delgado) y miosina (filamento grueso) que interactúan y resbalan entre sí, produciendo la contracción. La estructura del sarcómero se deforma de manera longitudinal y contiene unas proteínas estructurales que mantienen su integridad: la titina (relaciona la miosina con la línea Z, es el elemento elástico del sarcómero), la desmina (relaciona las miofibrillas entre sí) y la nebulina (es la proteína estructural de la actina)<sup>9,18</sup>.

Esta organización heterogénea está representada en el modelo mecánico de Hill, donde se encuentran elementos contráctiles y conjuntivos.

Estos componentes tienen diferente capacidad de extensibilidad, y podemos ordenarlos de menor a mayor: los elementos contráctiles (CC), el componente elástico en paralelo (CEP) y la elongación de la parte elástica (CES).

El tejido conjuntivo muscular se organiza estableciendo interconexiones que convergen en el tendón. Obviando el componente contráctil o fibra muscular, podríamos hablar de un "esqueleto conjuntivo" deformable tanto a nivel longitudinal como transversal<sup>13,19</sup>. Este conjunto compuesto por diferentes estructuras relacionadas, con propiedades contráctiles y no contráctiles, está envuelto por un líquido viscoso, el sarcoplasma, que da al músculo la capacidad de comportarse en la acción dinámica como un material viscoelástico<sup>3,12</sup>, propiedad que se expresa por la resistencia interna al estiramiento (llamada también tensión pasiva) y

que es directamente proporcional a la velocidad con la que varía la longitud del tejido (a más velocidad, más resistencia) e inversamente a la temperatura (a más temperatura, menor viscosidad y menos resistencia o tensión pasiva).

La propiedad opuesta a la extensibilidad es la rigidez, y en clínica, cuando hablamos de *rigidez muscular* diferenciamos dos tipos<sup>13</sup>: la pasiva y la activa. La *pasiva* está producida por la pérdida de extensibilidad del tejido conjuntivo que se relaciona con patología de las partes blandas, y la *activa* se relaciona con el aumento del tono muscular que prepara para la acción dando una mayor capacidad reactiva al músculo. Este último concepto se relaciona con la modulación propioceptiva del bucle gamma a nivel medular.

La *unión miotendinosa* (UMT) es un elemento de gran importancia, puesto que reúne dos tejidos con diferentes propiedades mecánicas (extensibilidad). Se trata de una zona de transición que soporta cargas de transmisión tensil de alta intensidad. Para adaptarse, los sarcómeros de la UMT son más rígidos y no se estiran tanto como los centrales en respuesta a una fuerza aplicada. Esta región menos extensible se puede situar a 1 mm de la UMT<sup>20</sup>. Las lesiones por mecanismo excéntrico se producen en esta zona de transición. El estiramiento en tensión activa solicita preferentemente estas zonas de unión, y por este motivo se le atribuyen efectos positivos en la prevención de lesiones<sup>13</sup>.

El tendón es una estructura jerarquizada, en la que el colágeno forma las fibrillas y éstas los fascículos. La función del tendón es transmitir las impulsiones mecánicas derivadas de la contracción muscular al esqueleto. Esto hace necesario que exista una relación constante entre la fuerza de la contracción muscular y la resistencia a la tensión del tendón.

En la vertiente del entrenamiento aparecen los términos *stiffness* (rigidez) y *compliance* (compliance). El primero se refiere a la capacidad del tejido para oponerse al estiramiento y el segundo a la facilidad con la que un músculo se puede estirar. Son conceptos opuestos<sup>21</sup>.

En el entrenamiento el modelo mecánico se amplía para hacer más comprensible la actuación de la tensión pasiva y el ciclo estiramiento-acortamiento (CEA). El objetivo del CEA es convertir la energía elástica proporcionada tanto por

el peso del cuerpo como por la fuerza de la gravedad, durante la fase excéntrica, en una fuerza igual y contraria durante la fase concéntrica<sup>21-23</sup>.

En deportes que requieren acciones explosivas que pongan en marcha el CEA (ciclo estiramiento-acortamiento) es necesaria una unidad musculotendinosa compliante que permita almacenar energía elástica durante la fase excéntrica y liberarla durante la fase concéntrica. Los deportes que utilizan acciones más concéntricas, que son de baja intensidad o limitado CEA (como la natación), necesitan generar un trabajo contráctil concéntrico que transmita la energía de la contracción a las palancas óseas articuladas para generar el movimiento. El músculo en este caso tiene que ser menos compliante y más *stiffness*<sup>15</sup>.

Si el músculo es *stiffness*, transmite más rápidamente la energía de la contracción concéntrica, y si es compliante tiene mayor capacidad para almacenar energía elástica y liberarla rápidamente (CEA).

Si el tendón tiene una buena compliance y el músculo una buena activación contráctil activa, la energía elástica se absorberá por el tendón<sup>15</sup> y disminuirán los traumas sobre la fibra muscular. Si el tendón tiene una mala compliance (*stiffness*), las fuerzas elásticas se transferirán al aparato contráctil del músculo y habrá una baja absorción de energía por parte del tendón. Este mecanismo ayuda a relacionar el hecho de que una baja flexibilidad incrementa el riesgo de aparición de dolores musculares en individuos más *stiffness* después de un entrenamiento excéntrico (tabla 2).

Cometti<sup>23</sup>, citando a Proske y Morgan<sup>24</sup>, analiza las estructuras implicadas cuando se realiza un estiramiento estático agudo. El estiramiento crea una tensión pasiva que actúa sobre tres elementos, que por orden de importancia de reclutamiento son: los puentes de actina miosina estables, la titina como elemento elástico del sarcómero y, si incrementamos la amplitud, se solicita el tejido conjuntivo y el tendón.

A nivel agudo, el estiramiento produce cambios que afectan a la rigidez y a la viscoelasticidad, disminuyéndolas.

A largo plazo, el incremento de ADM se produce por la *stretch tolerance*<sup>14</sup> (adaptación sensitiva al estiramiento, va-

Tabla 2 Comportamiento mecánico del músculo

	Definición	Deportes	Requerimientos	Observaciones
<i>Stiffness</i>	Capacidad del tejido de oponerse al estiramiento	Concéntricos, contracción para la transmisión de la fuerza	Músculo menos compliante y más <i>stiffness</i>	Con entrenamiento excéntrico tiene mayor facilidad para sufrir mialgias
Compliante	Facilidad con la que un músculo se puede estirar	Excéntricos, reutilización de la energía elástica relacionada con el CEA	Músculo más compliante y menos <i>stiffness</i>	Si hay buena activación contráctil activa del músculo se produce una alta absorción de la energía elástica por parte del tendón, la estructura muscular no sufre microtraumatismos y habrá mayor tolerancia al trabajo excéntrico con menos lesión tipo DOMS

CEA: ciclo estiramiento-acortamiento; DOMS: *delayed onset muscular soreness*.

riación de la percepción del dolor y estiramiento por fenómenos de acomodamiento sensitivo, disminución de la activación de los HNM y disminución del umbral de excitabilidad del OTG) y el efecto Goldspink<sup>23</sup> (adición de sarcómeros en serie como efecto del estiramiento pasivo y acción excéntrica: adaptación miogénica relacionada con la fuerza).

El efecto *creeping* proviene del inglés *to creep* (arrastrar) y se relaciona con el mantenimiento del estiramiento<sup>3,14,25</sup>. En estiramientos largos y mantenidos se produce un efecto plástico y una reorganización en el tejido solicitado. Se produce una ganancia de ADM, pero ésta se acompaña de una disminución de eficacia del tendón para almacenar energía. Por lo tanto, este tipo de estiramientos no están indicados en el calentamiento, ya que precisan un tiempo de adaptación y de recuperación (indicados en el entrenamiento de la flexibilidad).

Cuando se produce una fuerza externa de tracción, el tejido responde alargándose, y la curva de tensión-deformación explica el comportamiento del tejido blando frente a una situación de alargamiento<sup>5,12</sup>. Hay diferentes fases: elástica, plástica y de rotura.

## Estiramiento para la mejora del rendimiento y posible prevención de lesiones

### Estiramiento y calentamiento

Los deportistas y los profesionales que trabajan en el ámbito del deporte utilizan las diferentes modalidades de estiramiento antes, durante y después de la práctica deportiva. Al plantearnos si existe consenso en relación a si los deportistas tienen que estirar y qué estiramientos deben hacer en el calentamiento, hay autores que tienen una actitud crítica al respecto y dudan sobre los beneficios de ciertos estiramientos durante el calentamiento<sup>15,23</sup>. En relación a la modalidad de estiramiento utilizado, los estudios se centran en la escuela anglosajona y no se refieren a las modalidades de estiramiento propuestas por la escuela francesa, lo que hace necesario el estudio para darle respaldo científico<sup>8,11,13,26</sup>.

### Definición de calentamiento

El calentamiento es un conjunto de ejercicios, realizados antes de una actividad, que proporcionan al cuerpo un período de ajuste del descanso al ejercicio. Pretende mejorar el rendimiento y reducir la posibilidad de lesión por medio de la movilización y de la activación tanto mental como física<sup>3</sup>.

Fisiológicamente supone un período para cambiar de estado y llegar a un punto en el que los tejidos trabajen con mayor eficiencia, gracias al aumento de la temperatura sobre las partes blandas y articulares y la facilitación de la conducción nerviosa, siendo el sujeto capaz de conseguir el máximo rendimiento<sup>27</sup>.

A nivel psicológico, estimula el rendimiento, supone un ensayo mental del gesto deportivo y de las situaciones técnicas antes de ponerlas en práctica.

Diferenciamos dos tipos de calentamiento: *general* (movimientos variados no relacionados con la actividad que se va a desarrollar, calisténicos suaves como el rodaje o la bi-

cicleta estática) y *formal* (movimientos que simulan la ejecución técnica de la actividad que se va a realizar).

El calentamiento "ideal" sería aquel que fuera suficientemente intenso como para incrementar la temperatura corporal, generar sudoración, dar la amplitud articular necesaria para realizar la técnica y todo ello sin llegar a la fatiga, preparando el cuerpo para la ejecución óptima de las acciones específicas. La duración va de los 10 a los 15 minutos.

Esnault recomienda la aplicación de estiramientos que pongan la estructura en alerta sin agotarla<sup>11,13</sup>. También incide en la importancia de solicitar las partes blandas y proteger al tejido articular, y por este motivo el sistema musculotendinoso tiene que asegurar una protección o rigidez activa. Los estiramientos se enlazan con un trabajo dinámico del grupo muscular correspondiente.

Geoffroy<sup>28</sup> recomienda aplicar un estiramiento estático en tensión activa seguido de un trabajo dinámico en cadena del grupo muscular (en muchas ocasiones se considera como si fuese un ejercicio de movilidad y en realidad son acciones dinámicas) para, a continuación, realizar ejercicios de fuerza elástica explosiva.

Cometti<sup>23</sup> recomienda evitar el estiramiento durante el calentamiento de disciplinas de velocidad, y sólo está permitido si estas disciplinas precisan altas ADM, con la finalidad de preparar al atleta para llegar a estas amplitudes sin riesgo. Han de ser estiramientos de bajas ADM, con un máximo de 1 o 2 repeticiones (no cita a Esnault, pero coinciden con la propuesta de estiramiento en tensión activa). Desaconseja las técnicas neuromusculares en contracción relajación-estiramiento (CRE).

Cometti<sup>23</sup> y Prévost<sup>29</sup> fomentan el calentamiento "ruso", que consiste en realizar contracciones submáximas de la musculatura implicada en los principales grupos musculares para conseguir la preparación óptima al esfuerzo.

### Conocimientos actuales en relación al estiramiento en el calentamiento

En los últimos años se produce un incremento de revisiones críticas en relación a la eficacia inmediata del estiramiento (efectos agudos). El discurso crítico se estructura respecto a: los fenómenos de reacción y adaptación del músculo al entrenamiento (la disminución de la fuerza, la potencia y la velocidad después de una sesión de estiramientos), los diferentes tipos de efectos inmediatos y a largo plazo del estiramiento, y el papel preventivo del estiramiento.

### Fenómenos de reacción y adaptación del músculo al entrenamiento

Diversos autores consultados coinciden en afirmar que los estiramientos tienen efectos negativos sobre las cualidades físicas. Prévost<sup>29</sup>, mencionando a Wilson et al<sup>30</sup>, afirma que "toda modificación de la rigidez sobre el sistema musculotendinoso tendrá repercusiones sobre la forma física, afectando a la fuerza, la velocidad y la potencia musculares". Prévost<sup>29</sup> argumenta que la variación en la rigidez muscular puede influir en la rapidez en la que se genera y transmite la fuerza hacia las palancas óseas articuladas. El aumento de rigidez del sistema musculotendinoso acelera la velocidad de transmisión y, por tanto, la rapidez del movimiento, mientras que si se produce una variación de extensibilidad

(más extensible) hay un retraso en la transmisión y, por tanto, un enlentecimiento de la acción de transmisión.

Para generar fuerza es importante que el sarcómero tenga una longitud óptima. La fuerza activa (tensión activa) que puede generar un músculo está en función de su longitud inicial. En reposo, el músculo se encuentra en su longitud óptima para generar fuerza, dado que la imbricación entre los puentes de actina y miosina es máxima. El sarcómero acortado o alargado pierde capacidad para generar fuerza. La longitud óptima del sarcómero se relaciona también con la posición o ángulo articular, y la máxima fuerza coincide con el óptimo cabalgamiento entre los filamentos de actina y miosina (ya que son útiles el máximo número de puentes). Si se valora en el codo el músculo bíceps, relacionando longitud óptima del sarcómero y el ángulo articular óptimo, éste se encuentra a unos 90 grados, que es el ángulo donde se desarrolla la fuerza activa máxima<sup>29</sup>.

La tensión pasiva es la fuerza que se opone al alargamiento producido por un estiramiento en el músculo en reposo. Esta fuerza de alargamiento solicita y modifica las propiedades elásticas del músculo, de manera que disminuye después de los estiramientos mantenidos. Con esto se puede afirmar que el estiramiento mantenido implica que haga falta menos fuerza externa para producir el alargamiento del músculo relajado y conseguir un ángulo articular determinado, y la resistencia al estiramiento, por tanto, aparece más tarde.

La curva tensión-longitud diferencia la tensión que se produce en las estructuras contráctiles y no contráctiles para preservar la estructura del sarcómero. La tensión disponible en las fibras contráctiles obtiene su nivel máximo alrededor de la posición de reposo articular. En cambio, la tensión en las fibras de colágeno aparece en posición intermedia y aumenta exponencialmente hasta llegar a la extensión completa.

Por lo tanto, la fuerza que puede generar un músculo estimulado está en función de su longitud inicial. Si ésta es inferior a la longitud de reposo, se solicitan solamente las proteínas contráctiles. Éstas, juntamente con las proteínas elásticas, se movilizan cuando la longitud de alargamiento se aleja de su longitud de reposo, tomando progresivamente el relevo<sup>14</sup>.

El músculo relajado genera una fuerza pasiva en función de su longitud de alargamiento superior a la longitud de reposo. Estirando pasivamente el músculo, las estructuras elásticas (conectina, titina) se ponen en tensión hasta su límite de elasticidad<sup>18,29,31,32</sup>.

El estiramiento mantenido puede alterar la longitud óptima produciendo efectos negativos sobre la fuerza. Se puede afectar la fuerza máxima (1RM)<sup>31,33-37</sup>, la fuerza-resistencia (el test de repeticiones máximas)<sup>33,38</sup> y la fuerza explosiva con el test de salto<sup>39-49</sup>.

### Elevación de la temperatura intramuscular

El aumento de la temperatura depende de la vascularización. Diferentes autores están en contra de la utilidad del estiramiento en el calentamiento y su efecto sobre el aumento de la temperatura intramuscular.

Para Masterovoi (citado por Prévost<sup>29</sup>, Alter<sup>3</sup>, Wiemann y Klee<sup>32,50</sup>) el estiramiento crea isquemia y es mejor obtener el efecto de bomba muscular utilizando las contracciones concéntricas. Según Freiwald et al, citado por Prévost<sup>29</sup>, el esti-

ramiento estático produce un efecto isquémico que no favorece la recuperación. Para Schöber et al<sup>29</sup>, el estiramiento estático mantenido y la CRE no mejoran la vascularización, pero sí lo hacen los estiramientos intermitentes dinámicos. Masterovoi<sup>29</sup> cree que los estiramientos no mejoran el drenaje sanguíneo y propone las contracciones de bombeo.

Cahors<sup>26</sup> y Esnault<sup>13,19</sup> están a favor y defienden el estiramiento en tensión activa bien realizado, breve durante el calentamiento, pero también alertan que si se exceden los 6 segundos puede producirse isquemia vascular arterial y, por tanto, ser perjudiciales.

### Entrenamiento de la flexibilidad: efectos del estiramiento a largo plazo

Los estiramientos regulares pueden tener efectos positivos a largo plazo sobre las capacidades de restitución de energía elástica, y por tanto serían beneficiosos en ejercicios que implicasen potencia muscular<sup>9,29,31,51,52</sup>. El entrenamiento con estiramientos modifica las propiedades viscoelásticas del tendón, de manera que el estiramiento mejora la compliancia sobre el tendón, reduce el *stiffness*<sup>16,17</sup> y es de gran importancia en deportes que utilizan el CEA<sup>53</sup>. Este entrenamiento de la flexibilidad ha de estar bien planteado durante la temporada, será dirigido y progresivo, respetando los períodos de recuperación necesarios para que la estructura musculotendinosa pueda hacer las adaptaciones necesarias.

### Estiramientos y prevención de lesiones

Existen estudios con gran volumen de sujetos, varias revisiones bibliográficas y metaanálisis que no pueden demostrar la efectividad del estiramiento como factor preventivo de lesiones. En la mayoría de los estudios se argumenta que la etiopatogenia de las lesiones es multifactorial, y por tanto es difícil afirmar que el estiramiento puede ser preventivo o que, por contra, está relacionado con o que puede incidir en la aparición de lesiones<sup>15,54-60</sup>.

Los sujetos *stiffnes* son más propensos a padecer mialgias después de cargas que impliquen trabajo excéntrico<sup>15</sup>.

En relación a los efectos agudos del estiramiento, el entrenamiento de flexibilidad incrementa la tolerancia al dolor (*stretch tolerance*). Este efecto analgésico puede potenciar el riesgo de lesión si se aplican determinados estiramientos durante el calentamiento. El estiramiento que probablemente más incide en la *stretch tolerance* es el de contracción-relajación-estiramiento (CRE)<sup>58</sup>.

La coordinación entre musculatura agonista y antagonista puede verse comprometida si durante el calentamiento muscular se utilizan estiramientos de predominio pasivo de larga duración.

El estiramiento largo y prolongado elonga el tendón y provoca un cambio de disposición y reorganización del colágeno<sup>9,23</sup>, y aunque haya una ganancia en alargamiento, el tendón pierde eficacia para almacenar energía elástica (compliancia). Es un fenómeno reversible, con latencia importante, y es por este motivo que hay autores que desaconsejan el estiramiento en el calentamiento.

### Estiramiento y vuelta a la calma

Einsingbach et al<sup>61</sup> y Cos et al<sup>62,63</sup> citan el sistema de Wolkow para explicar los períodos de preparación y recuperación

del deportista después del esfuerzo. Se diferencian cuatro fases de recuperación:

- **Restitución sincrónica o continuada.** Es la recuperación que se realiza previa y durante la realización del esfuerzo, y comprende el calentamiento y la acción. Se utilizan mecanismos relacionados con la capacidad para acumular energía durante el esfuerzo y transformar las reservas energéticas.
- **Restitución primaria o recuperación rápida.** Comprende el período que va desde finalizado el esfuerzo hasta 2 h después de la actividad. Requiere una vuelta a la calma (*cool-down*) correcta. Se debe normalizar la congestión y el hipertono muscular que se generan por la acumulación de sustancias de desecho metabólicas. Es muy importante aplicar un buen "enfriamiento" activo (lavado activo) realizando una actividad rítmica de predominio aeróbico que active el bombeo muscular para mejorar la irrigación (limpieza) del músculo, así como aplicar los estiramientos adecuados para este fin.
- **Restitución secundaria o recuperación profunda.** Se produce pasadas 2 a 3 h una vez finalizada la actividad y puede alargarse hasta 72 h post esfuerzo. Se pretende normalizar el estado muscular y neurovegetativo. Predominan las medidas pasivas.
- **Restitución al sobreentrenamiento y agotamiento crónico.** Situación en la que no se produce una recuperación, hay un desequilibrio en el sistema simpático parasimpático y precisa un abordaje multidisciplinario (tabla 3).

### Estiramiento en el deportista que padece lesión de partes blandas

A continuación se expone la aplicación de estiramientos en el deportista que padece lesión en tejidos blandos, teniendo en cuenta la clasificación de la lesión, su ubicación, la estructura afectada (mecánica o sensitiva) y justificando por qué se aplica una modalidad u otra de estiramiento.

### Clasificación de la lesión muscular

Las lesiones musculares se clasifican según el mecanismo de lesión en *extrínsecas* (causadas por un agente externo, por contusión directa sobre un oponente o un objeto) e *intrínsecas* (causadas por el propio individuo)<sup>63,64</sup>.

Las lesiones intrínsecas pueden ser causadas por sobresolicitación o por traumatismo indirecto. La sobresolicitación muscular puede crear modificaciones metabólicas y cambios a nivel sensitivo (calambres) o mecánico (contractura). En el caso del traumatismo indirecto, las *strain injury* o lesiones por estiramiento y/o acción excéntrica sobre la estructura muscular producen una pérdida de continuidad que puede variar desde la lesión microscópica DOMS (*delayed onset muscular soreness*) grado 0, la elongación o grado I, consideradas como leves, hasta la rotura completa o grado II y III, consideradas como graves<sup>63,64</sup> (fig. 3).

Tabla 3 Resumen de los períodos de preparación y recuperación del deportista después del esfuerzo

Deportista sano Período	Momento	Estado muscular	Objetivos	Tipos de estiramiento	Comentarios
<b>Restitución sincrónica</b>	Durante	Activación calentamiento	Ayuda y soporte (actitud positiva)	Activo en tensión activa Dinámico balístico	
<b>Restitución primaria</b>	De 0 a 2 h post esfuerzo	Fatiga, hipertono congestión. Vuelta a la calma Hipertónico	Colaborar en la normalización del estado basal	Pasivo. Tensión pasiva en declive. CRE con precaución	Predominio de medidas activas (rodar, estirar, aplicación de hielo, hidratación)
<b>Restitución secundaria</b>	>2 h hasta 72 h		Recuperación profunda, ↓ tono, normalización	Pasivo analítico Técnicas neuromusculares (CRE)	Predominio de medidas pasivas: masaje, calor, estiramientos

CRE: contracción-relajación-estiramiento.

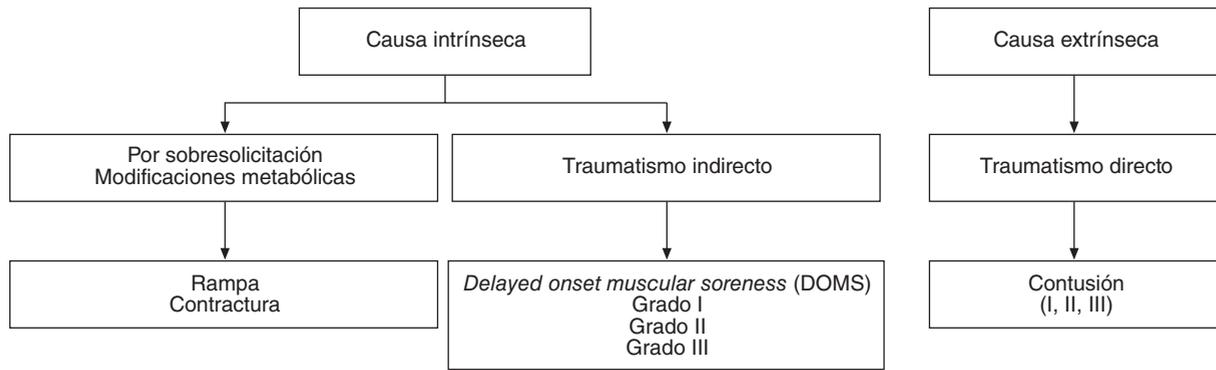


Figura 3 Clasificación de las lesiones musculares.

**Calambre**

Es una contracción brusca, dolorosa y violenta que produce un desplazamiento segmentario incontrolable. Se relaciona con la acumulación en el seno de la fibra muscular de sustancias de desecho derivadas de la contracción y suele ser secundaria a una inadecuada dosificación de las cargas, preferentemente si se utilizan vías anaeróbicas. Se produce una alteración de polarización de la membrana (calcio, potasio, magnesio), desequilibrios hídricos locales (deshidratación) y otros factores como exceso de estrés o sobreentrenamiento<sup>3,65</sup>. En el desencadenante de la rampa se cree que se produce un reflejo espinal anómalo cuando el músculo se fatiga y el OTG deja de modular la inhibición del tono, llegando a un punto crítico de contracción en el que se desencadena el calambre<sup>66</sup>.

El estiramiento actúa parando y normalizando este arco reflejo. Los estiramientos más indicados serán pasivos, estáticos y mantenidos hasta que el calambre se detenga. Después se realizarán movilizaciones suaves del segmento y se intentarán aplicar las medidas activas postesfuerzo (véase restitución sincrónica o continuada).

La duración es variable, y generalmente se trata de un fenómeno transitorio y autolimitado.

**Contractura muscular**

A diferencia de la *strain injury*, la contractura afecta al vientre muscular. El acortamiento de las miofibrillas se prolonga en ausencia de actividad de potencial de acción sarcolémica<sup>67</sup>. El motivo puede ser la liberación continuada de calcio por el retículo sarcoplásmico por un lado, y por otro, un defecto de relajación en el que la carencia de ATP celular no permite la recaptación de calcio durante la relajación muscular. Clínicamente aparece dolor en la masa muscular afectada y cierta impotencia muscular (fig. 4).

La duración oscila entre 2 y 4 días. Si se prolonga, el músculo va modificándose y evoluciona hacia la fibrosis y retracción, con la consecuente pérdida de extensibilidad, por lo que el músculo experimentará cambios metabólicos que fomentan la transformación del tejido contráctil en tejido conjuntivo<sup>68</sup>.

Se aplicará termoterapia (calor o frío según la valoración previa y la zona afectada), masaje y electroterapia. El estiramiento indicado será lento, progresivo y mantenido, preferentemente pasivo analítico y técnicas neuromusculares en CRE.

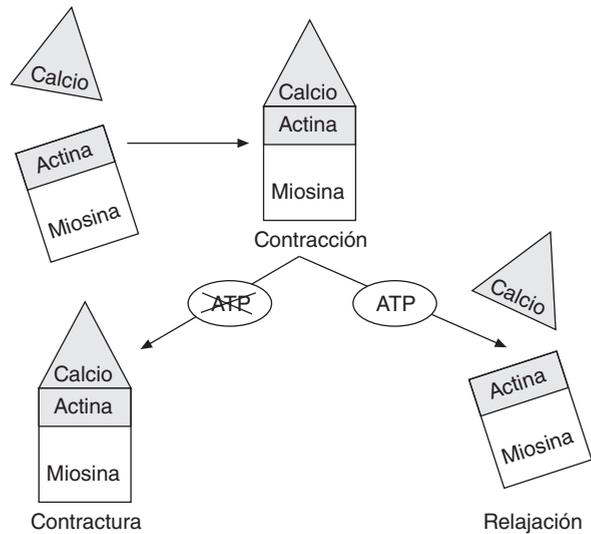


Tabla 4 Lesión aguda por estiramiento

Deportista lesionado Lesión	Definición/clasificación	Mecanismo de producción	Aparición del dolor	Evolución
Grado I (leve)	Solicitación de las fibras al límite de sus posibilidades de elasticidad, pero manteniendo su integridad	No tiene constancia del momento en que se ha producido la lesión	Al finalizar la actividad deportiva, tener constancia de la presencia del músculo	Normalmente puede proseguir con la actividad (el deportista veterano se retira por prudencia)
Grado II (moderado)	Lesión y desestructuración de las fibras Formación de hematoma	Inicio de la sintomatología en un arranque brusco, chutar al aire o cambio de ritmo	Instantáneo, vivo, caída por dolor. Persiste en reposo, se incrementa en cualquier sollicitación activa	Imposible continuar (camina cojo)
Grado III (grave)	La lesión altera de forma evidente la contracción	Movimiento brusco de alta intensidad	Instantáneo, brutal, caída. Permanencia del dolor en reposo	Impotencia funcional grave. No tolera el apoyo

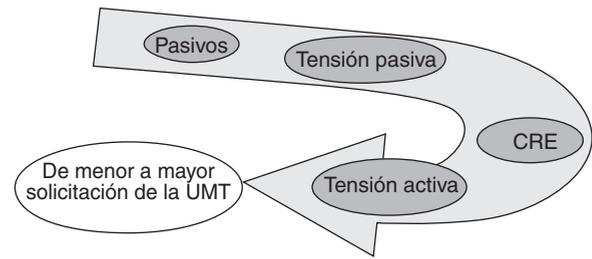


Figura 6 Gradación del estiramiento según sollicitación de la unión musculotendinosa (UMT), de menos a más. CRE: contracción-relajación-estiramiento.

el tejido conjuntivo y muscular y corresponde a la zona donde se produce la lesión<sup>69</sup>. En la figura 5 se muestran de menor a mayor gravedad estos puntos en común.

**DOMS (delayed onset muscular soreness)**

Mialgia de aparición tardía que se produce después de realizar una actividad por encima de lo que estamos acostumbrados, relacionada con acciones de predominio excéntrico. La causa del dolor son microlesiones que se producen en el seno de la célula muscular y en el eje conjuntivo (elementos elásticos del sarcómero y entre miofilamentos)<sup>9</sup>. Este fenómeno se acompaña de una respuesta inflamatoria a las 24-72 h que es la responsable del dolor, y puede prolongarse de 5 a 7 días según la gravedad. Se calcula que la recuperación de la fuerza máxima se produce pasadas 2 a 3 semanas en los casos más importantes<sup>3,7,18,65,70</sup>.

En la fase inflamatoria se aplica crioterapia, masaje suave, electroterapia y trabajo aeróbico prolongado (efecto de drenaje y limpieza), incrementando progresivamente la intensidad según la tolerancia del paciente. En relación a los estiramientos, en el inicio serán infradolorosos, ya que estamos interviniendo sobre un tejido inflamado, y buscaremos el drenaje por medio de estiramientos en tensión pasiva en posición de declive, y normalización de las ADM con estiramientos de baja intensidad y de predominio pasivo para pasar progresivamente a estiramientos activos en tensión activa para normalizar la musculatura.

Es de gran importancia la prevención<sup>54</sup>, planificando adecuadamente los programas de acondicionamiento y aplicando las medidas protectoras oportunas tanto en el calentamiento como en la vuelta a la calma (tabla 4).

**Lesión aguda por estiramiento (strain injury)**

Es la lesión intrínseca, la afectación macroscópica de la UMT resumida en la tabla 4.

Se diferencian tres fases en la regeneración muscular<sup>63,64,69,71-73</sup>: de destrucción o inflamatoria, proliferativa o de regeneración, y de remodelación final.

En la fase aguda o inflamatoria<sup>73</sup> es muy importante una actuación inmediata correcta, con la aplicación del RICE (*rest*: reposo, *ice*: hielo, *compression*: compresión externa y *elevation*: elevación). Es muy importante aplicar hielo con compresión para evitar la formación de un hematoma importante y para intentar reducir al máximo la lesión tisular hipóxica secundaria. El estiramiento estará contraindicado. Puesto que la normalización de la función facilita la forma, se debe intentar normalizar las actividades de la

vida diaria. En el caso de extremidades inferiores, se aconseja valorar la marcha con soporte externo (vendaje) y muletas. El límite lo marca el dolor, y se trabaja en la denominada molestia soportable (escala visual analógica [EVA] entre el 5 y el 10%)<sup>64</sup>.

En la fase proliferativa, o de regeneración, se inician las solicitaciones activas, y la movilización activa precoz favorece el drenaje y la regeneración del tejido por la acción



Figura 7 Ejemplo de estiramiento en tensión pasiva en isquiorural lesionado.

mecánica sobre la orientación y la organización del tejido regenerado<sup>9,28,63,71-74</sup>. El trabajo será progresivo y adaptado, siguiendo el control del dolor-molestia. El estiramiento suele iniciarse entre el tercer y el quinto día, según la gravedad. Se empieza por tensión pasiva y se va progresando en la fase de maduración-remodelación final hacia el estiramiento en tensión activa. Esta fase coincide en la readaptación a la práctica deportiva (figs. 6 y 7 y tabla 5).

### Clasificación de los estiramientos musculares

El estiramiento mantiene o mejora la ADM por una acción de alargamiento y tracción en las estructuras que solicita. Supone una técnica para el cuidado, la prevención y el mantenimiento de las capacidades de cada individuo, o para el mantenimiento y el desarrollo de éstas. No todos los estiramientos se realizan de la misma manera o persiguen el mismo objetivo, y según la aplicación se obtiene uno u otro efecto<sup>11,13,26</sup>. Actualmente no existe una clasificación consensuada internacionalmente, y es por este motivo que existen diferentes clasificaciones que utilizan diferente terminología.

Las tendencias sobre el tipo o modalidad de estiramiento más adecuado han ido cambiando en el tiempo, de manera que aparecen diferentes propuestas. Destacan autores como Bob Anderson<sup>75</sup>, que propone el estiramiento pasivo; Sölveborn<sup>76</sup>, que traslada la técnica neuromuscular propuesta por Kabat<sup>77</sup> al deporte, la contracción-relajación-estiramiento (CRE); Pénninou y Tixa, que perfeccionan y hacen analítico el estiramiento con *les levées des tensions*<sup>78</sup>; Moureau<sup>11,13,79</sup>, con el *stretching* postural, que introduce el concepto de estiramiento *tonic* o tónico y estira-

Tabla 5 Resumen de aplicación de estiramientos en el deportista lesionado

Deportista lesionado Lesión	Estructura afectada	Objetivos	Momento de aplicación	Tipo de estiramiento
Calambre	Componente sensitivo (reflejo espinal anormal cuando el músculo se fatiga)	Normalizar	Momento de la lesión	Pasivo
Contractura	Componente mecánico (componente contráctil, puentes de actina miosina)	↓ Hipertono	Forma parte del tratamiento, según la valoración previa del estado muscular	Pasivo analítico Técnicas neuromusculares CRE
DOMS	Componente mecánico (lesión microscópica, a nivel del sarcómero: desmina, titina)	Ayudar en la resolución del proceso inflamatorio	Según clínica. Pasada la fase inflamatoria (3.º a 5.º día)	Pasivo TP en declive e ir evolucionando hacia la TA cuando se vaya resolviendo el cuadro de dolor
Rotura muscular	Componente mecánico (lesión macroscópica grado I, II, III, que afecta a la UMT)	Progresión activa con solicitación progresiva de la UMT	Pasada la fase inflamatoria (seguir la regla "no dolor, sí molestia controlada")	TP Pasivo TA y estiramiento dinámico en la fase de resolución

CRE: contracción-relajación-estiramiento; DOMS: *delayed onset muscular soreness*; TP: tensión positiva; TA: tensión activa; UMT: unión miotendinosa.

Tabla 6 Resumen de la propuesta de la escuela anglosajona

Propuesta de la escuela anglosajona		
Clasificación general	Dinámicos	Estáticos
Clasificación según el responsable de la acción sobre la ADM	Pasivo	Acción de un agente externo sin la participación del individuo
	Pasivo-activo	1. Estiramiento pasivo 2. Mantenimiento activo de la posición por contracción isométrica del antagonista
	Activo-asistido	1. Contracción activa del antagonista 2. Cuando se llega al límite, se aplica una fuerza externa que incrementa la ADM
	Estiramiento activo	Estiramiento realizado por la contracción del individuo sin ninguna ayuda externa

ADM: amplitud de movimientos.

miento *lourde* o blando, y Esnault<sup>11</sup>, que introduce el concepto de tensión activa.

### Propuesta de clasificación de los estiramientos según diferentes autores

#### Propuesta de la escuela anglosajona (tabla 6)<sup>65</sup>

- Clasificación general: dinámicos y estáticos.
- Propuesta según el responsable de la acción sobre la ADM: pasivo (por la acción de un agente externo sin la participación del individuo), pasivo-activo (estiramiento pasivo seguido del mantenimiento activo de la posición por contracción isométrica del antagonista), estiramiento activo-asistido (contracción inicial activa del antagonista; cuando se llega al límite, se aplica una fuerza externa que incrementa la ADM, relación agonista-antagonista que mejora la realización del movimiento coordinado) y estiramiento activo (estiramiento realizado por la contracción del individuo sin ninguna ayuda externa).

#### Propuesta de la escuela francesa

- Neiger<sup>12</sup> clasifica los estiramientos según modalidad y carácter (tabla 7).
- Esnault<sup>11,13,19</sup> (fig 8):
  - Estiramiento dinámico (con rebote tipo balístico o dinámico lento propuesto por Kurtz).
  - *Stretching* estático: se trata de conseguir el punto de estiramiento máximo y mantenerlo.
  - *Stretching* pasivo (sin contracción, máxima relajación del músculo solicitado).
  - *Stretching* isométrico, estiramiento estático (PNF).
  - *Stretching* activo (adoptar una posición de estiramiento y mantenerlo generalmente por la acción del antagonista).
  - *Stretching* en tensión activa (el músculo o grupo muscular a estirar se coloca previamente en contracción).

Tabla 7 Clasificación de los estiramientos musculares (Neiger)

Propuesta de la escuela francesa (Neiger)	
Modalidades	Pasiva (fuerza externa) Activa (contracción interna antagonista) Tensión activa (contracción interna agonista)
Caracteres	Analítico Global

- *Stretching* en tensión pasiva (el músculo no tiene tensión previa ni tiempo de resorte, se coloca en tensión por la acción de la musculatura antagonista).
- *Stretching* activo individual (*active isolated stretching*), estiramiento analítico.
- *Stretching* postural (Moureau<sup>79</sup>).
- Cahors<sup>26</sup>: Diferencia el estiramiento dinámico y el estático.
- En relación al estiramiento estático:
  - Pasivo (tipo Bob Anderson<sup>75</sup>).
  - Neuromuscular (CRE, Sölveborn<sup>76</sup>).
  - Estiramiento activo (Moureau<sup>79</sup>), por las co-contracciones de la musculatura profunda y antagonista).
  - Estiramiento activo en rotación (músculo en contracción y componente de rotación, tipo Esnault<sup>11</sup>).

#### Modalidades de estiramiento

##### Estiramientos dinámicos

Son estiramientos que se realizan con movimientos lanzados y de rebote. La intensidad depende de la amplitud y de la velocidad en las que se desarrollan. Su objetivo es la activación del reflejo de estiramiento (miotático) y la contracción muscular que responde a este estiramiento sin llegar a posi-

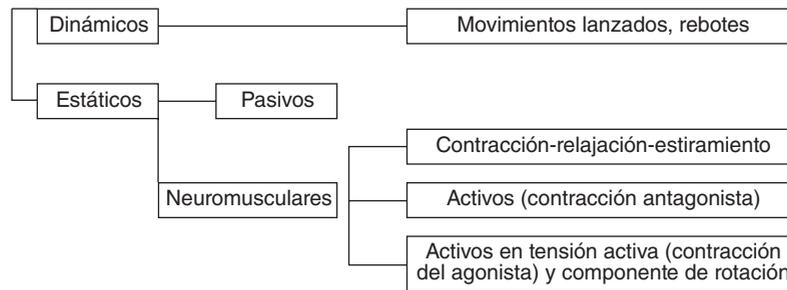


Figura 8 Clasificación de los estiramientos musculares según la escuela francesa (Esnault, Cahors).



Figura 9 Estiramiento pasivo. Ejemplo de aplicación en el cuádriceps: el deportista se coloca en decúbito prono y la mano homolateral sujeta el tobillo. La tensión se consigue incrementando la flexión de la rodilla (dirigiendo el talón hacia el glúteo), se mantiene 30 segundos y se repite 2 veces.



Figura 10 Estiramiento en CRE, cuádriceps. En la contracción isométrica se realiza una fuerza hacia la extensión de la rodilla (4 segundos). Seguidamente el músculo se relaja (4 segundos). En el período siguiente se aprovecha el estado de inhibición postisométrica para estirar pasivamente incrementando la flexión de la rodilla, es decir, dirigiendo el talón hacia el glúteo (15 segundos).

ciones extremas de recorrido articular. Es un estiramiento de calentamiento o preparación de las estructuras, ya que produce un efecto de fricción y disminuye la capacidad de elongación o reserva de extensibilidad en el músculo. Con este estiramiento existe una controversia importante en clínica, donde la mayoría de autores consultados lo desaconsejan<sup>3,11,13,27,61,76,80</sup>, argumentando que estos estiramientos producen microtraumatismos e incrementan negativamente la rigidez del músculo. Proponen como alternativa para conseguir el mismo objetivo la ejecución lenta, que equivaldría a acciones de flexibilidad estáticas activas.

En la práctica, los movimientos de rebote y balanceo se utilizan en el calentamiento deportivo con la finalidad de preparar las estructuras para que desarrollen la inminente contracción rápida y eficazmente, y constituyen una transición para el trabajo de fuerza explosiva. No persiguen un incremento de ADM. Se realizarán acciones similares al gesto deportivo en sujetos entrenados. Se aplicarán en tejidos que puedan resistir las tensiones y absorber las tracciones que se soliciten con este estiramiento<sup>3,63</sup>, y por este motivo no están indicados en las fases iniciales de recuperación de las lesiones de partes blandas.

#### Estiramientos estáticos pasivos

Puesta en tensión progresiva y lenta de un grupo muscular por la ayuda de una fuerza externa que puede ser el propio peso, la gravedad, la ayuda de un compañero o un fisioterapeuta<sup>3</sup>.

El estiramiento se mantiene durante un período de entre 10 y 30 segundos, según los autores:

- Anderson<sup>75</sup>: de 30 segundos a 1 minuto.
- Geoffroy<sup>28</sup>: de 8 a 30 segundos.
- Esnault<sup>11,13</sup>: 12 segundos.

Se realizan en una posición confortable.

Constituyen una modalidad de estiramiento indicada para la mejora o la ganancia de movilidad articular (entrenamiento de la flexibilidad). También se utilizan después de la actividad física con el objetivo de disminuir la rigidez postesfuerzo y ayudar a normalizar el hipertono y la congestión muscular. Combinados con otras técnicas (terapia manual y masoterapia), ayudan a normalizar las amplitudes en los casos de rigidez articular y pérdida de extensibilidad periarticular (fig. 9).

#### Técnicas neuromusculares en contracción-relajación-estiramiento (CRE)

En estado de preelongación se realiza una sollicitación isométrica del músculo que queremos estirar, y en el período siguiente una vez acabada la contracción se aprovecha el estado de inhibición postisométrica en el que se encuentra el músculo para estirarlo.

El tiempo de mantenimiento varía según los autores:

- Geoffroy<sup>28</sup>: contracción (C) 10-15 segundos / relajación (R) / estiramiento (E) 20 segundos.
- Sölveborn<sup>76</sup>: C 10-30 segundos / R / E 10-30 segundos.
- Janda<sup>8</sup>: C máxima 5-10 segundos / E 10 segundos.
- Esnault<sup>11,13</sup>: C 4 segundos / R 4 segundos / E 15 segundos.



Figura 11 Estiramiento en tensión pasiva, Isquiotibiales: decúbito supino. A: La pierna se fija en flexión de cadera con las manos por detrás del muslo. B: La acción del cuádriceps, incrementando activamente la extensión de la rodilla, pone en tensión los isquiotibiales. El estiramiento se mantiene durante un período de 6 segundos y se repite dos veces por grupo muscular.

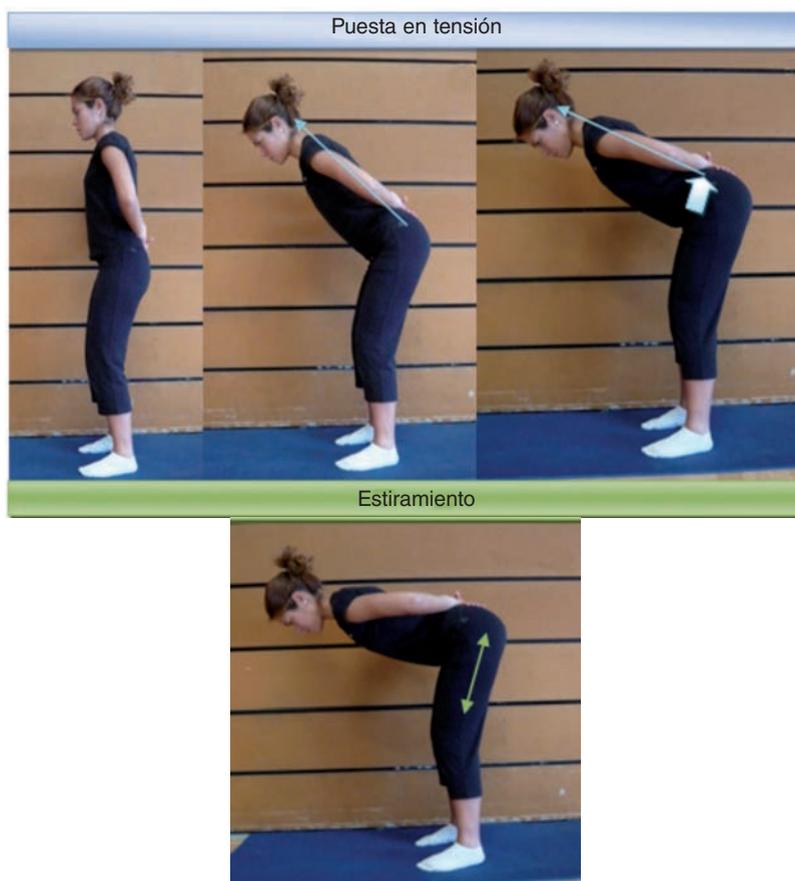


Figura 12 Estiramiento en tensión activa. Isquiotibiales. A: Bipedestación, los pies separados a la medida de la cadera, rodillas en ligera semiflexión, columna vertebral alineada en conjunto con ligera activación del transverso, para mantener la curvatura lumbar en correcta posición. B: Flexión anterior de la parte superior del cuerpo por la cadera. C: Dirigir el isquión hacia craneal. E: Puesta en tensión; el estiramiento se mantiene durante 4 segundos y se repite dos veces por grupo muscular.

Esta modalidad de estiramiento está indicada en todas las situaciones (deporte o clínica) en las que se quiera normalizar el aumento del tono muscular. Después del ejercicio físico (vuelta a la calma), para incrementar la ADM (entrenamiento de flexibilidad) y para el tratamiento de patología

muscular (contracturas o espasmos musculares)<sup>81</sup> (fig. 10).

#### Estiramientos estáticos activos en tensión pasiva

Puesta en tensión por medio de la contracción del músculo antagonista<sup>11,13,26</sup>.

Tabla 8 Esquema resumen sobre las modalidades de estiramiento

Tipo	Descripción	Finalidad	Actúa: componente mecánico	Actúa: componente sensitivo	Tiempo	Indicaciones
Dinámico	Estiramientos realizados con movimientos lanzados o de rebote	Calentamiento deportivo, activación	Las estructuras elásticas (en tejidos entrenados)	HNM, activan el reflejo miotático	Corto y breve	Calentamiento deportivo
Estático pasivo	Puesta en tensión progresiva y lenta de un grupo muscular con ayuda de una fuerza externa	Entrenamiento de flexibilidad Incrementar ADM Recuperar ADM post ejercicio Normalizar las amplitudes en los casos de rigidez articular y pérdida de extensibilidad periarticular	El sarcómero. El tejido conjuntivo	OTG, inhibición autógena para disminuir el tono	8-30 s	Entrenamiento de la flexibilidad Vuelta a la calma  Rigidez pasiva o pérdida de extensibilidad del tejido
CRE	En estado de pre-elongación, isométrico del agonista, pausa y estiramiento pasivo	Entrenamiento de la flexibilidad. Vuelta a la calma. Normalización de las ADM	Disminución de la rigidez y de la viscoelasticidad muscular	Inhibición (OTG y HNM) post isométrica	Según autores	Normalizar el tono muscular aumentado
Estático tensión pasiva	Puesta en tensión por la contracción del músculo antagonista	Calentamiento deportivo para activar las sinergias agonista antagonista Vuelta a la calma en posición de declive Incrementar la ADM en un músculo con espasmo Lesión muscular por rotura (fase subaguda)	El sarcómero. El tejido conjuntivo	HNM (reflejo de inhibición recíproca y sinergias)	6-10 s	Calentamiento (cortos y breves). Vuelta a la calma (posición de declive, más largos y progresivos)
Estático tensión activa	En estado de pre-elongación, el músculo se contrae y se estira simultáneamente (activación excéntrica)	Aumento de la rigidez activa. Readaptación de las lesiones musculares por rotura (respuesta correcta frente a acciones explosivas)	Uniones musculotendinosas y osteotendinosas	HNM activan el reflejo miotático	4-6 s	Calentamiento

HNM: husos neuromusculares; ADM: amplitud de movimiento; OTG: órgano tendinoso de Golgi.

El estiramiento se mantiene durante un período entre 6 a 10 segundos.

Se pueden aplicar según el tiempo de mantenimiento de la posición en estiramiento:

- En el calentamiento, para activar las sinergias agonista-antagonista, evitando la fatiga (serán activos y breves).
- En la vuelta a la calma en posición de declive, para ayudar a normalizar el hipertono y favorecer el retorno venoso.
- En las ganancias de ADM serán activos y más largos, dado que la aparición del reflejo de inhibición recíproca favorece el incremento de amplitud en un músculo con espasmo.

Es el primer estiramiento que se introduce en fisioterapia una vez superada la fase aguda de la lesión muscular por rotura<sup>66</sup> (fig. 11).

### Estiramientos estáticos activos en tensión activa

El músculo previamente alargado se contrae y se estira de manera simultánea (puesta en tensión por una previa activación excéntrica). La posición de ejecución es próxima al esfuerzo, generalmente en bipedestación. Actúa selectivamente en las uniones del tendón con la fibra muscular y con el hueso (uniones miotendinosa y tendinoperiós-tica)<sup>11,13,19,26</sup>.

Estos estiramientos producen un aumento de la rigidez activa, y se trata de una modulación del tono muscular preparatoria para la acción que permite estimular la capacidad reactiva del músculo: los estiramientos se enlazan con un trabajo dinámico del grupo muscular correspondiente. Como ejemplo, si estiramos en tensión activa los isquiotibiales seguidamente realizaremos un trabajo dinámico en flexión de rodillas-talones-glúteos alternativo y después ro-daje con sprints<sup>13</sup>.

El estiramiento se mantiene de 4 a 6 segundos, genera una alta tensión intramuscular, y por este motivo, si se excede el tiempo indicado, se pueden irritar las estructuras vasculares y nerviosas, con lo que aparecen calambres por isquemia o parestesias por irritación neurológica.

Están indicados principalmente en la preparación a la acción (calentamiento en la actividad física o deportiva) y se les atribuye una función preventiva de lesiones musculoten-dinosas<sup>5</sup> (fig. 12 y tabla 8).

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Bibliografía

1. Diccionari de la llengua catalana. Institut d'Estudis Catalans. Disponible a <http://dlc.iec.cat/>
2. Bagur Calafat C, Serra Grima JR. Prescripción de ejercicio físico para la salud. Barcelona: Paidotribo; 2004.
3. Alter MJ. Los estiramientos, desarrollo de ejercicios. 4.ª ed. Barcelona: Paidotribo
4. Serra Grima JR. Cardiología en el deporte. Revisión de casos clínicos. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 1998.
5. Neiger H. Los estiramientos: desarrollo de ejercicios. 4.ª ed. Barcelona: Masson; 2000.
6. Martin Dantas EH, Rodrigues Scartoni F, Soter Da Siveira PC. La flexibilidad en el entrenamiento del atleta de alto rendimiento. Archivos de medicina del deporte 1998;16:162-70.
7. Burke RB, Humphrey DR, Freund HJ. Selective recruitment of motors units. New York: John Wiley & Sons Ltd.; 1991.
8. Garcia Tirado J, Pacheco Arjol L. Aplicación de los estiramientos en la lesión traumática. Fisioterapia del Aparato Locomotor. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 2005. p. 206-20.
9. Lieber RL. Estructura del músculo esquelético, función y plasticidad. 2.ª ed. Madrid: McGraw Hill Interamericana; 2004.
10. McAtte RE, Charland J. Estiramientos facilitados. Los estiramientos de FNP con y sin asistencia. Barcelona: Paidotribo; 2000.
11. Esnault M. Estiramientos analíticos en fisioterapia activa. Barcelona: Masson; 1994.
12. Neiger H. Estiramientos analíticos manuales. Técnicas pasivas. Madrid: Panamericana; 1998.
13. Esnault M, Viel E. Stretching. Estiramientos de las cadenas musculares. 2.ª ed. Barcelona: Masson; 2003.
14. Shrier I. Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. Clin J Sport Med. 2004; 14:267-73.
15. Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L, McNair P. Stretching and injury prevention: an obscure relationship. Sports Med. 2004; 34:443-9.
16. Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. J Appl Physiol. 2001;90:520-7.
17. Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. J Appl Physiol. 2001;90:520-7.
18. De Deyne P. Application of passive stretch and its implications for muscles fibers. Phys Ther. 2001;81:819-27.
19. Esnault M. Rééducation dans l'eau. Étirements et renforcement musculaire du tronc et des membres. Paris: Masson; 1991.
20. Noonan TJ, Garret W. Clínicas en medicina deportiva. Lesiones en la unión miotendinosa. Madrid: Paidotribo; 1992.
21. Tous Fajardo J. Nuevas tendencias en fuerza y musculación. Barcelona: Julio Tous Fajardo; 1999.
22. Huijing PA. Muscle as a collagen fiber reinforced composite: a review of force transmission in muscle and whole limb. J Biomech. 1999;32:329-45.
23. Cometti G. Les limites du stretching pour la performance sportive. Dijon: Faculté des Sciences du Sport - UFR STAPS; 2007.
24. Proske U, Morgan DL. Do cross-bridges contribute to the tension during stretch of passive muscle? J Muscle Res Cell Motil. 1999;20:433-42.
25. Taylor KL, Sheppard JM, Lee H, Plummer N. Negative effect of static stretching restored when combined a sport specific warm-up component. J Sci Med Sport. 2009;12:657-61.
26. Cahors B. Stretching, dossier spécial. Sport Med. 1991;34:27-31.
27. Norris CM. Guía completa de los estiramientos. Barcelona: Paidotribo; 2001.
28. Geoffroy C. Guide des étirements du sportif. Paris: Geoffroy edition; 2000.
29. Prévost P. Étirements et performance sportive. Kinesitherapy Scientifique. 2004;446:5-13.
30. Wilson GJ, Wood GA, Elliott BC. The relationship between stiffness of the musculature and static flexibility: an alternative explanation for the occurrence of muscular injury. Int J Sports Med. 1991;12:403-7.
31. Kokkonen J, Nelson AG, Buckingham P. Stretching combined with weight training improves strength more than weight training alone. Med Sci Sports Exerc. 2000;32(5) Supl.

32. Wiemann K, Klee A. Filamentare quellen der Muskel-Ruhspeicherung und die behandlung muskulare dysbalanced. Deutsche Zeitschrift fur sportmedizin. 1998;44:111-8.
33. Kokkonen J, Nelson AG, Cornwell A. Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Res Q Exerc Sport*. 1998;69:411-5.
34. Kokkonen J, Nelson AG, Arnall DA. Acute stretching inhibits strength endurance performance. *J Strength Cond*. 2005;19:338-43.
35. Nelson AG, Kokkonen J, Eldredge C, Cornwell A, Glickman-Weiss E. Chronic stretching and running economy. *Scand J Med Sci Sports*. 2001;11:260-5.
36. Fowles JR, Sale DG, MacDougall J. Reduced strength after passive stretch of the human plantar flexors. *J Appl Physiol*. 2000;89:1179-88.
37. Bacurau RF, Monteiro GA, Ugrinowitsch C, Tricoli V, Cabral LF, Aoki MS. Acute effects of ballistic and static stretching bout on flexibility and maximal strength. *J Strength Cond Res*. 2009;23:304-8.
38. Franco BL, Signorelli GR, Trajano GS, De Oliveira CG. Acute effects of different stretching exercises on muscular endurance. *J Strength Cond Res*. 2008;22:1832-7.
39. Behm DG, Kibele A. Effects of differing intensities of static stretching on jump performance. *Eur J Appl Physiol*. 2007;101:587-94.
40. Church JB, Wiggins MS, Moode FM, Crist R. Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *J Strength Cond Res*. 2001;15:332-6.
41. Holt BW, Lambourne K. The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *J Strength Cond Res*. 2008;22:226-9.
42. Hought PA, Ross EZ, Howatson G. Effects of dynamic stretching on vertical jump performance and EMG activity. *J Strength Cond Res*. 2009;23:507-12.
43. Jaggars JR, Swank AM, Frost KL, Lee CD. The acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, force and power. *J Strength Cond Res*. 2008;22:1844-9.
44. Lin JD, Liu Y, Lin JC, Tsai FJ, Chao CY. The effects of different stretch amplitudes on electromyographic activity during drop jumps. *J Strength Cond Res*. 2008;22:32-9.
45. Mc Neal J, Sands WA. Static stretching reduces power production in gymnasts. *Technique*. 2001;21:5-6.
46. Pearce AJ, Kidgell DJ, Zois J, Carlson JS. Effects of secondary warm up following stretching. *Eur J Appl Physiol*. 2009;105:175-83.
47. Rey S, Vaillant J, Hugonard A. Echauffement musculaire: comparaison des effets sur la force musculaire des étirements passifs et des étirements actifs raisonnés myotendineux (1ère partie). *Kinesitherapy Scientifique*. 2002;425:41-51.
48. Rey S, Vaillant J, Hugonard A. Echauffement musculaire: comparaison des effets sur la force musculaire des étirements passifs et des étirements actifs raisonnés myotendineux (2ème partie). *Kinesitherapy Scientifique*. 2002;426:43-8.
49. Samuel MN, Holcomb WR, Guadagnoli MA, Rubley MD, Wallmann H. Acute effects of static and ballistic stretching on measures of strength and power. *J Strength Cond Res*. 2008;22:1422-8.
50. Wallmann HW, Mercer JA, McWhorter JW. Surface electromyographic assessment of the effect of static stretching of the gastrocnemius on vertical jump performance. *J Strength Cond Res*. 2005;19:684-8.
51. Gleim GW, Stachenfeld NS, Nicholas JA. The influence of flexibility on the economy of walking and jogging. *J Orthop Res*. 1990;8:814-23.
52. Worrell T, Perrin H. Hamstring muscle injury: the influence of strength, flexibility, warm-up and fatigue. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1992;16:12-8.
53. Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Effects of resistance and stretching training programs on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *Journal of Physiology*. 2002;538:219-26.
54. Herbert RD, Gabriel M. Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *BMJ*. 2002;325:1-5.
55. Van Mechelen W, Twisk J, Molendijk A, Blom B, Snel J, Kemper HC. Subject-related risk factors for sports injuries: a 1-yr prospective study in young adults. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28:1171-9.
56. Van Mechelen W. Running injuries. A review of the epidemiological literature. *Sports Med*. 1992;14:320-35.
57. Herbert RD, de Noronha M. Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007;17:(4)(CD004577).
58. Shrier I. Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: a critical review of the clinical and basic science literature. *Clin J Sport Med*. 1999;9:221-7.
59. Casáis Martínez L. Revisió de les estratègies per a la prevenció de lesions des de l'activitat física. *Apunts Med Esport*. 2008;57:30-40.
60. Arnason A. Quina és l'evidència científica als programes de prevenció de lesió muscular. *Apunts Med Esport*. 2009;64:174-8.
61. Einsingbach T, Klümper A, Biedermann L. Fisioterapia y rehabilitación en el deporte. Barcelona: Scriba; 1989.
62. Cos Morera M, Cos Boada A. Medidas fisioterápicas de recuperación del deportista tras el esfuerzo físico. *Revista de entrenamiento deportivo 1992;vol VI (n.º 3):2-10*.
63. Balias Matas R. Patología muscular en el deporte: Diagnóstico, tratamiento y recuperación funcional. Barcelona: Masson; 2004.
64. Rodas G, et al. Guia de Práctica Clínica de les lesions musculars. Epidemiologia, diagnòstic, tractament i prevenció Versió 4.5 (9 de febrer de 2009). *Apunts Med Esport*. 2009;44:179-203.
65. Albert M. El entrenamiento muscular excéntrico en deporte y ortopedia. Barcelona: Paidotribo; 1999.
66. Schweltnus M. Skeletal Muscle Cramps During Exercise. *Physician and Sportsmedicine*. 1999;27:12.
67. Conejero J, Flórez M, Peña A. Contractura muscular y dolor. *Inflamación*. 1991;2:3-21.
68. Kisner C, Colby L. Ejercicio terapéutico. Fundamentos y técnicas. Barcelona: Paidotribo; 2005.
69. Garret W. Muscle strain injuries. *Am J Sports Med*. 1996;24 Suppl 6:S2-8.
70. Alonso M, Uribe I. DOMS: Dolor Muscular d'Aparició Retardada. *Apunts Med Esport*. 2001;136:5-13.
71. Järvinen M. Las lesiones musculares. En: Renström P, editor. *Prácticas clínicas sobre asistencia y prevención de lesiones deportivas*. Barcelona: Paidotribo; 1999. p. 132-43.
72. Kannus P, Józsa L, Natri A, Järvinen M. Effects of training, immobilization and remobilization on tendons. *Scand J Med Sci Sports*. 1997;7:62-6.
73. Knight K. Crioterapia. Rehabilitación de las lesiones en la práctica deportiva. Barcelona: Bellaterra; 1996.
74. Trudelle P. Plasticite musculaire et kinésithérapie. *KS*. 2001;416:7-8.
75. Anderson B. Estirándose. Barcelona: Integral; 1989.
76. Sölveborn S. Stretching. Barcelona: Martínez Roca; 1982.
77. Viel E. El método Kabbat. Madrid: Masson; 1989.
78. Péninou G, Tixa S. Les tensions musculaires. Du diagnostic au traitement. París: Masson; 2008.
79. Moureau JP. Le stretching ou la gymnastique de l'instinct. París: Sand & Chou; 1991.
80. Souchard P. Stretching global activo: de la perfección muscular a los resultados deportivos. Barcelona: Paidotribo; 2000.
81. Sharman J, Cresswell A, Riek S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Sport Med*. 2006;36:929-39.