



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias de la Salud

Trabajo Fin de Grado

Fisiología del calentamiento previo al ejercicio físico y su importancia en la prevención de lesiones musculares. Revisión narrativa

Alumno: El Bakkali El Gazuani, Mohamed

Tutora: Prof. Wangenstein Fuentes, Rosemary

Dpto: Ciencias de la Salud (Área de Fisiología)

Junio, 2015

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
1. Tejido muscular esquelético.....	5
1.1 Estructura del músculo esquelético.....	5
1.2 Propiedades del músculo esquelético.....	8
1.3 Fisiología de la contracción muscular.....	8
1.4 Regeneración del músculo esquelético.....	9
2. El calentamiento.....	10
2.1 Definición del calentamiento.....	10
2.2 Tipos del calentamiento.....	10
2.3 Intensidad del calentamiento.....	11
2.4 Efectos fisiológicos del calentamiento.....	11
3. Prevención de la lesión muscular	12
3.1 Definición de la prevención.....	12
3.2 Concepto de la lesión muscular.....	12
3.3 Epidemiología de las lesiones musculares.....	14
3.4 Estado actual de la prevención de lesiones musculares.....	14
3.5 La Fisioterapia en la prevención de lesiones musculares.....	14
METODOLOGÍA.....	17
1. Justificación y objetivo del estudio.....	17
2. Estrategia de búsqueda bibliográfica.....	17
3. Criterios de selección de los estudios.....	18
4. Evaluación cualitativa de la metodología.....	18
RESULTADOS.....	19
1. Selección y calidad de los estudios.....	19
2. Efectos del calentamiento.....	19
DISCUSIÓN.....	27
CONCLUSIONES.....	29
ANEXOS.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	47

RESUMEN

Antecedentes: En los programas de prevención de lesiones deportivas se recomienda el calentamiento previo al ejercicio físico, pero esto está basado en pruebas clínicas limitadas, Se presume que el calentamiento reducirá el número de lesiones sufridas durante la actividad física.

Objetivo: Revisar los efectos del calentamiento previo al ejercicio físico como herramienta para la prevención de lesiones musculares.

Métodos: se realizó una búsqueda en las bases de datos: Medline Plus, pubmed, Cochrane y PEDro, entre los meses de enero y Mayo de 2015. Tras la aplicación de criterios de inclusión y de exclusión, los estudios incluidos se evalúan de manera cualitativa mediante una lista de verificación específica y validada (lista de downs y black).

Resultados: se obtuvo 10 artículos que conforman esta revisión bibliográfica: 5 ensayos controlados aleatorios, 2 estudios de cohorte, un estudio cruzado aleatorio y un estudio prospectivo. 4 de los estudios son de buena calidad y 1 de calidad baja. De los 10 artículos incluidos, 4 artículos investigaron los efectos de los programas de calentamiento en la prevención de lesiones en el fútbol, 2 examinaron los efectos del calentamiento en la prevención de agujetas, 2 investigaron los efectos del calentamiento en la prevención de lesiones mejorando el balance de control de equilibrio y aumentado la flexibilidad muscular, y por último un artículo investigo el efecto del calentamiento antes del ejercicio excéntrico sobre los marcadores indirectos del daño muscular.

Conclusión: No hay suficientes pruebas para apoyar o suspender la rutina del calentamiento previo a la actividad física para evitar lesiones musculares en los deportistas, Sin embargo, la evidencia está a favor de un menor riesgo de sufrir una lesión, Se necesitan más ensayos controlados aleatorios bien realizados para determinar el papel del calentamiento antes del ejercicio en la prevención de lesiones musculares.

Palabras clave: Calentamiento, Ejercicio físico, lesión, músculo, prevención

ABSTRACT

Background: The practice of warming up prior to exercise is advocated in injury prevention programs, but this is based on limited clinical evidence. It is hypothesised that warming up will reduce the number of injuries sustained during physical activity.

Aim: To review the effects of Warm-Up prior to exercise as an intervention to prevent muscular injuries.

Methods: A research was undertaken in the database: Medline Plus, pubmed, Cochrane and PEDro, between January and May 2015. After employing the criteria of inclusion and exclusion, the included studies was assessed in a qualitative way through a specific and validated checklist (checklist downs and black).

Results: It was obtained 10 articles that make up this literature review: five randomised controlled trials, 2 cohort studies, a randomized cross-over study, and a prospective study. 4 Of the studies are of high quality, and 1 of low quality. in the 10 included articles, 4 articles investigated the effects of the warm-up programme to prevent injuries in football, 2 examined The effect of warm-up on delayed onset muscle soreness, 2 investigated the effects of warm-up to prevent injury improving static and dynamic balance control and and increasing muscular flexibility, and finally an article investigated the effect of warm-up before eccentric exercise on indirect markers of muscle damage.

Conclusions: There is insufficient evidence to endorse or discontinue routine warm-up prior to physical activity to prevent muscular injury among sports participants. However, the weight of evidence is in favour of a decreased risk of injury. Further well-conducted randomised controlled trials are needed to determine the role of warming up prior to exercise in relation to muscular injury prevention.

Keywords: Warming up, Physical activity, Injury, Prevention, Muscle

INTRODUCCIÓN

1. Tejido muscular esquelético

1.1 Estructura del musculo esquelético

El músculo esquelético se inserta en los huesos mediante tejidos conjuntivos densos para permitir el movimiento de las diversas partes del cuerpo. Está innervado por axones de las neuronas motoras del sistema cerebroespinal. Sus células, también llamadas fibras, son multinucleadas, muy largas y paralelas unas a otras.¹

Cada músculo esquelético está rodeado y protegido por una vaina de tejido conjuntivo denso llamada Epimisio. De esta vaina parten tabiques que se ramifican profusamente en el interior del músculo, dividiéndolo en fascículos de fibras y grupos de fascículos. Todas estas ramificaciones constituyen el perimisio, de modo que grupos pequeños de fibras musculares, envueltas cada una de ellas por su perimisio, forman a su vez grupos mayores envueltos también por perimisio. Por tanto, así como el Epimisio es una envoltura única, el perimisio forma varias envolturas que encierran a grupos de otras (FIGURA 1). Cada fibra muscular, a su vez, está recubierta de una delgada red de fibras reticulares que se continúa con algo de tejido conjuntivo laxo que contiene vasos sanguíneos y nervios. Este tejido conjuntivo situado entre las células se denomina Endomisio. Estas envolturas de tejido conjuntivo proporcionan una adecuada cohesión a las fibras y grupos de fibras, integrando sus movimientos. Por otra parte, permiten un cierto grado de independencia en la contracción de unos grupos de fibras respecto a otros. Además, constituyen el soporte de los vasos sanguíneos y nervios necesarios para el mantenimiento del músculo y su actividad. Los vasos sanguíneos son muy abundantes. Penetran por el Epimisio, se ramifican siguiendo los tabiques del perimisio y alcanzan el Endomisio. Sobre cada célula y a lo largo de ella hay venas y arterias, de las que parten numerosos vasos sanguíneos de menor calibre que irrigan la célula y tienen un recorrido sinuoso para adaptarse a los cambios de longitud de las células (Figura1).^{1,2}

Las fibras o células de los músculos esqueléticos tienen forma cilíndrica y muy alargada. El citoplasma (también denominado sarcoplasma) representa la unidad

funcional del músculo y contiene filamentos de actina y miosina (filamento fino y grueso respectivamente), esto es, una disposición de proteínas que interaccionan entre ellas de manera que los filamentos de actina deslizan sobre los de miosina, deformando la estructura sarcomeral longitudinalmente, para producir la contracción muscular.^{3,4,5} Además, con el fin de mantener su integridad contiene ciertas proteínas como la titina (filamentos elásticos de soporte para la miosina extendiéndose desde la línea Z hasta la línea M), la desmina (se relaciona con los costámeros y los filamentos intermedios) y la nebulina (filamentos inelásticos relacionados con la actina que se insertan en la línea Z).⁴ Las miofibrillas muestran una disposición en serie de sarcómeros. La miosina se localiza en el centro del sarcómero distinguiendo la banda A (anisotrópica), la cual representa la longitud total de los filamentos gruesos. Los filamentos de miosina y actina se solapan en los extremos de la banda A.^{4, 6} A su vez, la zona H es la zona central de una banda A (ocupada por filamentos gruesos) y la línea M corresponde a la región de inserción de los filamentos de miosina y divide la banda A en dos partes iguales.

Los filamentos de actina están unidos en cada extremo del sarcómero por la línea Z, estructura proteica que une estos filamentos con los sarcómeros adyacentes de manera que delimita los márgenes de cada sarcómero. La banda I (isotrópica) corresponde a la zona ocupada por los filamentos delgados y en consecuencia, la línea Z se sitúa en la mitad de una banda I. Por lo tanto, la estructura sarcomeral es la región comprendida entre dos líneas Z (Figura2).^{4, 5, 6, 7}

Retículo sarcoplásmico y sistema T:

En el músculo esquelético, cada miofibrilla está rodeada de un elaborado sistema de membranas lisas que corresponden al retículo sarcoplásmico. Estas membranas están alineadas en forma precisa con respecto al patrón de bandeo de las miofibrillas. En la zona de unión de la banda A con la banda I el retículo sarcoplásmico se expande para formar las cisternas terminales. Las 2 cisternas terminales paralelas se asocian estrechamente a un tubo transversal (T), formando un complejo denominado tríada (Figura 3).^{4,6}

El sistema de tubos T, está formado por numerosos túbulos continuos con la membrana plasmática (sarcolema) de la célula muscular. Cada uno de estos túbulos corre transversalmente entre 2 cisternas terminales. Aunque las cisternas

terminales y el túbulo T están físicamente separados, el espacio entre ellos aparece ocupado regularmente por estructuras que se asocian estrechamente a la membrana de ambos sistemas. La contracción de una fibra muscular requiere de la contracción simultánea de todas sus miofibrillas. La forma y distribución del sistema T permite que la onda de depolarización, responsable de la contracción muscular, se distribuya rápidamente desde la superficie celular hacia el interior del citoplasma alcanzando a cada miofibrilla.^{1, 4, 6}

Inervación motora (la placa motora):

La unidad motora constituye una unidad estructural y funcional formada por una motoneurona alfa y las miofibras esqueléticas que inerva. La motoneurona alfa se dirige desde el asta anterior de la médula espinal (y núcleos motores de los pares craneales) hasta la placa motora, zona donde se produce sinapsis entre la motoneurona alfa y las fibras musculares. El axón de la motoneurona alfa se ramifica para inervar varias miofibras y cada una de éstas está inervada por una única motoneurona. Existen tres tipos de unidades motoras en función de las propiedades mecánicas de la contracción que realizan (Figura4): a) tipo I (lentas y resistentes a la fatiga); b) tipo IIa (rápidas y resistentes a la fatiga); c) tipo IIb (rápidas y fatigables).⁷

Inervación sensitiva (husos neuromusculares):

El músculo esquelético contiene unos órganos sensoriales complejos llamados husos musculares. El huso muscular es el receptor del reflejo de extensión de dos neuronas. El huso está formado por una cápsula fusiforme de tejido conjuntivo fibroso que rodea a un grupo de 8 a 15 fibras musculares delgadas estriadas modificadas y por unas terminaciones nerviosas envueltas en una vaina común. Estas fibras se conocen como fibras intrafusales, que varían en número desde unas pocas hasta veinte, pero ordinariamente son alrededor de seis. Los husos están dispersos por los músculos esqueléticos y parecen funcionar como sensores de estiramiento, que perciben el grado de tensión del músculo.⁵ La innervación motora de las regiones polares de las fibras intrafusales mantiene la región del saco nuclear a una tensión suficiente para que las terminaciones sensibles al estiramiento estén muy cercanas a su umbral. Un estiramiento añadido de la región ecuatorial da por resultado la descarga de la fibra aferente del huso; la

frecuencia de su descarga es proporcional a la tensión ejercida sobre la fibra intrafusar (Figura5).^{5,7}

Tipos de fibras musculares:

Se distinguen 3 tipos de fibras musculares esqueléticas por sus características microscópicas, metabólicas y funcionales: a) fibras de tipo I, b) fibras de tipo IIA, c) fibras de tipo IIB (tabla1).⁷

1.2 Propiedades del músculo esquelético

Las propiedades del músculo permiten que realice sus funciones:

Excitabilidad: Es la capacidad para recibir o responder a un estímulo.

Contractibilidad: Es la capacidad de un músculo para acortarse forzosamente cuando es estimulado. En otras palabras, los músculos por si mismos solo pueden contraerse, no pueden alargarse. Si no a través de un medio externo, más allá de su longitud de reposo. En otras palabras, los músculos solo pueden acercar sus extremos, no pueden alejarlos.

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.

Extensibilidad: Es la capacidad de un musculo para extenderse o volver a su longitud de reposo o ligeramente más allá.

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.⁸

1.3 Fisiología de la contracción muscular

La liberación de acetilcolina en la placa motora abre los canales de Na^+ y K^+ produciendo una inversión en la diferencia de potencial entre el lado interno y el externo del sarcolema. Esta inversión se traduce en una onda de despolarización (potencial de acción) que recorre la membrana plasmática de la célula muscular y se transmite al interior de la célula por los túbulos T, y desde éstos al retículo sarcoplásmico, de cuyo interior se liberan iones Ca^{2+} hacia el citosol.

Los iones Ca^{2+} se unen a la troponina C, que cambia su configuración; como consecuencia de ello la troponina T desplaza a la tropomiosina, a la que está unida,

y la troponina I libera el bloqueo de los sitios de unión de la actina con la miosina. Al quedar éstos libres, las moléculas de actina interaccionan con las cabezas de miosina, que basculan y cambian de orientación. Al estar articuladas las subunidades de meromiosina ligera y pesada, estas últimas se levantan tirando de los filamentos de actina, acercándolos hacia la línea M. El resultado es que los filamentos delgados se deslizan sobre los gruesos, acortándose de este modo la sarcómera sin que haya acortamiento de los filamentos delgados, sino sólo desplazamiento. Cuando la contracción termina, los iones Ca^{2+} vuelven a almacenarse en el retículo sarcoplásmico gracias a la bomba de Ca^{2+} de sus membranas. La tropomiosina bloquea de nuevo la actina, con lo que se produce la relajación (figuras 6 y 7).^{9, 10, 11, 12}

1.4 Regeneración del músculo esquelético

En la vida posnatal, el músculo esquelético que ha sufrido una lesión puede regenerarse a partir de las células satélites, que se dividen y forman mioblastos. Diversos experimentos han demostrado que, después de seccionar fibras musculares, éstas se necrosan, y tras la fagocitosis de los restos se inicia la regeneración, de modo que a los 30 días ha aumentado considerablemente el número de fibras.¹³

Los mecanismos de regeneración observados en la rata son cuatro, y siempre tienen lugar a partir de las células satélites, que son estimuladas por factores de crecimiento como el FGF:

1. A partir de las células satélites que persisten dentro de la lámina basal (que tampoco desaparece) de las fibras musculares necrosadas. Estas células forman mioblastos que dan lugar a miotubos y finalmente a células musculares adultas que se disponen longitudinalmente. Posteriormente, la lámina basal emite invaginaciones que se introducen entre las fibras y cubren la superficie de cada una de ellas, originando así a la lámina basal de cada una de las células musculares (figura 8A).
2. A la parte no necrosada de las fibras musculares se unen células satélites que fabrican nuevas miofibrillas y aumentan la longitud de las fibras sustituyendo la parte necrosada (figura 8B).
3. Las células satélites supervivientes de las fibras necrosadas se fusionan a las fibras que no han sufrido daño formando nuevas fibras (figura 8C).

4. Células satélites de origen desconocido se fusionan formando fibras de diámetros diversos, con núcleos centrales. Algunas son fibras muy cortas y carentes de inervación, semejantes a las observadas en algunas distrofias musculares (figura 8D).¹⁴

2. El calentamiento

2.1 Definición del calentamiento

Una definición completa del calentamiento debería incluir cinco matices importantes. El calentamiento es:

- Una serie de ejercicios físicos sencillos.
- Que se realizan de forma suave y progresiva.
- Antes de empezar a realizar cualquier actividad deportiva.
- Para dar tono a los músculos.
- Y prepararlos para un esfuerzo posterior más intenso.¹⁵

El calentamiento se realiza para:

- a. mejorar la dinámica muscular y la amplitud de movimiento para que el músculo sea menos propenso a lesionarse.
- b. preparar al atleta para afrontar las solicitaciones del ejercicio, de manera que actúa a nivel fisiológico, físico y psicológico.¹⁶

2.2 Tipos del calentamiento

El calentamiento puede ser activo o pasivo.¹⁷ el calentamiento activo puede clasificarse como calentamiento general o específico. El calentamiento es pasivo cuando la temperatura de los músculos o la temperatura corporal son aumentadas por medios externos. Como por ejemplo: duchas calientes, saunas, o Almohadillas térmicas.^{17, 18} El calentamiento activo implica algún tipo de actividad física, El calentamiento activo general implica cualquier movimiento no específico del cuerpo como footing, ciclismo o calistenia.^{17, 19} El calentamiento específico utiliza actividades y estiramientos que son específicos para el deporte para el cual se prepara.^{18, 19} La más eficaz de las técnicas del calentamiento parece ser el calentamiento específico, posiblemente debido a que imita la actividad que se va a realizar.^{19, 20}

2.3 Intensidad del calentamiento

El calentamiento debe estructurarse de tal manera que el individuo experimenta un aumento en la temperatura del músculo, pero no experimenta una disminución en la disponibilidad de fosfato de alta energía.¹⁷ La intensidad del calentamiento se debe adaptar para satisfacer las necesidades y capacidades de cada individuo.^{19, 20} Por ejemplo, un atleta no entrenado no requerirá la misma intensidad o duración del calentamiento como un atleta bien entrenado para lograr la misma elevación de la temperatura del músculo.¹⁷ Según Bishop, aunque una mayor intensidad provocará un mayor incremento en la temperatura del músculo, se ha demostrado que la intensidad por encima aproximadamente del 60% del consumo de oxígeno máximo de una persona (VO_{2MAX}) agota la concentración de fosfatos de alta energía disponibles. Como resultado, se ha informado que existe una relación inversa entre la intensidad del calentamiento y rendimiento a corto plazo para intensidades por encima de 60% de (VO_{2MAX}). Por lo tanto, para aumentar la temperatura del músculo se sugiere utilizar una intensidad aproximadamente de 40–60% de (VO_{2MAX}), y para limitar también el agotamiento de las reservas del fosfato de alta energía. Sin embargo, en ausencia de instrumentos de medida apropiados, parece ser el consenso general que en condiciones normales, la luz a la sudación suave, sin la fatiga, es un indicador confiable de un aumento adecuado de la temperatura del músculo.^{18, 19}

2.4 Efectos fisiológicos del calentamiento

Se ha formulado la hipótesis que el calentamiento proporciona muchos beneficios fisiológicos. Por ejemplo, puede llevar a un aumento en la velocidad y la fuerza de las contracciones musculares acelerando los procesos metabólicos y reduciendo la viscosidad interna. Además, un aumento de la temperatura:

- conduce a la disociación del oxígeno de la hemoglobina en concentraciones más altas de oxígeno plasmático proporcionando más oxígeno a los músculos.
- aumenta la velocidad de la transmisión nerviosa, lo que puede a su vez incrementar la velocidad de contracción y reducir el tiempo de reacción.
- Produce una vasodilatación y un aumento del flujo sanguíneo hacia los tejidos.^{19, 20, 21, 22}

Por último, en el ámbito de la investigación sobre los músculos de conejo, se ha demostrado que un calentamiento proporciona un mecanismo de protección de la masa muscular de forma que se requiera una mayor longitud de estiramiento muscular y fuerza para producir un desgarro en el músculo calentado.¹⁶

Aunque gran parte de la investigación mencionada destaque los efectos del calentamiento, Magnusson y al.²³ llegaron a la conclusión que la absorción de la energía pasiva de los músculos esqueléticos no depende del aumento de la temperatura intramuscular.

3. Prevención de la lesión muscular

3.1 Definición de la prevención

Tratando el tema de la prevención de lesiones musculares, es interesante saber lo que significa prevención, Según la Real Academia Española (RAE), prevenir es “Prever, ver, conocer de antemano o con anticipación un daño o perjuicio”.²⁴

Esto viene a destacar la importancia de anticiparse a la lesión y por ello es necesario conocer a qué factores hay que anticiparse. Indagando en el campo de la medicina deportiva acerca de una definición más técnica y específica de prevención de la lesión deportiva, no se dispone de un consenso en cuanto a su definición, por lo que es necesario establecer una definición en el futuro.²⁵

3.2 Concepto de la lesión muscular

Según Garrett Jr.²⁶, existen diversas variaciones de lesiones que pueden ocurrir en los músculos esqueléticos. La primera variación de lesiones según Garrett Jr.²⁶ Las agujetas, es por lo general el resultado de un ejercicio o actividad inhabituales. Las lesiones del músculo esquelético también pueden ocurrir como resultado de un golpe directo o fuerza en el músculo. El último tipo de lesión es la lesión que se produce en respuesta a una sobrecarga o fuerza en el músculo, sin contacto directo. Este tipo se conoce como un desgarro muscular o tirón, y generalmente se presenta como un dolor agudo durante la actividad física. Morgan and Allen²⁷ definen la lesión excéntrica como una lesión que se produce estirando un musculo en contracción, Esto sucede cuando la tensión externa sobre el músculo es superior a la tensión muscular constante. Estas contracciones excéntricas del

músculo esquelético pueden conducir a la lesión muscular.^{28, 29, 30} Reisman y cols.³¹ Estudiaron los efectos del estiramiento pasivo en el calentamiento después de un ejercicio excéntrico (causando agujetas o daño muscular leve) y llegó a la conclusión de que el estiramiento pasivo disminuye la tensión, reduciendo así las sensaciones de la rigidez y el dolor. La energía absorbida por un determinado músculo antes del fallo muscular es una medida de la capacidad de este músculo para soportar tensión y fuerza,²⁶ Se explica que hay dos componentes de absorción de energía: El componente pasivo es "no depende de la activación muscular y es una propiedad que es debido a los elementos del tejido conectivo dentro del músculo." también la capacidad contráctil del músculo proporciona una capacidad añadida a la absorción de energía. Kirkendall y Garrett Jr.³² demostraron que más energía un músculo puede absorber más resistencia tendrá este músculo a lesionarse. Por lo tanto, se observa que cuando disminuye la capacidad contráctil del músculo, se reduce la capacidad del músculo para absorber energía, y eso hace que el músculo sea más susceptible a la lesión.^{26,32} Magnusson³³ Determinó que después de 13 semanas de entrenamiento de fuerza isométrica, la rigidez aumentó (la rigidez se define como el estrés de una fuerza externa, que es proporcional a la cantidad de tensión en el músculo) este aumento de la rigidez pasiva proporciona el potencial para la absorción de energía de la unión miotendinosa antes del fallo muscular.

Varios factores son potencialmente importantes en la prevención lesiones musculares.^{26, 32} Estos factores incluyen flexibilidad, estiramiento y calentamiento previo a la actividad. Se observa que los beneficios del estiramiento se atribuyen a los mecanismos reflejos del estiramiento. Por otra parte, se observa que la viscoelasticidad debe ser considerada también.^{26, 32} La relajación de la tensión se refiere a la reducción gradual de la tensión en una longitud dada estirando y manteniendo el tejido a una longitud constante en el tiempo.^{26, 32}

McHugh et al.³⁴ demostró que la relajación de la tensión viscoelástica en el músculo esquelético humano. Se ha demostrado que el estiramiento cíclico repetitivo reduce la tensión en una longitud dada con cada estiramiento sucesivo.³⁵

Kirkendall and Garrett Jr.²⁸ consideran que las propiedades viscoelásticas de los músculos contribuyen a los cambios de longitud del músculo, y que este aumento de longitud puede ser visto para disminuir la tensión en el músculo. Sin embargo, los estudios concluyen que el aumento de la extensibilidad de los músculos

isquiotibiales fue atribuido a un aumento en la tolerancia al estiramiento, y no al cambio en el rango de movimiento.^{36, 37}

Reisman et al.³¹ Sugiere que la propiedad de tixotropía puede impedir los reflejos inadecuados, que pueden conducir a lesiones musculares.

3.3 Epidemiología de las lesiones musculares

Las lesiones musculares son muy frecuentes en el mundo del deporte, especialmente en el fútbol. Los estudios epidemiológicos más recientes muestran que las lesiones musculares suponen más del 30% de todas las lesiones (1,8-2,2/1.000 h de exposición), lo que representa que un equipo profesional de fútbol padece una mediana de 12 lesiones musculares por temporada que equivalen a más de 300 días de baja deportiva.³⁸

3.4 Estado actual de la prevención de lesiones musculares

La prevención de lesiones musculares tiene como objetivo preparar al músculo para soportar la carga biomecánica requerida en el tipo específico de deporte que se practica, incidiendo tanto desde un punto de vista mecánico como neuromuscular. Así pues, las actuaciones preventivas actuales se clasifican en:

- a) control e identificación de los factores de riesgo.
- b) mejora del entrenamiento específico.
- c) mejora de la resistencia a la fatiga.
- d) mejora de la fuerza en contracción excéntrica.
- e) mejora del equilibrio en la función lumbopélvica.
- f) mejora de los programas de rehabilitación para la prevención de lesiones recidivantes.

Por lo tanto, se requieren más investigaciones sobre la prevención de lesiones musculares en diferentes tipos de deportes para conocer cuáles son las medidas preventivas óptimas de mayor evidencia científica.^{5, 40}

3.5 La Fisioterapia en la prevención de lesiones musculares

Existen ciertos factores a tener en cuenta que predisponen a la lesión muscular: lesión previa y rehabilitación inadecuada, déficit propioceptivo (inestabilidad funcional), déficit de fuerza, equilibrio muscular anormal, laxitud

ligamentosa (inestabilidad mecánica), déficit de movilidad y/o flexibilidad, cicatriz local.⁵ En todos ellos, la figura del fisioterapeuta es de gran importancia debido a que corresponde a la Fisioterapia la mejora de déficits ya sean funcionales, mecánicos o de movilidad con las distintas herramientas que posee. Identificar factores de riesgo, mejorar los niveles de fuerza muscular excéntrica y la función del complejo lumbopélvico.^{5,40} son herramientas preventivas de las lesiones musculares al abasto también de la figura del fisioterapeuta. Por rehabilitación inadecuada se refiere a la realización de reposo en lugar de movilización precoz, factor que promueve la formación y presencia de tejido fibroso cicatricial de la zona de lesión, la cual carece de sus capacidades contráctiles, aumentando el riesgo de re-lesión. Además, la introducción post lesión de ejercicio controlado y sus variables en tiempo (en relación a la fecha de la lesión), intensidad y duración son condicionantes a tener en cuenta en la fase de rehabilitación.^{41, 42}

Pues, una adecuada rehabilitación tiene como objetivos normalizar la amplitud de movimiento, la fuerza, la función neuromuscular de la zona lesionada y readaptar los gestos específicos del deporte en concreto.^{40, 42} Todos ellos son factores importantes para reducir el riesgo de re-lesión.⁴⁰

Siguiendo en esta misma línea, la presencia de tejido cicatricial local posterior a una lesión muscular y los procesos de rehabilitación de las lesiones musculares son responsabilidad del fisioterapeuta y se debe trabajar en base a ello para mejorar el estado de la lesión y evitar futuras recidivas mediante la prevención.^{5, 40} A modo de ejemplo, la atrofia muscular, el exceso de tejido conectivo en el tejido muscular y la pérdida de fuerza y extensibilidad del músculo son condiciones a evitar por parte del fisioterapeuta en el tratamiento de la lesión muscular.⁴³ Por ello, en relación al uso de los estiramientos en la Fisioterapia, los estiramientos progresivos después de una primera y breve fase de inmovilización son necesarios en el abordaje de la lesión debido a que mejora la unión de las fibras musculares a través del tejido cicatricial (tejido conectivo), mejora el estado de la cicatriz, facilita la correcta organización y alineamiento de las fibras musculares, facilita la resistencia del tejido a las fuerzas de tracción e induce a la neo vascularización capilar de la zona lesionada.⁴³

El abordaje y la prevención de las lesiones musculares requieren la presencia de varios profesionales de la Fisioterapia, Ciencias de la Actividad Física y del

Deporte (CAFD), Medicina (o Medicina del deporte) e incluso Enfermería, entre otros, que trabajen en equipo desde una visión interdisciplinar.⁵ De esta manera, el papel de la prevención de las lesiones musculares puede ser competencia tanto de un fisioterapeuta como de un graduado en CAFD, siendo complementario el trabajo de uno y de otro profesional, pero sin perder la referencia del trato interdisciplinar para las lesiones musculares.

En definitiva, destacando todavía más el rol de los fisioterapeutas en el ámbito de la prevención de lesiones musculares, la mayoría de artículos que se revisan en este trabajo el fisioterapeuta participa de manera destacada en ellos, enfatizando así el rol de la fisioterapia en este campo de la prevención.^{44, 45, 46}

METODOLOGÍA

1. Justificación y objetivo del estudio

La práctica de la actividad física ha aumentado en la población actual. Del mismo modo, es frecuente realizar un calentamiento antes de la práctica física, con los objetivos mitificados de “prevenir lesiones”, “aumentar la flexibilidad”, “disminuir la rigidez”, “sentirse mejor”, etc. Por ello, es necesario determinar si realmente calentarse antes del ejercicio tiene un efecto beneficioso sobre la prevención de lesiones musculares.

A pesar de los conocimientos que hay sobre los efectos del calentamiento en el organismo, no se ha demostrado con claridad ni de manera concluyente una relación entre su realización previa al ejercicio físico y la prevención de lesiones musculares, por lo que es necesario conocer la importancia del calentamiento previo al ejercicio para prevenir dichas lesiones.

Con la realización de este trabajo se pretende aportar una información relevante sobre el calentamiento y Determinar si la literatura científica respalda la realización del calentamiento previo al ejercicio físico como herramienta para la prevención de lesiones musculares, Puesto que existe mucha disparidad de información y de opiniones en cuanto a este tema.

2. Estrategia de búsqueda bibliográfica

Los estudios de interés de esta revisión bibliográfica se han obtenido mediante una búsqueda en las bases de datos más completas y actualizadas : Medline Plus, pubmed, Cochrane y PEDro . La búsqueda se ha llevado a cabo entre los meses de enero y Mayo de 2015, Las palabras clave utilizadas para dicha investigación han sido: ejercicio (“exercise”), calentamiento (“warming up”), lesión (“injury”), músculo (“muscle”) y prevención (“prevention”). Se limitó el rastreo a artículos publicados entre 1990 y 2015 con el objetivo de obtener evidencia reciente y actual sobre el tema.

3. Criterios de selección de los estudios

se incluyeron en la revisión únicamente aquellos artículos que habían sido publicados entre 1990 y 2015 con el objetivo de obtener evidencia reciente y actual sobre el tema, Además, el idioma de publicación se limitó exclusivamente al inglés, idioma prioritario en las publicaciones científicas y médicas. Por último, se recopilaron todo tipo de revisiones, estudios y artículos experimentales y de investigación que se aplicasen solo en humanos e hiciesen referencia a la importancia del calentamiento en la prevención de lesiones musculares.

En relación a los criterios de exclusión, se excluyeron los artículos referentes únicamente al calentamiento físico y los artículos relativos al calentamiento físico en la prevención de otras lesiones (tabla 2).

4. Evaluación cualitativa de la metodología

Para evaluar la calidad de los estudios incluidos en la revisión se utiliza una herramienta que evalúa la metodología de los estudios desde un punto de vista cualitativo.

Se trata de la lista Downs y Black ⁴⁸ (tabla 3), es una lista de verificación validada para la evaluación de la calidad de los estudios controlados y no controlados, consta 27 ítems con cinco subescalas (Publicación, Validez externa, Validez interna-sesgo, Validez interna-factores de confusión, Potencia) y se puede utilizar en diversos tipos de estudios. El índice de calidad fue altamente correlacionado con los puntajes de Padrones de Registros de Grupos de Ensayos. La consistencia interna fue considerada adecuada, así como el coeficiente de correlación interclase. Esta lista fue recientemente ampliada por dos nuevos criterios y validada para uso en estudios epidemiológicos.⁴⁷

RESULTADOS

1. Selección y calidad de los estudios

Una vez realizada la búsqueda se encontraron 82 artículos. Se obtuvieron 26 artículos de la base de datos Pubmed, 3 artículos en la base de datos PEDro, y 38 artículos en la base de datos Cochrane y 15 en la base de datos Medline Plus.

Tras el filtro realizado a través de las estrategias de búsqueda y los criterios de inclusión y exclusión, obtuvimos 10 artículos que conforman esta revisión bibliográfica. Los resultados obtenidos en la evaluación cualitativa de los estudios incluidos varían en un rango de 9 hasta 24 puntos sobre los 28 posibles, 4 estudios con mayor cualificación, 5 estudios de calidad moderada y 1 estudio con puntuación muy baja (Tabla 4).

El diseño de los estudios incluidos es: 5 ensayos controlados aleatorios, 2 estudios de cohorte, un estudio cruzado aleatorio (randomized crossover trial) y un estudio prospectivo, el tipo de población de estudio es muy variado: jugadores y jugadoras de fútbol de diferentes edades, entrenadores, población sana, población no entrenada, atletas, estudiantes...

2. Efectos del calentamiento

2.1. Prevención del daño muscular

Evans RK, et al.⁴⁹ investigaron si el calentamiento activo y pasivo conducido antes del ejercicio excéntrico atenúa los marcadores clínicos del daño muscular, Evans RK, et al.⁴⁹ realizaron una asignación aleatoria, 43 Sujetos no entrenados fueron expuestos a una de las cinco condiciones:

Calentamiento pasivo con temperatura baja (N = 10), calentamiento pasivo con temperatura alta (N = 4), o calentamiento activo (N = 9) antes de hacer ejercicio excéntrico; ejercicio excéntrico sin calentamiento (N = 10); o calentamiento pasivo con temperatura alta sin ejercicio excéntrico (N = 10). El calentamiento pasivo de los flexores de codo se logró mediante la onda corta pulsada, y el calentamiento activo se ha logrado mediante contracción concéntrica.

La actividad de la Creatina quinasa (CK), la fuerza, el rango de movimiento, hinchazón y el dolor del músculo fueron observados antes del tratamiento y 24, 48, 72, y 168 horas después del tratamiento.

El calentamiento pasivo con temperatura alta sin hacer ejercicio excéntrico posterior no afectó a ningún marcador del daño muscular. Y fue utilizado como grupo de control. Los marcadores del daño muscular no fueron diferentes entre los grupos que han realizado el calentamiento previo al ejercicio excéntrico y los que no lo han hecho. Los grupos del calentamiento activo y excéntricos exhibieron un mayor incremento circunferencial que el grupo control ($P < 0.0002$), sin embargo, esto no fue observado después del calentamiento pasivo. Además, el grupo de calentamiento activo exhibió una mayor respuesta CK que los controles a las 72 h ($P < 0.05$). El grupo del calentamiento pasivo de alta temperatura previo al ejercicio excéntrico mostró un cambio significativo que el grupo control con el menor número de puntos en el tiempo, Evans RK, et al.⁴⁹ sugirieron entonces que el calentamiento pasivo realizado antes del ejercicio excéntrico puede ser más beneficioso que el calentamiento activo o no calentar, reduciendo la hinchazón, pero no previene, atenúa o resuelve más rápidamente los otros síntomas clínicos del daño muscular.

2.2. Prevención de agujetas

Olsen O, et al.⁵⁰ Investigaron el efecto de los ejercicios de calentamiento y relajación sobre la aparición de las agujetas en la parte central y en la parte distal del recto femoral después del ejercicio de resistencia de la pierna.

Olsen O, et al.⁵⁰ asignaron al azar a 36 voluntarios (21 mujeres, 15 hombres) para realizar: ejercicios de calentamiento (20 min de bicicleta estática antes del ejercicio de resistencia), ejercicios de relajación (20 min de bicicleta estática después del ejercicio de resistencia), o grupo de control que realiza solo ejercicios de resistencia.

El ejercicio de resistencia consistió en estocadas delanteras (10×5 repeticiones/juego) con una carga externa de 40% (mujeres) y 50% (hombres) de masa corporal. Los resultados primarios fueron el umbral del dolor a la presión a lo largo del recto femoral, y la fuerza isométrica máxima de extensión de la rodilla. Los datos fueron registrados antes del ejercicio de resistencia y durante los dos próximos días.

Olsen O, et al.⁵⁰ observaron que el umbral del dolor a la presión en la parte central del vientre muscular se redujo significativamente en el grupo de control en los días 2 y 3 ($p \leq 0.003$) pero no para el grupo de calentamiento ($p \geq 0.21$). Para el grupo de

relajación, El umbral del dolor de la presión en la parte central del vientre muscular fue considerablemente reducido durante el día 2 ($p \leq 0.005$) y también era más bajo comparado con el grupo de calentamiento ($p = 0.025$). La fuerza fue considerablemente reducida durante el día 2 y 3 para todos los grupos ($p < 0.001$). Por lo que se puede concluir que el ejercicio de calentamiento realizado antes del ejercicio de resistencia puede prevenir las agujetas en la región central del recto femoral pero no puede prevenir la pérdida de fuerza del músculo.

También se realizó otro estudio similar por Law RY y Herbert RD.⁵¹ Para Investigar la efectividad de los ejercicios de calentamiento y relajación para reducir las agujetas.

Participaron en el estudio 52 adultos sanos (23 hombres y 29 mujeres de 17 a 40 años), 4 grupos de igual tamaño recibieron: ejercicios de calentamiento y de relajación; solamente ejercicios de calentamiento; solamente ejercicios de relajación; ni ejercicios de calentamiento ni de relajación. Todos los participantes realizaron ejercicios para inducir la aparición de agujetas, como caminar cuesta abajo hacia atrás en una cinta inclinada durante 30 minutos, Los ejercicios de calentamiento y de relajación implicaron caminar cuesta arriba hacia delante en una cinta inclinada durante 10 minutos. El dolor muscular fue medido por una escala visual analógica de 100 milímetros. Se observó que el calentamiento redujo el dolor del músculo 48 horas después del ejercicio (efecto medio de 13 mm, IC del 95%, 2 a 24 mm). Sin embargo los ejercicios de relajación no tuvieron ningún efecto aparente (efecto de 0 mm, IC del 95%, -11 a 11 mm). Por lo que se puede concluir, que El calentamiento realizado justo antes del ejercicio excéntrico inhabitual produjo una reducción leve de las agujetas.

2.3. Prevención de lesiones en el fútbol

De los 10 artículos finalmente incluidos en esta revisión, 5 estudios investigaron la efectividad de los programas de calentamiento específicos en la prevención de lesiones en el fútbol.

Bixler B y Jones RL. (1992)³⁹ demostraron que el calentamiento tiene un efecto positivo en la reducción de lesiones musculares en el último cuarto de hora en un partido de fútbol, el estudio se centró en el número de lesiones que ocurren durante el tercer cuarto de hora de los partidos de fútbol de la escuela secundaria y los efectos de calentamiento y estiramiento rutinario sobre la reducción de estas lesiones, Los equipos fueron asignados a un grupo de intervención o un grupo de control. El grupo de intervención siguió un prescrito protocolo de calentamiento y estiramiento,

mientras que el grupo control continuó sus actividades normales. Aunque no había ninguna diferencia significativa en el número total de lesiones del tercer cuarto de hora, el grupo de intervención experimentado presentó significativamente menos lesiones musculotendinosas (esguinces y Desgarros) que el grupo control por partido. En otro estudio realizado por Grooms DR et al.⁵³ (2013), se demostró que F-MARC 11 (un completo programa de calentamiento dirigido a la fuerza muscular, a la conciencia kinestésica corporal, y al control neuromuscular durante los movimientos estáticos y dinámicos) reduce el riesgo y la gravedad de lesiones en los miembros inferiores.

En el estudio Grooms DR et al.⁵³ han seguido Un equipo de fútbol americano colegial durante dos temporadas, una temporada de control y otra de intervención donde se aplicó el programa, 41 jugadores entre 18 y 25 años han participado en el estudio, se midió el riesgo de incidencia de la lesión en el miembro inferior y el tiempo perdido por dicha lesión, La tasa de lesiones en la temporada de control fue 8,1 lesiones por 1000 exposiciones con 291 días perdidos contra 2.2 las lesiones por 1000 exposiciones y 52 días perdidos en la temporada de intervención. En La temporada de intervención tuvieron reducciones en el riesgo relativo (RR) de lesiones del miembro inferior del 72% (RR = 0,28; intervalo de confianza 95% = 0,09, 0,85) y tiempo perdido por dichas lesiones ($P < 0.01$).

En 2008 Soligard T et al.⁵² realizaron un Ensayo controlado aleatorizado para Examinar la efectividad de un programa de calentamiento diseñado para reducir el riesgo de lesiones en fútbol juvenil femenino. 125 Clubes de fútbol del sur, este y centro de Noruega (65 en el grupo de intervención; 60 en el grupo control), fueron seguidos durante una temporada de liga (ocho meses). 1892 jugadoras entre 13-17 años (1055 jugadoras en el grupo intervención; 837 jugadoras en el grupo control) realizaron Un programa de calentamiento para mejorar la fuerza, conciencia y control neuromuscular durante los movimientos estáticos y dinámicos. Se midió las lesiones en los miembros inferiores (pie, tobillo, pierna, rodilla, muslo, ingle y cadera).

Durante una temporada, 264 jugadoras tenían lesiones relevantes: 121 jugadoras en el grupo de intervención y 143 en el grupo control (RR= 0.71, intervalo de confianza del 95%, 0.49 a 1,03). En el grupo intervención hubo un riesgo significativamente menor de lesiones en general (0.68, 0.48 a 0,98), lesiones de sobreuso (0.47, 0.26 a 0,85) y lesiones graves (0.55, 0.36 a 0,83). Esto indica que un programa de calentamiento específico puede prevenir lesiones en las jugadoras jóvenes del fútbol femenino.

En 2010 Soligard T et al.⁵⁴ realizó otro estudio para Investigar la realización del equipo y de los jugadores de un amplio programa de calentamiento para la prevención de lesiones en el fútbol, y evaluar la asociación entre realización del programa y el riesgo de lesión. Participaron en el estudio 65 de 125 equipos de fútbol (1055 de 1892 jugadoras noruegas de 13-17 años y 65 de 125 entrenadores). Se realizaron entrevistas telefónicas estandarizadas para evaluar las actitudes de los entrenadores hacia la prevención de lesiones. Realizar el programa, la exposición y las lesiones se registraron prospectivamente. Los equipos completaron el programa de prevención de lesiones en el 77% (es decir 1,3 sesiones por semana) en todos los entrenamientos y sesiones de partido, y jugadores en el 79% (es decir 0,8 sesiones por semana) en las sesiones que han asistido. En comparación con los jugadores con nivel intermedio de cumplimiento del programa, los jugadores con alto nivel de cumplimiento tuvo un 35% menos de riesgo de todas las lesiones (RR 0.65, 95% CI 0.46 a 0.91, $p=0.011$). Los entrenadores que habían utilizado antes una formación de prevención de lesiones entrenaron equipos con un riesgo 46% inferior de lesión (OR 0.54, 95% CI 0.33 a 0.87, $p=0.011$). Por lo que se puede concluir que los jugadores que realizaron más el programa tuvieron menos riesgo de lesión que los jugadores que completaron moderadamente el programa.

En 2011, LaBella CR et al.⁵⁶ investigaron la efectividad del calentamiento neuromuscular en la reducción de lesiones en los miembros inferiores en atletas de fútbol y baloncesto femenino. De los 258 entrenadores y 1558 atletas invitados a participar, Noventa de los entrenadores y 1492 atletas completaron el estudio.

Se reparten al azar las escuelas entre grupos de intervención y grupo control, se entrena a los entrenadores a aplicar un calentamiento neuromuscular de 20 minutos. Los entrenadores de control utilizan su habitual calentamiento. El Cumplimiento de los entrenadores fue rastreado por auto-informe y la observación directa, Los entrenadores informaron exposiciones semanales de atletas (AEs) y lesiones de miembros inferiores causando una pérdida del partido. Asistentes de investigación entrevistaron a los atletas lesionados. Se compararon las tasas de lesiones entre los grupos de intervención y control usando χ^2 (2) y test de Fisher, la Significación estadística fue ajustada en ($P < 0.05$), El Análisis de regresión de Poisson fue ajustado para el agrupar y covariar el subconjunto de atletas reportando información personal ($n = 855$; 57.3%).

Hubo 28 023 AEs de intervención y 925 22 AEs de control, los Entrenadores de intervención utilizaron un calentamiento prescrito en 1425 de 1773 prácticas (80.4%). los atletas de Intervención tuvieron tasas menores por 1000 AEs de lesiones graduales en miembros inferiores (0.43 vs 1.22, $P < 0.01$), lesiones agudas sin contacto en los miembros inferiores (0.71 vs 1.61, $P < 0.01$), esguinces de tobillo sin contacto (0.25 vs 0.74, $P = 0.01$), y lesiones quirúrgicamente tratadas en los miembros inferiores (0 vs 0.17, $P = 0.04$). El análisis de regresión mostró las tasas de incidencia significativas para las lesiones aguda sin contacto de los miembros inferiores (0,33; IC del 95%, 0,17-0,61), esguinces de tobillo sin contacto (0,38; IC del 95%, 0,15 a 0,98), esguinces de rodilla sin contacto (0.30, IC 95%, 0,10-0,86) y lesión del ligamento cruzado anterior sin contacto (0,20; IC del 95%, desde 0,04 hasta 0,95). Por lo que se puede concluir que el calentamiento neuromuscular reduce las lesiones de no contacto en los miembros inferiores de las jugadoras de fútbol.

2.4. Aumento de la flexibilidad muscular

O'Sullivan K et al.⁵⁵ examinaron los efectos a corto plazo del calentamiento, estiramiento estático y dinámico en la flexibilidad de los músculos isquiotibiales en personas con lesión anterior en los isquiotibiales y en personas sanas (grupo control). Participaron en el estudio 18 personas heridas y 18 personas sanas como grupo control. Durante dos días separados, se evaluó la flexibilidad de los músculos isquiotibiales mediante extensión pasiva de la rodilla (PKE ROM). En ambos días, se registraron cuatro mediciones de PKE ROM: (1) al inicio del estudio; (2) después de calentamiento; (3) después de estiramiento (estático o dinámico) y (4) después de 15 minutos de descanso.

Los participantes realizaron estiramientos tanto estáticos como dinámicos, pero en días diferentes. Los Datos se analizaron mediante ANOVA (el análisis de la varianza).

En ambos grupos se observó un significativo efecto principal en el tiempo ($p < 0.001$), PKE ROM aumentó significativamente con el calentamiento ($p < 0.001$), Desde el calentamiento, PKE ROM aumentó aún más con estiramiento estático ($p = 0.04$) pero disminuyó significativamente con el estiramiento dinámico ($p = 0.013$). El aumento de la flexibilidad después del calentamiento y estiramiento estático redujo de forma significativa ($p < 0.001$) después de 15 minutos de descanso, pero permaneció

significativamente mayor que al inicio ($p < 0.001$). Entre los grupos, no había ningún efecto principal por grupo ($p = 0.462$), con ninguna diferencia en los valores de PKE ROM durante los etapas individuales del protocolo ($p > 0.05$). Utilizando ANOVA para ajustar la no significativa ($p = 0.141$) diferencia inicial entre los grupos, el grupo previamente lesionado demostró una mayor respuesta al calentamiento y estiramiento estático, sin embargo esto no fue estadísticamente significativo ($p = 0.05$). El Calentamiento aumentó significativamente la flexibilidad de los músculos isquiotibiales, el Estiramiento estático también aumentó la flexibilidad de los músculos isquiotibiales, mientras que el dinámico no lo hizo.

O'Sullivan K et al.⁵⁵ concluyeron que el efecto del calentamiento y estiramiento estático sobre la flexibilidad es mayor en las personas con flexibilidad reducida por lesión anterior, y piensan que más investigación prospectiva es necesaria para validar la hipótesis.

2.5. Mejora de los índices de equilibrio estático y dinámico

En 2013 BAKHTIARY et al.⁵⁷ investigaron el efecto del calentamiento sobre los índices de equilibrio estático y dinámico en sujetos atléticos y no atléticos. en el estudio 64 Estudiantes universitarios, 32 atléticos (16 varones y 16 mujeres) y 32 no atléticos (16 varones y 16 mujeres) fueron asignados al azar en uno de los dos grupos experimentales: Grupo de calentamiento (5 minutos corriendo en cinta) y el control del grupo (ninguna intervención), de modo que todos los participantes asistieran tanto en calentamiento como en grupos de control en dos sesiones de evaluación con intervalo de 2 semanas.

Se evaluaron el Índice de riesgo de caerse, los índices de equilibrio dinámico (bilateral) y estático general (una pierna), anterior y posterior, medial y lateral, midiendo el desplazamiento del centro de presión con ojos abiertos y con ojos cerrados antes y después de la intervención. La comparación de cambios antes y después de la intervención en ambos grupos no mostró ninguna diferencia significativa en los índices del equilibrio estático con la condición de ojos abiertos entre grupos ($p > 0.05$). Mientras que los índices de equilibrio estático con la condición de ojos cerrados y los índices de equilibrio dinámico con las condiciones ojos abiertos y cerrados mejoraron significativamente después del calentamiento, en comparación con el grupo de control ($p < 0.05$). Después del calentamiento, el índice de riesgo de caída se redujo significativamente ($p < 0.05$) tanto en participantes atléticos como en no atléticos. No

se encontró diferencia significativa entre sujetos atléticos y no atléticos en el término de índices del equilibrio estáticos y dinámicos.

Los resultados mostraron que el calentamiento puede mejorar el balance de control estático y dinámico, y reduce el riesgo de caída tanto en el grupo de sujetos atléticos como en el grupo de sujetos no atléticos. Por lo que se puede concluir que el calentamiento previo a la actividad física puede prevenir las lesiones deportivas mejorando el balance de control del equilibrio.

DISCUSIÓN

Esta revisión bibliográfica de la literatura científica actual determina una falta de consenso para la prescripción del calentamiento previo al ejercicio físico con el objetivo de prevenir lesiones musculares, de modo que los estudios analizados que investigan el efecto del calentamiento previo al ejercicio muestran resultados dispares. Sin embargo, hay investigaciones focalizadas en el estudio de los programas de calentamiento diseñados para prevenir lesiones en el fútbol, que muestran en su gran mayoría la efectividad de los mismos para prevenir lesiones musculares entre otras.

Evans RK, et al.⁴⁹ limitaron su estudio solo a personas no entrenadas para investigar los efectos del calentamiento pasivo y activo previos al ejercicio excéntrico.

Evans RK, et al.⁴⁹ concluyeron que el calentamiento pasivo puede ser beneficioso reduciendo la hinchazón que el calentamiento activo o no calentar. Además no previene, atenúa o resuelve más rápidamente los otros síntomas clínicos del daño muscular, volviendo al tema de la prevención de lesiones musculares, Evans RK, et al.⁴⁹ demostraron que el calentamiento en general no previene el daño muscular y solo reduce sus síntomas.

En los estudios de Olsen O, et al.⁵⁰ y Law RY y Herbert RD.⁵¹ se investigaron los efectos de los ejercicios de calentamiento sobre la aparición de las agujetas después del ejercicio.

Olsen O, et al.⁵⁰ han medido el umbral del dolor en la parte central y luego en la parte distal del músculo recto femoral después de un ejercicio de resistencia, usaron simplemente la presión sobre el músculo, y observaron que los ejercicios de calentamiento solo reducen el dolor en la parte central del vientre muscular, mientras aparece en la parte distal.

Law RY y Herbert RD.⁵¹ estudiaron las agujetas después de un ejercicio excéntrico, usaron una escala visual analógica de 100 milímetros para medir el dolor, y observaron que hay una pequeña mejora del dolor post ejercicio en el grupo que realizó el calentamiento previo.

Analizando las conclusiones, observamos que los ejercicios de calentamiento no previenen las agujetas después de la actividad física pero reducen su intensidad.

O'Sullivan K et al.⁵⁵ concluyeron en su estudio que el calentamiento previo al ejercicio previene la lesión muscular demostrando que la flexibilidad muscular aumenta después de calentarse,

pero en la evidencia científica todavía se está investigando la flexibilidad muscular antes de realizar un ejercicio y su efectividad en la prevención de lesiones musculares.

BAKHTIARY et al.⁵⁷ demostraron en su estudio que el calentamiento previo mejora el balance de control estático y dinámico del equilibrio, y reduce el riesgo de caída, y concluyeron que el calentamiento previo a la actividad física puede prevenir las lesiones deportivas mejorando el balance de control del equilibrio. Teniendo en cuenta las lesiones musculares que se producen por sobrecarga, por la fatiga muscular y que no se producen solo por caerse, el estudio solo demuestra la efectividad del calentamiento en la prevención de lesiones provocadas por caerse durante la actividad deportiva.

5 artículos (es decir La mitad de los artículos incluidos en esta revisión) investigaron los efectos del calentamiento en la prevención de lesiones en el fútbol:

- Bixler B y Jones RL.³⁹ observaron que la mayoría de las lesiones que se producen durante el último cuarto de hora de los partidos de fútbol son los desgarros musculares y los esguinces. En su estudio demostraron que el calentamiento durante el descanso tiene un efecto positivo en la reducción de dichas lesiones.
- LaBella CR et al.⁵⁶ observaron que el calentamiento neuromuscular reduce las lesiones de no contacto en los miembros inferiores de las jugadoras de fútbol.
- Soligard T et al.⁵² concluyeron en su estudio que un programa de calentamiento específico puede prevenir lesiones en las jugadoras jóvenes del fútbol femenino, analizando los resultados que obtuvieron en el estudio, se nota una reducción significativa de lesiones en las jugadoras que realizaron el calentamiento previo, pero no previene completamente esas lesiones.
- En los estudios realizados por Soligard T et al.⁵⁴ y Grooms DR et al.⁵³ se ha demostrado que realizar un programa de calentamiento específico para prevenir lesiones en el fútbol, reduce el riesgo y la gravedad de lesiones en miembros inferiores.

Se ha demostrado que la realización de los programas específicos de calentamiento en el fútbol es muy beneficiosa, pero no hay suficientes pruebas para apoyar su papel en la prevención de lesiones musculares.

CONCLUSIONES

La revisión de la evidencia científica actual está a favor de un menor riesgo de sufrir una lesión, pero muestra una falta de unanimidad para apoyar la efectividad del calentamiento en la prevención de la lesión muscular. la literatura científica respecto a esta área de la prevención es reducida, pudiendo generar otras líneas de investigación de interés.

la práctica del calentamiento previo al ejercicio físico puede ser de utilidad si se tiene en consideración, por una parte, el tipo de actividad que se realiza y sus requerimientos a nivel muscular, y por otra parte, el ejercicio de calentamiento adecuado. De este modo, se propone una clasificación de las diferentes modalidades del calentamiento con la finalidad de determinar la forma más adecuada para prevenir cada lesión del tejido muscular, Asimismo, futuras investigaciones de calidad en este ámbito son necesarias para determinar el papel del calentamiento previo al ejercicio en la prevención de lesiones musculares.

ANEXOS

1. FIGURAS

Figura1. Representación tridimensional de un músculo esquelético y sus componentes: fibras (células) y envolturas de tejido conjuntivo.¹

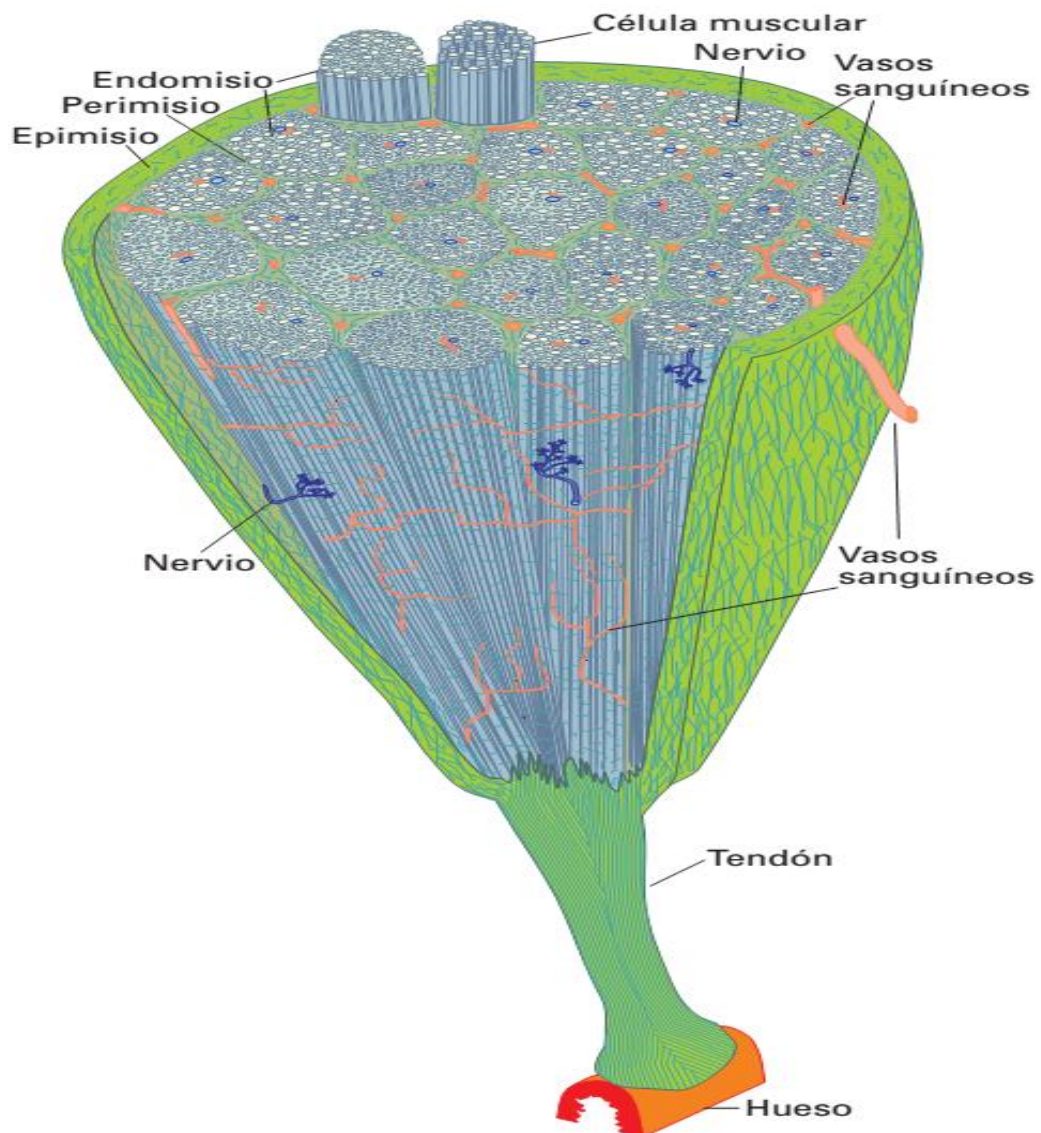


Figura2. Sarcómero, unidad funcional y sus elementos.⁴

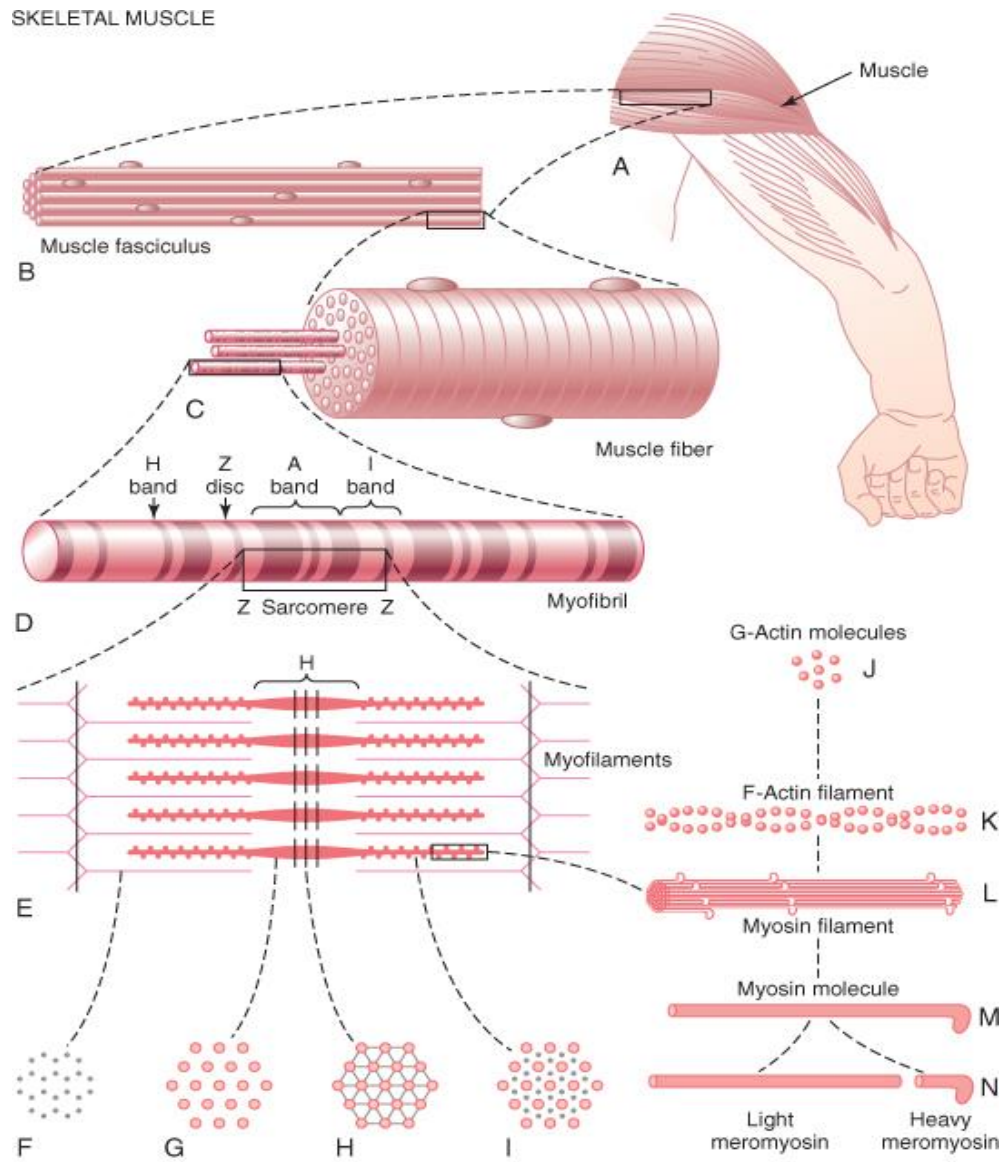


Figura 3. Representación esquemática del Retículo sarcoplásmico y sistema T.⁶

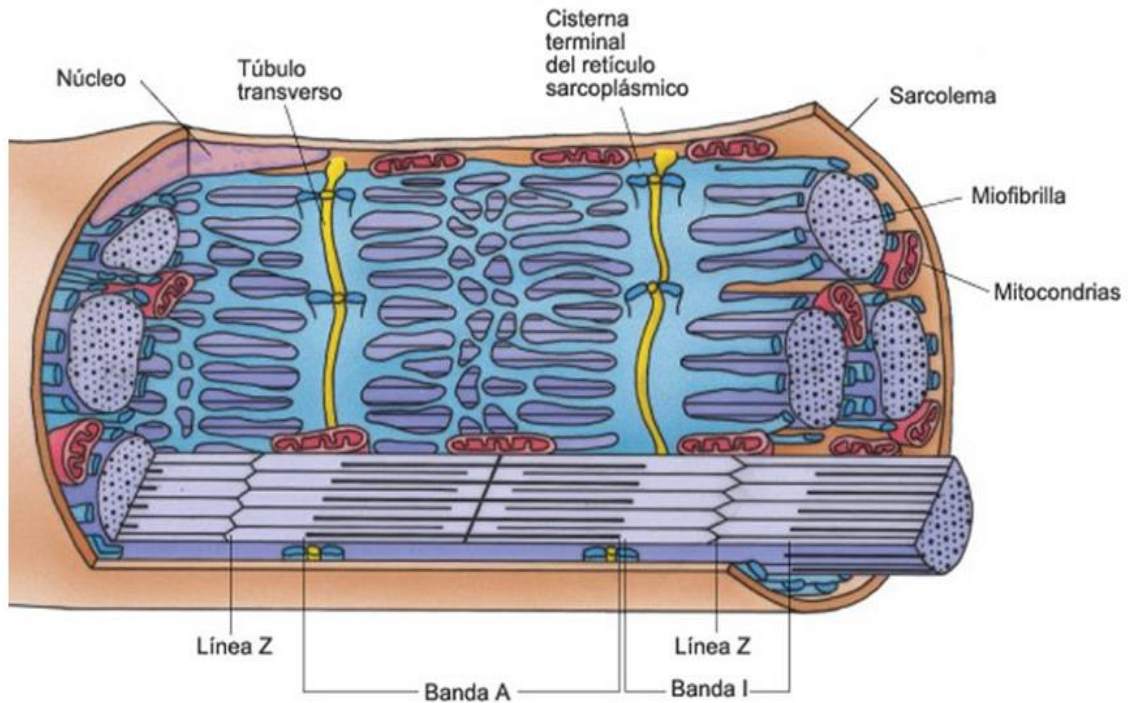


Figura 4. Representación de la placa motora.⁷

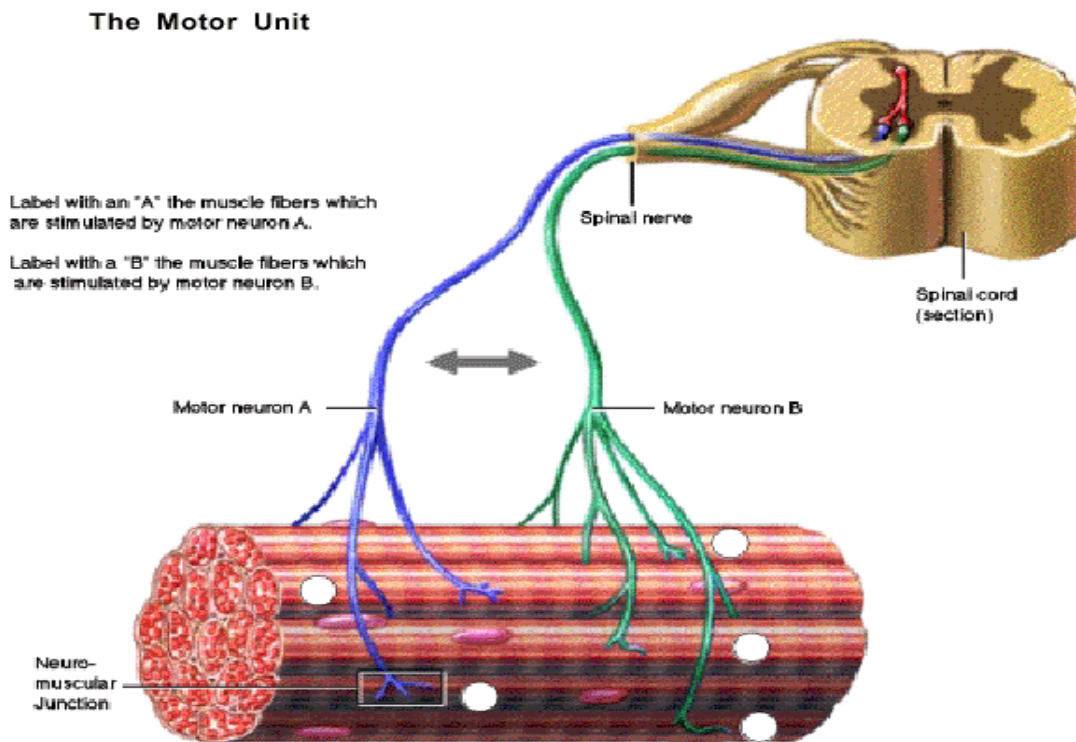


Figura 5. Estructura del huso neuromuscular.⁷

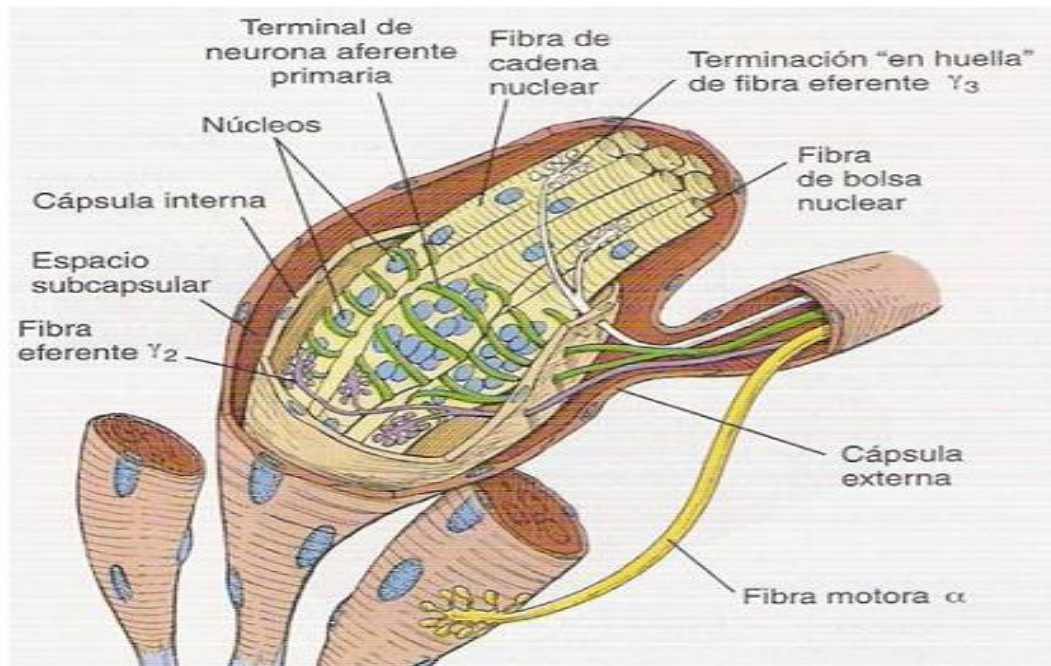


Figura 6. Esquema que ilustra el mecanismo de la contracción muscular.¹²

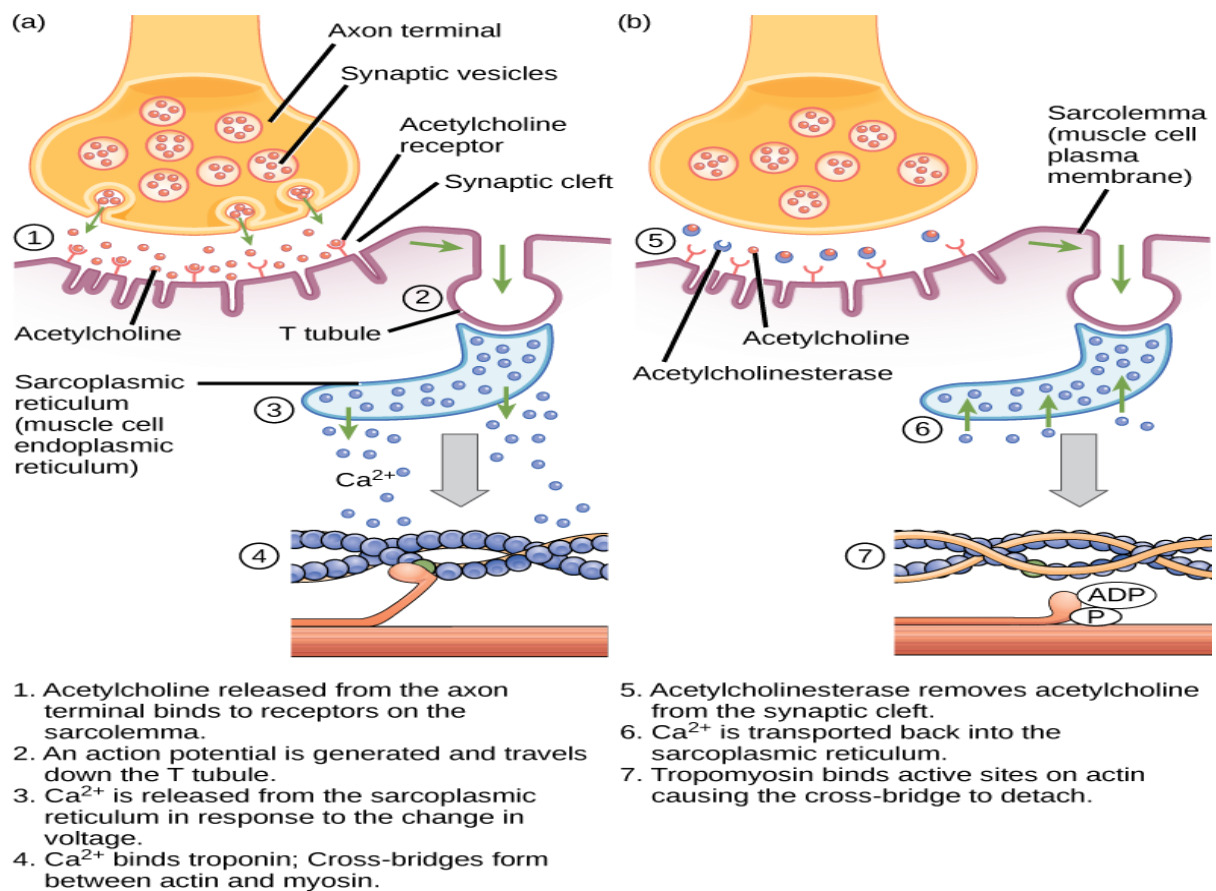


Figura 7. Modificación de la estructura del sarcómero en la contracción muscular.⁷

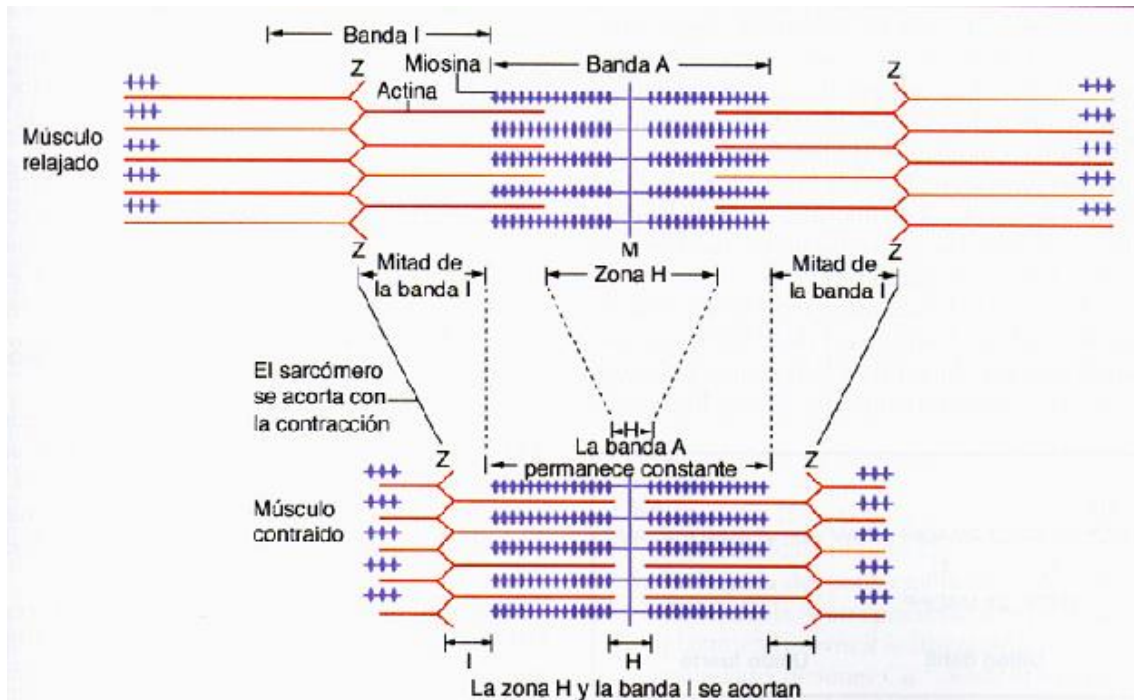
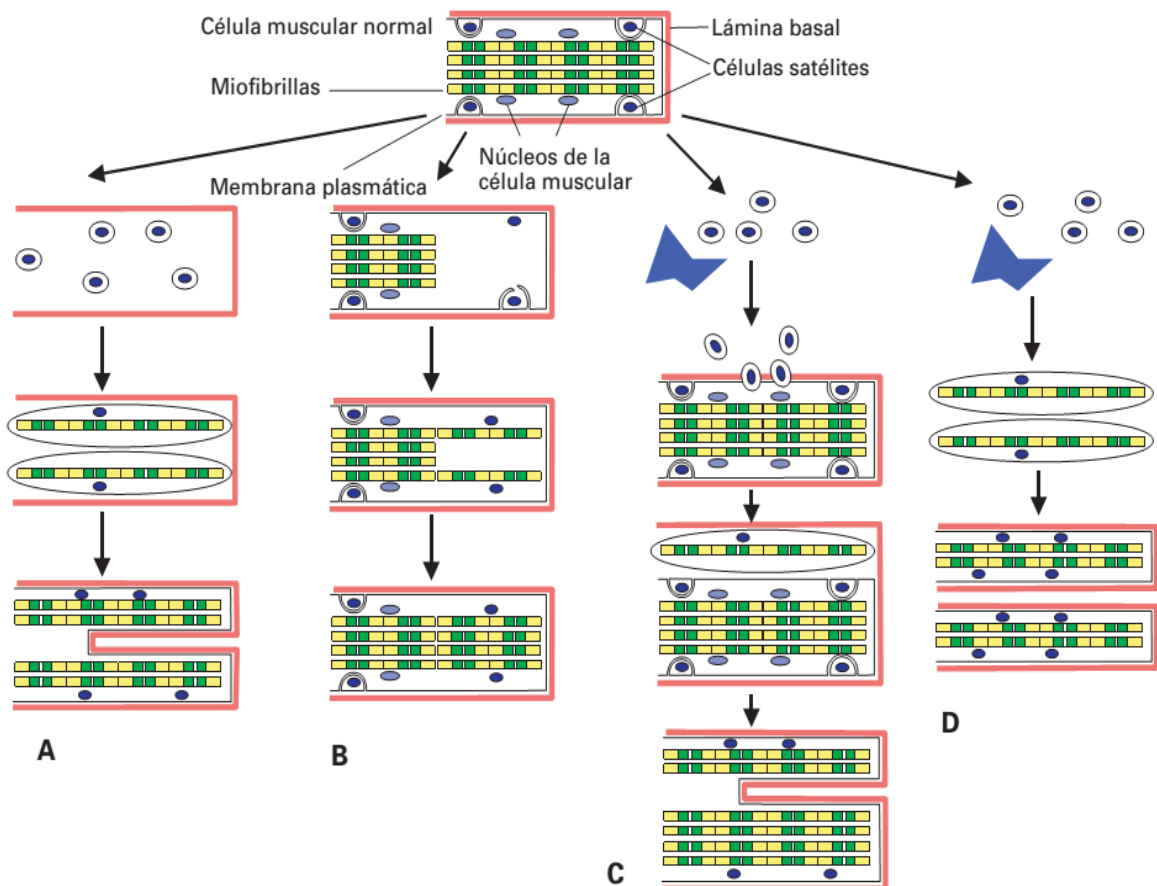


Figura 8. Cuatro modelos de regeneración del músculo esquelético.¹⁴



2. TABLAS

Tabla 1. Tipos de fibras musculares en función de sus características microscópicas, metabólicas y funcionales.⁵

Tabla 1-1. Resumen de las características diferenciales de los tres tipos básicos de fibras musculoesqueléticas			
	Fibras de tipo I	Fibras de tipo IIA	Fibras de tipo IIB
Características microscópicas	Menor tamaño Elevada dotación mitocondrial Mayor grosor de la línea Z Menor desarrollo del retículo sarcoplasmático Mayor número de células satélite Gran número de capilares	Similares a las de tipo I	Mayor tamaño Baja dotación mitocondrial Menor grosor de la línea Z Mayor desarrollo del retículo sarcoplasmático Menor número de células satélite Bajo número de capilares
Características metabólicas	Riqueza en enzimas oxidativas Escaso glucógeno Baja actividad fosforilasa Moderado contenido en lípidos	Similares a las de tipo IIB	Pobre en enzimas oxidativas Alto contenido en glucógeno Alta actividad fosforilasa Escaso contenido en lípidos
Características funcionales	Contracción lenta Baja susceptibilidad a la fatiga	Contracción rápida Baja susceptibilidad a la fatiga (intermedias)	Contracción rápida Alta susceptibilidad a la fatiga

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión en este estudio.

Criterios Inclusión	Criterios Exclusión
Artículos con publicación comprendida entre 1994 y 2015.	Artículos referentes únicamente al calentamiento físico.
Artículos que tratasen la importancia del calentamiento en la prevención de lesiones musculares.	Artículos que relacionasen al calentamiento físico en la prevención de otras lesiones (esguinces, fracturas...) sin incluir las lesiones musculares.
Artículos publicados en lengua inglesa.	Artículos realizados antes del año 1994 y artículos realizados sobre animales.

Tabla 3. Lista Downs y Black.

1. ¿Se describe claramente la hipótesis/objetivo del estudio?
2. ¿Se describen claramente los criterios de valoración principales a medir en el apartado de Introducción o Métodos?
3. ¿Se describen claramente las características de los pacientes incluidos en el estudio?
4. ¿Se describen claramente las intervenciones de interés?
5. ¿Se describen claramente las distribuciones de los principales factores de confusión en cada grupo de sujetos en comparación?
6. ¿Se describen claramente los resultados principales del estudio?
7. ¿Proporciona el estudio estimaciones de la variabilidad aleatoria en los datos relativos a los criterios de valoración principales?
8. ¿Se han comunicado todos los acontecimientos adversos importantes que podrían ser consecuencia de la intervención?
9. ¿Se han descrito las características de los pacientes perdidos para el seguimiento?
10. ¿Se han comunicado los valores de probabilidad reales (por ejemplo, 0,035 en lugar de < 0,05) para los criterios de valoración principales salvo cuando los valores de probabilidad son inferiores a 0,001?
11. ¿Eran los sujetos a los que se pidió participar en el estudio representativos de toda la población a partir de la cual fueron seleccionados?
12. ¿Eran los sujetos a los que se preparó para participar representativos de toda la población a partir de la cual fueron seleccionados?
13. ¿Era el personal, las instalaciones donde fueron tratados los pacientes representativos del tratamiento recibido por la mayoría de los pacientes?
14. ¿Se intentó enmascarar a los sujetos del estudio respecto a la intervención que recibieron?
15. ¿Se intentó enmascarar a las personas que midieron los criterios de valoración principales respecto a la intervención?
16. En caso de que alguno de los resultados del estudio se basara en un "dragado de datos", ¿se indicó claramente?
17. En los ensayos y estudios de cohortes, ¿se ajustaron los análisis en función de diferentes duraciones del seguimiento de los pacientes?
18. ¿Fueron apropiados los análisis estadísticos que se utilizaron para evaluar los criterios de valoración principales?
19. ¿Fue fiable el cumplimiento de la intervención?
20. ¿Fueron exactos (válidos y fiables) los criterios de valoración principales utilizados?
21. ¿Se seleccionó a los pacientes incluidos en diferentes grupos de intervención a partir de la misma población?
22. ¿Se seleccionó a los sujetos incluidos en diferentes grupos de intervención durante el mismo período de tiempo?
23. ¿Se aleatorizó a los sujetos del estudio a los grupos de intervención?
24. ¿Se ocultó la asignación aleatoria de la intervención a los pacientes y profesionales sanitarios hasta que la selección estuvo completa?
25. ¿Hubo un ajuste adecuado respecto a factores de confusión en los análisis a partir de los que se extrajeron los resultados principales?
26. ¿Se tuvieron en cuenta las pérdidas de pacientes para el seguimiento?
27. ¿Contaba el estudio con potencia para detectar un efecto importante en que el valor P de una diferencia debida al azar es inferior al 5%?

Tabla 4. Evaluación metodológica cualitativa de los artículos.

Estudios \ Ítems	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	T ₂₈
Evans RK, et al. ⁴⁹	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	18
Olsen O, et al. ⁵⁰	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	22
Law RY, HerbertRD. ⁵¹	1	1	1	1	2	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	17
Soligard T et al. ⁵²	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	16
Grooms DR et al. ⁵³	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	16
Bixler B, Jones RL. ³⁹	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	9
Soligard T et al. ⁵⁴	1	1	1	0	2	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	17
O'Sullivan K et al. ⁵⁵	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	15
LaBella CR et al. ⁵⁶	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
BAKHTIARY et al. ⁵⁷	1	1	1	1	2	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	19

Tabla 5. Resumen de los estudios incluidos en la revisión.

Autores/año	Tipo de estudio	Objetivo del estudio	Participantes e intervenciones	metodología	Resultados
<u>Evans RK, et al.</u> (2002)	Ensayo controlado aleatorizado	Investigar si el calentamiento activo y pasivo conducido antes del ejercicio excéntrico atenúa marcadores clínicos del daño del músculo.	43 Sujetos no entrenados fueron expuestos a una de las cinco condiciones: Calentamiento pasivo con temperatura baja (N = 10), calentamiento pasivo con temperatura alta (N = 4), o calentamiento activo (N = 9) antes de hacer ejercicio excéntrico; ejercicio excéntrico sin calentamiento (N = 10); o calentamiento pasivo con temperatura alta sin ejercicio excéntrico (N = 10).	El calentamiento pasivo de los flexores de codo se logró mediante la onda corta pulsada, y el calentamiento activo se ha logrado mediante contracción concéntrica. La actividad de la Creatina quinasa (CK), la fuerza, el rango de movimiento, hinchazón y el dolor del músculo fueron observados antes del tratamiento y 24, 48, 72, y 168 horas después del tratamiento.	El calentamiento pasivo con temperatura alta sin ejercicio excéntrico no afectó a ningún marcador del daño muscular. Y fue utilizado como grupo de control. Los marcadores del daño muscular no fueron diferentes entre los grupos que han realizado el calentamiento previo al ejercicio excéntrico y los que no lo han hecho. Los grupos del calentamiento activo y excéntricos exhibieron un mayor incremento circunferencial que el grupo control ($P < 0.0002$), sin embargo, esto no fue observado después del calentamiento pasivo. Además, el grupo de calentamiento activo exhibió una mayor respuesta CK que los controles a las 72 h ($P < 0.05$).el grupo del calentamiento pasivo de alta temperatura previo al ejercicio excéntrico mostró un cambio significativo que el grupo control con el menor número de puntos en el tiempo. Pero debido a un pequeño tamaño de la muestra ($n = 4$), estos datos deben considerarse como preliminares.

<u>Olsen O, et al.</u> (2012)	Ensayo controlado aleatorizado	Investigar el efecto de los ejercicios de calentamiento y relajación sobre la aparición de las agujetas en la parte central y en la parte distal del recto femoral después del ejercicio de resistencia de la pierna.	Treinta y seis voluntarios (21 mujeres, 15 hombres) fueron asignados al azar para: el calentamiento (20 min de bicicleta estática antes del ejercicio de resistencia), relajación (20 min de bicicleta estática después del ejercicio de resistencia), o el grupo de control que realiza solo el ejercicio de resistencia.	El ejercicio de resistencia consistió en estocadas delanteras (10 × 5 repeticiones/juego) con una carga externa de 40% (mujeres) y 50% (hombres) de masa corporal. Los resultados primarios fueron el umbral del dolor a la presión a lo largo del recto femoral, y la fuerza isométrica máxima de extensión de la rodilla. Los datos fueron registrados antes del ejercicio de resistencia y durante los dos próximos días.	El umbral del dolor de la presión en la parte central del vientre muscular se redujo significativamente en el grupo de control en los días 2 y 3 ($p \leq 0.003$) pero no para el grupo de calentamiento ($p \geq 0.21$). Para el grupo de relajación, El umbral del dolor de la presión en la parte central del vientre muscular fue considerablemente reducido durante el día 2 ($p \leq 0.005$) y también era más bajo comparado con el grupo de calentamiento ($p = 0.025$). La fuerza fue considerablemente reducida durante el día 2 y 3 para todos los grupos ($p < 0.001$).
--	---------------------------------------	--	---	---	--

<u>Law RY,</u> <u>Herbert RD.</u> (2007)	Ensayo controlado aleatorizado	Demostrar que los ejercicios de calentamiento reducen las agujetas y los ejercicios de relajación no.	52 adultos sanos (23 hombres y 29 mujeres de 17 a 40 años). Cuatro grupos de igual tamaño recibieron, ejercicios de calentamiento y de relajación; solamente ejercicios de calentamiento; solamente ejercicios de relajación; ni ejercicios de calentamiento ni de relajación. Todos los participantes realizaron ejercicios para inducir la aparición de agujetas, como caminar cuesta abajo hacia atrás en una cinta inclinada durante 30 minutos, Los ejercicios de calentamiento y de relajación implicaron caminar cuesta arriba hacia delante en una cinta inclinada durante 10 minutos.	Dolor del músculo, medido por una escala visual analógica de 100 milímetros.	El calentamiento redujo el dolor del músculo 48 horas después del ejercicio (efecto medio de 13 mm, IC del 95%, 2 a 24 mm). Sin embargo los ejercicios de relajación no tuvieron ningún efecto aparente (efecto de 0 mm, IC del 95%, -11 a 11 mm).
---	---------------------------------------	--	---	---	--

<u>Soligard T et al.</u>⁵² (2008)	Ensayo controlado aleatorizado	Examinar el efecto de un programa de calentamiento diseñado para reducir el riesgo de lesiones en fútbol juvenil femenino.	125 Clubes de fútbol del sur, este y centro de Noruega (65 en el grupo de intervención; 60 en el grupo control), seguidos una temporada de liga (ocho meses). 1892 jugadoras entre 13-17 años (1055 jugadoras en el grupo intervención; 837 jugadoras en el grupo control) realizaron Un programa de calentamiento global para mejorar la fuerza, conciencia y control neuromuscular durante los movimientos estáticos y dinámicos.	Se miden las lesiones en los miembros inferiores (pie, tobillo, pierna, rodilla, muslo, ingle y cadera).	Durante una temporada, 264 jugadoras tenían lesiones relevantes: 121 jugadoras en el grupo de intervención y 143 en el grupo control (RR= 0.71, intervalo de confianza del 95%, 0.49 a 1,03). En el grupo intervención hubo un riesgo significativamente menor de lesiones en general (0.68, 0.48 a 0,98), lesiones de sobreuso (0.47, 0.26 a 0,85) y lesiones graves (0.55, 0.36 a 0,83).
---	---------------------------------------	---	---	---	---

<u>Grooms DR et al.</u> (2013)	Estudio de cohorte	Investigar los efectos de un programa de calentamiento específico en fútbol sobre la incidencia de lesiones en miembros inferiores de los jugadores de fútbol colegial masculino.	Un equipo de fútbol americano colegial seguido por dos temporadas. Cuarenta y un atletas masculinos colegiales de 18-25 años. El F-MARC 11 es un completo programa de calentamiento dirigido a la fuerza muscular, conciencia kinestésica corporal, y control neuromuscular durante los movimientos estáticos y dinámicos. Las sesiones de entrenamiento y la progresión de programa fueron supervisadas por un entrenador deportivo.	Se miden el riesgo de incidencia de la lesión del miembro inferior y el tiempo perdido por dicha lesión.	La tasa de lesiones en la temporada de control fue 8,1 lesiones por 1000 exposiciones con 291 días perdidos contra 2.2 las lesiones por 1000 exposiciones y 52 días perdidos en la temporada de intervención. En La temporada de intervención tuvieron reducciones en el riesgo relativo (RR) de lesiones del miembro inferior del 72% (RR = 0,28; intervalo de confianza 95% = 0,09, 0,85) y tiempo perdido por dichas lesiones ($P < 0.01$).
<u>Bixler B, Jones RL.</u> (1992)	Estudio prospectivo	Investigar parte de lesiones que ocurren durante el último cuarto de hora de un partido de fútbol, y si realizar un calentamiento y estiramiento durante el descanso reduce la incidencia de dichas lesiones.	Los equipos que participaron como grupo de intervención realizaron 3 minutos de calentamiento y estiramiento en el descanso, el grupo de control no realizó ni calentamiento ni estiramiento durante el descanso.	Fueron examinados 55 partidos con 108 heridas totales.	En general, los esguinces y desgarros musculares fueron los tipos más común de lesión (38%). En el grupo control, las lesiones se produjeron más a menudo en el último cuarto de hora de los partidos. Los equipos del grupo de intervención habían sostenido significativamente menos esguinces y desgarros musculares durante el último cuarto de hora por partido (p menor 0,05).

<u>Soligard T et al.</u>⁵⁴ (2010)	Estudio de cohortes.	Investigar la realización del equipo y de los jugadores de un amplio programa de calentamiento para la prevención de lesiones en el fútbol, y evaluar la asociación entre realización del programa y el riesgo de lesión.	65 de 125 equipos de fútbol (1055 de 1892 jugadoras noruegas de 13-17 años y 65 de 125 entrenadores).	Realizar el programa, la exposición y las lesiones se registraron prospectivamente. Se realizaron entrevistas telefónicas estandarizadas para evaluar las actitudes de los entrenadores hacia la prevención de lesiones.	Los equipos completaron el programa de prevención de lesiones en el 77% (es decir 1,3 sesiones por semana) en todos los entrenamientos y sesiones de partido, y jugadores en el 79% (es decir 0,8 sesiones por semana) en las sesiones que han asistido. En comparación con los jugadores con nivel intermedio de cumplimiento del programa, los jugadores con alto nivel de cumplimiento tuvo un 35% menos de riesgo de todas las lesiones (RR 0.65, 95% CI 0.46 a 0.91, p=0.011). Los entrenadores que habían utilizado antes una formación de prevención de lesiones entrenaron equipos con un riesgo 46% inferior de lesión (OR 0.54, 95% CI 0.33 a 0.87, p=0.011).
---	-----------------------------	--	--	--	--

<u>O'Sullivan K et al.</u> (2009)	Estudio cruzado aleatorio	Este estudio examinó los efectos a corto plazo del calentamiento, estiramiento estático y dinámico en la flexibilidad de los músculos isquiotibiales en personas con lesión anterior en los isquiotibiales y en personas sanas (grupo control).	18 personas heridas y 18 personas sanas como grupo control.	Durante dos días separados, se evaluó la flexibilidad de los músculos isquiotibiales mediante extensión pasiva de la rodilla (PKE ROM). En ambos días, se registraron cuatro mediciones de PKE ROM: (1) al inicio del estudio; (2) después de calentamiento; (3) después de estiramiento (estática o dinámica) y (4) después de 15 minutos de descanso. Los participantes realizaron estiramientos tanto estáticos como dinámicos, pero en días diferentes. Los Datos se analizaron mediante ANOVA (el análisis de la varianza).	En ambos grupos se observó un significativo efecto principal en el tiempo ($p < 0.001$), PKE ROM aumentó significativamente con el calentamiento ($p < 0.001$), Desde el calentamiento, PKE ROM aumentó aún más con estiramiento estático ($p = 0.04$) pero disminuyó significativamente con el estiramiento dinámico ($p = 0.013$). El aumento de la flexibilidad después del calentamiento y estiramiento estático redujo de forma significativa ($p < 0.001$) después de 15 minutos de descanso, pero permaneció significativamente mayor que al inicio ($p < 0.001$). Entre los grupos, no había ningún efecto principal por grupo ($p = 0.462$), con ninguna diferencia en los valores de PKE ROM durante las etapas individuales del protocolo ($p > 0.05$). Utilizando ANOVA para ajustar la no significativa ($p = 0.141$) diferencia inicial entre los grupos, el grupo previamente lesionado demostró una mayor respuesta al calentamiento y estiramiento estático, sin embargo esto no fue estadísticamente significativo ($p = 0.05$).
--	----------------------------------	--	--	--	---

<u>LaBella CR et al.</u> (2011)	Ensayo controlado aleatorizado	Determinar la efectividad del calentamiento neuromuscular en la reducción de lesiones en los miembros inferiores (mmii) en atletas de sexo femenino en una población de etnia mixta, población urbana.	De los 258 entrenadores y 1558 atletas invitados a participar, Noventa de los entrenadores y 1492 atletas completaron el estudio. Se reparten al azar las escuelas entre grupos de intervención y grupo control, se entrena a los entrenadores a aplicar un calentamiento neuromuscular de 20 minutos. Los entrenadores de control utilizan su habitual calentamiento.	El Cumplimiento de los entrenadores fue rastreado por auto-informe y la observación directa, Los entrenadores informaron exposiciones semanales de atletas (AEs) y lesiones de miembros inferiores causando una pérdida del partido. Asistentes de investigación entrevistaron a los atletas lesionados. Se compararon las tasas de lesiones entre los grupos de intervención y control usando χ^2 y test de Fisher, la Significación estadística fue ajustada en $P < 0.05$, El Análisis de regresión de Poisson fue ajustado para el agrupar y covariar el subconjunto de atletas reportando información personal ($n = 855$; 57.3%).	Hubo 28 023 AEs de intervención y 925 22 AEs de control, los Entrenadores de intervención utilizaron un calentamiento prescrito en 1425 de 1773 prácticas (80.4%).los atletas de Intervención tuvieron tasas menores por 1000 AEs de lesiones graduales en miembros inferiores (0.43 vs 1.22, $P < 0.01$), lesiones agudas sin contacto en mmii (0.71 vs 1.61, $P < 0.01$), esguinces de tobillo sin contacto (0.25 vs 0.74, $P = 0.01$), y lesiones quirúrgicamente tratadas en mmii (0 vs 0.17, $P = 0.04$). El análisis de regresión mostró las tasas de incidencia significativas para las lesiones aguda sin contacto de mmii (0,33; IC del 95%, 0,17-0,61), esguinces de tobillo sin contacto (0,38; IC del 95%, 0,15 a 0,98), esguinces de rodilla sin contacto (0.30, IC 95%, 0,10-0,86) y lesión del ligamento cruzado anterior sin contacto (0,20; IC del 95%, desde 0,04 hasta 0,95).
--	---------------------------------------	---	--	--	---

BAKHTIARY et al. (2013)	Estudio cruzado aleatorio	Averiguar el efecto del calentamiento sobre los índices de equilibrio estático y dinámico en sujetos atléticos y no atléticos.	64 Estudiantes universitarios, 32 atléticos (16 varones y 16 mujeres) y 32 no atléticos (16 varones y 16 mujeres) fueron asignados al azar en uno de los dos grupos experimentales: Grupo de calentamiento (5 minutos corriendo en cinta) y el control del grupo (ninguna intervención), de modo que todos los participantes asistieran tanto en calentamiento como en grupos de control en dos sesiones de evaluación con intervalo de 2 semanas.	Se evaluaron el índice riesgo de caerse, los índices de equilibrio dinámico (bilateral) y estático (una pierna) general, anterior y posterior, medial y lateral, midiendo el desplazamiento del centro de presión con ojos abiertos y con ojos cerrados antes y después de la intervención.	La comparación de cambios antes y después de la intervención en ambos grupos no mostró ninguna diferencia significativa en índices del equilibrio estático con la condición de ojos abiertos entre grupos ($p>0.05$). mientras que los índices de equilibrio estático con la condición de ojos cerrados y los índices de equilibrio dinámico con las condiciones ojos abiertos y cerrados mejoraron significativamente después del calentamiento, en comparación con el grupo de control ($p<0.05$). Después del calentamiento, el índice de riesgo de caída se redujo significativamente ($p<0.05$) tanto en participantes atléticos como en no atléticos. No se encontró diferencia significativa entre sujetos atléticos y no atléticos en el término de índices del equilibrio estáticos y dinámicos.
---------------------------------------	----------------------------------	---	---	--	---

BIBLIOGRAFÍA

1. Clark KA, McElhinny AS, Beckerle MC, Gregorio CC. Striated muscle cytoarchitecture: an intricate web of form and function. *Annu Rev Cell Dev Biol*, 2002; 18: 637-706.
2. Bailey P, Holowacz T, Lassar AB. The origin of skeletal muscle stem cells in the embryo and the adult. *Curr Opin Cell Biol*, 2001; 13: 679-689.
3. Asakura A. Stem cells in adult skeletal muscle. *Trends Cardiovasc Med*, 2003; 13: 123-128.
4. Lorenz T, Campello M. Biomecánica del músculo esquelético. En: Nordin M, Frankel VH. En: *Biomecánica Básica del Sistema Musculoesquelético*, 2ª ed. España: McGraw-Hill Interamericana; 2004. p. 152-78.
5. Balias Matas R, Pedret Carballido C. Lesiones musculares en el deporte. Madrid: Médica Panamericana; 2013.
6. Gillies AR, Lieber RL. Structure and function of the skeletal muscle extracellular matrix. *Muscle Nerve*. 2011;44(3):318-31.
7. Chicharro JL, Fernández Vaquero A. Fisiología del Ejercicio. 3ª ed. Madrid: Médica Panamericana; 2006.
8. Chris Jarmey. El libro conciso del cuerpo en movimiento. 1ª ed: Paidotribo Editorial ; 2011.p.130-131.
9. Lehrer SS. The regulatory switch of the muscle thinfilament: Ca^{2+} or myosin heads? *J Muscle Res Cell Motil*, 1994; 15: 232-236.
10. Lombardi V, Piazzesi G, Linari M. Rapid regeneration of the actin-myosin power stroke in contracting muscle. *Nature*, 1992; 355: 638-640.
11. Molgo J, Colasantei C, Adams DS, Jaimovich E. IP3 receptors and Ca^{2+} signals in adult skeletal muscle satellite cells insitu. *Biol Res*, 2004; 37: 635-639.
12. Sorrentino V, Gerli R. Structure and molecular organisation of the sarcoplasmic reticulum of skeletal muscle fibers. *Ital J Anat Embryol*, 2003; 108: 65-76.
13. Stockdale FE. Myogenesis embryology to gene therapy. *Trends Genet* , 1994; 10: 301-302.
14. Zammit P, Beauchamp J. The skeletal muscle satellite cell: stem cell or son of stem cell? *Differentiation*, 2001; 68: 193-204.
15. Daniel Delgado López, Ana Isabel Núñez Vivas, José Manuel Pérez Feito. Fundamentos Teóricos de la Educación Física. PILA TELEÑA; 2010.p.24

16. Safran MR, Garrett Jr WE, Seaber AV, et al. The role of warm-up in muscular injury prevention. *Am J Sports Med* 1988; 16(2): 123-9
17. Bishop D. Performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med* 2003; 33 (7): 483-98
18. Safran MR, Seaber AV, Garrett Jr WE. Warm-up and muscular injury prevention: an update. *Sports Med* 1989; 8 (4): 239-50
19. Shellock FG, Prentice WE. Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Med* 1985; 2 (4): 267-79
20. Faigenbaum AD, Bellucci M, Bernieri A, et al. Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children. *J Strength Cond Res* 2005; 19 (2): 376-81
21. McKardle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance. 3rd ed. Philadelphia (PA): Lea & Febiger, 1991
22. Agre JC. Hamstring injuries. proposed aetiological factors, prevention, and treatment. *Sports Med* 1985; 2 (1): 21-33
23. Magnusson SP, Larsson AB, Kjaer M. Passive energy absorption by human muscle-tendon unit is unaffected by increase in intramuscular temperature. *J Appl Physiol* 2000; 88: 1215-20
24. Diccionario esencial de la lengua española [Internet]. Madrid: Real Academia Española; edición es la 23ª 2014 [consulta el 28 de mayo de 2015]. Disponible a: <http://lema.rae.es/drae/?val=prevencion>
25. Chalmers DJ. Injury prevention in sport: not yet part of the game? *Inj. Prev.* 2002; 8(Suppl IV): iv22–iv25.
26. Garrett Jr WE. Muscle strain injuries: clinical and basic aspects. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22 (4): 436-43
27. Morgan DL, Allen DG. Early events in stretch-induced muscle damage. *J Appl Physiol* 1999; 87 (6): 2007-15
28. Kirkendall DT, Garrett Jr WE. Clinical perspectives regarding eccentric muscle injury. *Clin Orthop Relat Res* 2002; 403 Suppl.: S81-9
29. Lieber RL, Friden J. Mechanisms of muscle injury after eccentric contraction. *J Sci Med Sport* 1999; 2 (3): 253-65
30. Proske U, Morgan DL, Brockett CL, et al. Identifying athletes at risk of hamstring strains and how to protect them. *Clin Exper Pharmacol Physiol* 2004; 31 (8): 546-50
31. Reisman S, Walsh LD, Proske U. Warm-up stretches reduce sensations of stiffness and soreness after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37 (6): 929-36

32. Kirkendall DT, Garrett Jr WE. Clinical perspectives regarding eccentric muscle injury. *Clin Orthop Relat Res* 2002; 403 Suppl.: S81-9
33. Magnusson SP. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers: a review. *Scand J Med Sci Sports* 1998; 8: 65-77
34. McHugh MP, Magnusson SP, Gleim GW, et al. Viscoelastic stress relaxation in human skeletal muscle. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24 (12): 1375-82
35. Garrett Jr WE. Muscle strain injuries. *Am J Sports Med* 1996;24 (6): S2-S8
36. Halbertsma JP, van Bolhuis AI, Goeken LN. Effect of passive muscle stiffness of short hamstrings. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77: 688-92
37. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, et al. A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *J Physiol* 1996; 497 (1): 291-8
38. Guía de Práctica Clínica de las lesiones musculares. Epidemiología, diagnóstico, tratamiento y prevención. Versión 4.5 (9 de febrero de 2009)
39. Bixler B, Jones RL. High-school football injuries: effects of a post-halftime warm-up and stretching routine. *Fam Pract Res J* 1992; 12 (2): 131-9
40. Arnason A. ¿Cuál es la evidencia científica en los programas de prevención de la lesión muscular?. *Apunts Med Esport*. 2009;64:174-8.
41. Verrall GM, Árnason Á, Bennell K. Preventing hamstring injuries. En: Bahr R, Engebretsen L, editors. *Sports Injury Prevention, IOC Handbook of Sports Medicine and Science*. Wiley-Blackwell; 2009. p 72-90.
42. Bahr R, Mæhlum S. Lesiones Deportivas: Diagnóstico, tratamiento y rehabilitación. Madrid: Médica Panamericana; 2007.
43. Järvinen TAH, Järvinen TLN, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *Am. J. Sports Med*. 2005;33(5):745-64.
44. Arnason A, Andersen TE, Engebretsen L, Bahr R: Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports*. 2008,18(1):40-48.
45. Cross KM, Worrell TW. Effects of a static stretching program on the incidence of lower extremity musculotendinous strains. *Journal of Athletic Training* 1999;34:11-4.
46. Dadebo B, White J, George K. A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *British Journal of Sports Medicine* 2004, 38(4):388.
47. Shamliyan T, Kane RL, Jansen S. Quality of Systematic Reviews of Observational Nontherapeutic Studies. *Prev Chron Dis*. 2010;7(6). p. 9-195.

48. Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *J Epidemiol Community Health* 1998;52:377–84.
49. Evans RK, Knight KL, Draper DO, Parcell AC. Effects of warm-up before eccentric exercise on indirect markers of muscle damage *Med Sci Sports Exerc.* 2002 Dec;34(12):1892-9.
50. Olsen O, Sjøhaug M, van Beekvelt M, Mork PJ. The effect of warm-up and cool-down exercise on delayed onset muscle soreness in the quadriceps muscle: a randomized controlled trial. *J Hum Kinet.* 2012 Dec;35:59-68. doi: 10.2478/v10078-012-0079-4. Epub 2012 Dec 30.
51. Law RY, Herbert RD. Warm-up reduces delayed onset muscle soreness but cool-down does not: a randomised controlled trial. *Aust J Physiother.* 2007;53(2):91-5.
52. Soligard T, Myklebust G, Steffen K, Holme I, Silvers H, Bizzini M, Junge A, Dvorak J, Bahr R, Andersen TE. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ.* 2008 Dec 9;337:a2469. doi: 10.1136/bmj.a2469.
53. Grooms DR, Palmer T, Onate JA, Myer GD, Grindstaff T. Soccer-specific warm-up and lower extremity injury rates in collegiate male soccer players. *J Athl Train.* 2013 Nov-Dec;48(6):782-9. doi: 10.4085/1062-6050-48.4.08. Epub 2013 Jul 12.
54. Soligard T, Nilstad A, Steffen K, Myklebust G, Holme I, Dvorak J, Bahr R, Andersen TE. Compliance with a comprehensive warm-up programme to prevent injuries in youth football. *Br J Sports Med.* 2010 Sep;44(11):787-93. doi: 10.1136/bjsm.2009.070672. Epub 2010 Jun 15.
55. O'Sullivan K, Murray E, Sainsbury D. The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BMC Musculoskelet Disord.* 2009 Apr 16;10:37. doi: 10.1186/1471-2474-10-37.
56. LaBella CR, Huxford MR, Grissom J, Kim KY, Peng J, Christoffel KK. Effect of neuromuscular warm-up on injuries in female soccer and basketball athletes in urban public high schools: cluster randomized controlled trial. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2011 Nov;165(11):1033-40. doi: 10.1001/archpediatrics.2011.168.
57. Bakhtiary amir hoshang, Gilani mohammad, Jafarian ardekani golamreza, Amini saeid, Hoseini seyede Maryam. acute effect of warm-up training on the static and dynamic balance indices in athletic and non-athletic subjects. *koomesh spring 2013 , volume 14 , number 3 (47); page(s) 292 to 301.*