

Beneficios del abordaje fisioterapéutico en la recuperación del dolor muscular de aparición tardía y su influencia en el rendimiento deportivo

Benefits of the physiotherapeutic approach in the recovery of delayed onset muscle soreness and its influence on sports performance

Filiación:

¹ Comité Cantonal de Deportes y Recreación de Heredia-CCDRH, Heredia, Costa Rica y Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

² Escuela de Terapia Física, Universidad Santa Paula, Curridabat, Costa Rica.

³ Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud-INCIENSA, Cartago, Costa Rica e Instituto de Investigación y Desarrollo Científico Académico-IIDCA, Universidad Santa Paula, San José, Costa Rica.

Correspondencia: ✉ Didier García Quirós. Correo electrónico: didiergarciaquiros@gmail.com

Forma de citar: García-Quirós D, Cyrus-Baker E, Roselló Araya M. Beneficios del abordaje fisioterapéutico en la recuperación del dolor muscular de aparición tardía y su influencia en el rendimiento deportivo. Rev Ter. 2021;15(1):36-53

Financiamiento:

Ninguno

Conflictos de Interés:

Ninguno

Abreviaturas: CK: creatina quinasa; DOMS: dolor muscular de aparición tardía por sus siglas en inglés "delayed onset muscle soreness"; RFC: radiofrecuencia continua; RFP: radiofrecuencia pulsada

Fecha de envío: 17 de noviembre del 2020.

Fecha de aceptación: 20 de diciembre del 2020.

Didier García-Quirós¹ ✉, Erika Cyrus-Barker², Marlene Roselló-Araya³.

Resumen

Introducción: el dolor muscular de aparición tardía (DOMS, por sus siglas en inglés), se encuentra dentro de la categoría de lesiones musculares por sobrecarga, cuando esto sucede el atleta no es capaz de realizar sus sesiones de entrenamiento o incluso puede perder la oportunidad de competir. Se realiza esta revisión narrativa con el fin de establecer los beneficios del abordaje fisioterapéutico en la recuperación del DOMS y su influencia en el rendimiento del deportivo. **Metodología:** estudio descriptivo de revisión bibliográfica basado en artículos ubicados en PubMed, Academic, Search Ultimate, EBSCOhost, en inglés y español durante 2015-2020, utiliza la combinación de descriptores relacionados a DOMS, recuperación muscular y rendimiento deportivo. Se incluyeron 34 artículos, clasificados según el nivel de evidencia de Sackett como sigue: 8 artículos de nivel 1 (24%), 9 de nivel 2 (27%), 5 de nivel 3 (15%), 8 de nivel 4 (24%) y 4 de nivel 5 (10%). **Resultados:** las modalidades de crioterapia y terapia compresiva han demostrado evidencia significativa en el tratamiento del DOMS, son efectivos para atenuar el dolor, reducir la inflamación. El estiramiento no ha demostrado ser efectivo, pues sólo provoca analgesia temporal. El masaje ha demostrado flexibilidad, puede utilizarse como técnica preventiva y de tratamiento, pues genera modulación del tono muscular y recuperación del equilibrio metabólico. En estadios subagudos, la aplicación de radio frecuencia se encuentra indicada, al incidir en el aporte de oxígeno y nutrientes necesarios para la recuperación muscular. **Conclusiones:** un factor crítico que influye en el rendimiento deportivo es la presencia del dolor muscular de aparición tardía; múltiples beneficios se asocian a su abordaje fisioterapéutico. Resulta fundamental ya que, potencia las habilidades físicas e interviene sobre los procesos fisiológicos que se encuentran alterados con la aparición de dicho trastorno.

Palabras Clave: DOMS, rendimiento, deporte, atleta, fatiga, músculo, recuperación.

Abstract

Introduction: Delayed-onset muscle soreness (DOMS), is within the category of muscle strain injuries, when this happens the athlete is not able to perform their training sessions or may even lose the opportunity to compete. The aim of this review is to establish the benefits of the physiotherapeutic approach in the recovery of DOMS and its influence on sports performance. **Methods:** descriptive study of bibliographic review based on articles located in PubMed, Academic, Search Ultimate, EBSCOhost, in English and Spanish during 2015-2020, using the combination of descriptors related to delayed onset muscle soreness, muscle recovery and sports performance. 34 articles were included, classified according to the Sackett level of evidence as follows: 8 articles of level 1 (24%), 9 of level 2 (27%), 1 of level 5 (15%), 8 of level 4 (24 %) and 4 of level 5 (10%). **Results:** Cryotherapy and compression therapy modalities have shown significant evidence in the treatment of DOMS, they are effective in attenuating pain, reducing inflammation. Stretching has not been shown to be effective, as it only causes temporary analgesia. Massage has shown flexibility, it can be used as a preventive and treatment technique, as it generates modulation of muscle tone and recovery of metabolic balance. In subacute stages, the application of radio frequency is indicated, as it affects the supply of oxygen and nutrients necessary for muscle recovery. **Conclusions:** a critical factor that influences sports performance is the presence of delayed onset muscle soreness; multiple benefits are associated with its physiotherapeutic approach. It is essential since it enhances physical abilities and intervenes on the physiological processes that are altered with the appearance of said disorder.

Key Words: DOMS, performance, sport, athlete, fatigue, muscle, recovery.

Introducción

El rendimiento deportivo es un tema de interés y desarrollo a nivel mundial, durante los últimos 10 años, diferentes países han incrementado la inversión en desarrollo de políticas que mejoren el deporte de alta competición¹. Asimismo, es influenciado por múltiples factores, que se entrelazan entre sí, estos componentes determinan el rendimiento de diferentes maneras, pueden ser valorados manera cuantitativa, cualitativa y temporal².

El deportista de élite se desarrolla entre el talento y las horas que dedica a su entrenamiento, la combinación de estos factores conlleva al rendimiento óptimo deportivo; ser deportista de alto

nivel reclama tiempo, trabajo, correcta planificación, superación técnica sumada a la voluntad que se debe tener para lograr los objetivos³.

En ese sentido, los tiempos de entrenamiento de un atleta de alto rendimiento en promedio son de 3 a 6 horas al día, mientras un deportista aficionado apenas es de 1 a 3 horas al día. La sumatoria de estímulos que generan tantas horas de entrenamiento al cuerpo, provocan mejoras a nivel celular, tisular y de sistemas de orgánicos, necesarios para cumplir con los requisitos y mantener un rendimiento competitivo. Estas mejoras en la función biológica han permitido avances continuos en el rendimiento, como se refleja en récords mundiales en distintos eventos deportivos⁴.

En la actualidad, las diferencias entre

competidores de alto nivel son mínimas, el cuerpo de los atletas se ha llevado al límite, esto ha ocasionado que el ganar una carrera o un partido dependa en gran medida de detalles mínimos⁵.

Asociadas a dicha actividad prolongada, se encuentran las afectaciones por sobre carga muscular, con una incidencia del 10 al 55% de todas las lesiones deportivas. El dolor muscular de aparición tardía (DOMS, por sus siglas en inglés "delayed onset muscle soreness"), se encuentra dentro de la categoría de lesiones musculares por sobrecarga, cuando esto sucede el atleta no es capaz de realizar sus sesiones de entrenamiento o incluso puede perder la oportunidad de competir⁶.

El DOMS es un fenómeno de etiología desconocida, que suele presentarse entre las 12 a 24 horas después de un entrenamiento riguroso o una competición y con frecuencia una de las principales molestias a nivel del sistema musculo esquelético que experimentan los atletas de alto rendimiento, en las fases de mayor carga de sus entrenamientos. Interviene en la capacidad de recuperación muscular, la efectividad de la contracción y por ende el entrenamiento, es un factor de suma relevancia el disponer de métodos que minimicen los tiempos de recuperación y prevengan lesiones por sobre uso debido a la fatiga muscular. Se relaciona con microtraumatismos a nivel muscular asociados al aumento del dolor, pérdida de movilidad articular y decrecimiento de generación de fuerza^{7,8}.

Múltiples estudios atribuyen al DOMS la principal causa del declive de rendimiento físico, tanto en atletas de élite, como en personas que practican deporte a modo aficionado; de ahí que genera problemas de fuerza muscular, movimiento y estrés emocional⁸⁻¹⁰.

El DOMS se asocia con deterioro de capacidades de fuerza muscular, incremento

progresivo de dolor, dolor agudo, rigidez e hinchazón y algunas alteraciones biomecánicas de las articulaciones adyacentes a la musculatura afectada. Las manifestaciones clínicas son variables, desde formas leves de dolor muscular, que disminuyen con actividad moderada, al dolor y la incapacidad para realizar ciertos movimientos^{6-8,11}. Por ende, la fase de recuperación muscular adquiere relevancia, en ese sentido se ha indicado que es un proceso que abarca varios aspectos fisiológicos, psicológicos y sociales, con el objetivo de reestablecer las habilidades de rendimiento para devolver el organismo a los niveles previos de la actividad de forma eficiente. Para ello se debe establecer una estrategia capaz de tener en cuenta al mayor número de causas de la fatiga, asimismo es importante conocer el tipo de actividad, volumen, intensidad, y duración de la carga al que fue sometido el deportista¹².

El fisioterapeuta interviene en la relación entre el ejercicio físico y la recuperación, en presencia o no de una lesión, lo que lo convierte en un pilar fundamental del rendimiento físico en el deporte¹². Los abordajes existentes son muy variados, ya que van desde el manejo clásico mediante la crioterapia¹³ y masaje manual¹⁴, hasta tecnologías como la compresión neumática intermitente¹⁵, radiofrecuencia¹⁶, campo electromagnético pulsado¹⁷ entre otros. Por lo tanto, resulta relevante establecer los beneficios que genera la intervención fisioterapéutica en la recuperación del DOMS y por ende su influencia en el rendimiento deportivo. En la figura 1, se resumen las manifestaciones más relevantes causadas por el DOMS.

Materiales y Métodos

Se llevó a cabo un estudio descriptivo de revisión bibliográfica basado en artículos ubicados en

PubMed, Academic, Search Ultimate, EBSCOhost y Rehabilitation publicados en inglés y español durante el periodo 2015-2020, con información pertinente que conteste a la pregunta ¿Cuáles son los beneficios del abordaje fisioterapéutico del dolor muscular de aparición tardía y su influencia en el rendimiento deportivo?

Se utilizó como estrategia la combinación de descriptores relacionados a delayed onset muscle soreness(DOMS), recuperación muscular,

rendimiento deportivo y fisioterapia deportiva. Se incluyeron 33 artículos, clasificados según el nivel de evidencia de Sackett como sigue: 8 artículos de nivel 1 (24%), 9 de nivel 2 (27%), 5 de nivel 3 (15%), 8 de nivel 4 (24%) y 4 de nivel 5 (10%). Se delimitó la población a personas de 18 a 50 años que practican deporte de manera profesional o aficionada y se excluyeron artículos relacionados a fármacos y complementos nutricionales.

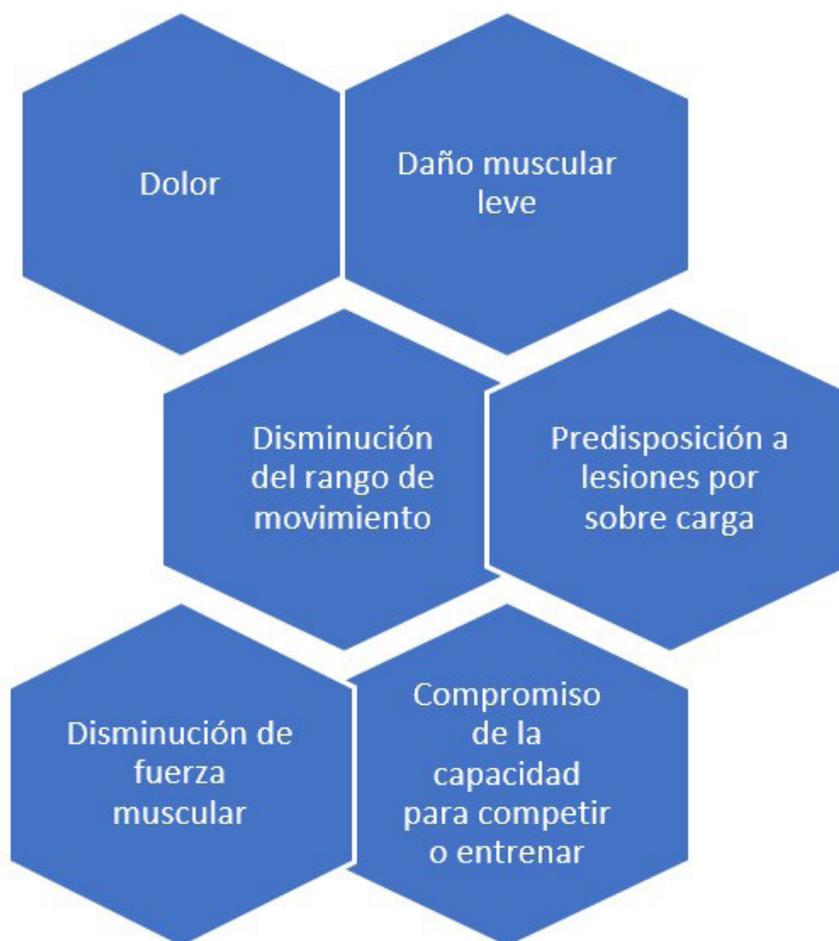


Figura 1. Manifestaciones asociadas a la aparición de dolor muscular de aparición tardía.

Fuente: Elaboración propia basada en las referencias ²⁻¹²

Resultados y discusión

El DOMS es un tipo de lesión o daño muscular leve que limita la efectividad de contracción, fuerza muscular y rangos de movimiento, por lo que resulta de suma importancia los beneficios que la fisioterapia ofrece, con la finalidad de prevenir, tratar o incidir en la recuperación del sistema musculo esquelético, y el retorno de la homeostasis de los sistemas que se vea afectados por las amplias demandas que requiere una deportista élite⁶⁻⁸. A continuación, se exponen los hallazgos de las diferentes modalidades de tratamiento.

Estudios de crioterapia

La aplicación de crioterapia busca reducir la temperatura del tejido expuesto, lo que provoca la disminución del metabolismo basal, vasoconstricción, disminución de flujo sanguíneo y conductividad nerviosa. De ahí que, el método más estudiado y utilizado por los fisioterapeutas a través del tiempo para la prevención y el manejo del dolor muscular de aparición tardía, ha sido la crioterapia en sus distintas modalidades de aplicación^{11-13,18-20}. Varios autores reportan que, uno de los métodos más utilizada en general, es la inmersión en agua fría, la mayoría de los estudios experimentales miden el daño muscular, basados en la actividad enzimática del músculo creatina quinasa (CK), respuesta inflamatoria sistémica a través de cortisol, citocinas y rendimiento deportivo. La recuperación mejora conforme hay un descenso en la temperatura y disminuye el flujo sanguíneo de los tejidos. La redistribución sanguínea se modifica debido a la presión hidrostática y la vasoconstricción, la cual facilita la eliminación de metabolitos de la circulación periférica a la central, contribuye al manejo del

dolor muscular de aparición tardía, por sus efectos analgésicos en la reducción de la transmisión de impulsos nerviosos^{7,12,13,20}.

Se debe tomar en consideración que, las inmersiones en agua fría no solo evocan la vasoconstricción periférica, sino que también reducen la perfusión muscular, lo que disminuye el suministro de oxígeno y nutrientes y activa el metabolismo anaeróbico, estos pueden limitar los procesos de recuperación según en la fase que se encuentren los tejidos^{12,20}.

Contrò et al⁷, menciona un estudio donde se comparó los tratamientos DOMS con agua fría. (20°) y agua caliente (38°) durante 30 minutos, y atribuye que una inmersión en agua caliente podría reducir el DOMS más eficientemente. Sin embargo, otros autores^{23,29} mencionan que no existen diferencias significativas y en el uso de calor debe de tomarse en cuenta el contexto de las fases de recuperación de los tejidos.

Rossato et al¹³, realizaron un estudio piloto en corredores de downhill; se comparó la aplicación de crioterapia y el reposo pasivo en el manejo del DOMS, en el cual un primer grupo hizo la aplicación de frío y el segundo reposo pasivo. Un 70% de los sujetos presentaron DOMS después de la competencia, la crioterapia redujo significativamente ($p < 0,05$) los valores del DOMS, en comparación al otro grupo de control, donde el dolor aumentó significativamente 24 a 48 horas después.

Otros estudios en la misma línea han demostrado que la crioterapia reduce significativamente los síntomas de DOMS (hasta 96 horas), en comparación con las intervenciones de control pasivo^{7,13,19,12,20}.

Es relevante mencionar que, varios investigadores llegan a conclusiones similares al indicar que las temperaturas del agua fría que

oscilan entre 11 y 15 °C con una aplicación durante 11 - 15 minutos, es donde se han encontrado mejores resultados^{7,13,20}.

Las inmersiones en agua fría parecen ser más eficaces para atenuar el DOMS inducido por ejercicios prolongados basados en resistencia de todo el cuerpo^{7,12,13,20,21}.

La técnica como la crioterapia puede enfocarse en dos áreas; la prevención y la atención; logra mejores mayores beneficios en una etapa aguda. Cabe recalcar, que es una herramienta efectiva, económica y de fácil acceso para los deportistas; puede ser utilizado como un agente físico en el cual el terapeuta puede educar al usuario, para que sea auto aplicado como parte de las recomendaciones para el hogar.

En la tabla 1, se presentan los principales hallazgos sobre los efectos fisiológicos y otras consideraciones que se alcanzan con el descenso de la temperatura.

Estudios de Radiofrecuencia

La aplicación de radiofrecuencia se encuentra en la línea de la termoterapia, como método para tratar el DOMS. La radiofrecuencia se basa en la utilización de la corriente eléctrica con efecto lesivo o neuromodulador, de ahí que utiliza el aumento local de temperatura. Es una técnica intervencionista, mínimamente invasiva y percutánea, en la cual se emplea un campo eléctrico que se transmite hasta un aplicador distal en contacto con el paciente. Este campo eléctrico produce aumento de calor a nivel tisular por fricción, alcanzando una temperatura determinada y con efectos diferentes según el tipo radiofrecuencia continua (RFC) o radiofrecuencia pulsada (RFP)²².

Cabe indicar que, si se toma en cuenta que

el objetivo de la prevención del dolor muscular es atenuar las respuestas inflamatorias, la primera opción de tratamiento será la crioterapia, sin embargo, que sucede después de esta etapa si el dolor muscular persiste más allá de la fase aguda de recuperación. Después del pico de dolor muscular de aparición tardía, el cuerpo entra en la segunda fase de recuperación de los tejidos, donde la microcirculación y la perfusión del tejido es fundamental para el resarcimiento de los tejidos. Esto ha llevado a la utilización de los métodos de calor como técnicas profilácticas, ya que disminuyen el daño celular y degradación de proteínas del músculo y manifiesta un aumento de la expresión de genes de diferenciación y crecimiento muscular²⁰.

Guimaraes et al¹⁶, realizaron un estudio con la participaron de 60 atletas de voleibol; fueron sometidos a un estudio experimental aleatorizado, con un protocolo de fatiga. A un grupo se le aplicó la radiofrecuencia (TECAR) y a otro grupo control reposo pasivo. Se concluye que la aplicación de radiofrecuencia (TECAR), fue eficaz en el alivio de dolor muscular, a partir de las 24 horas posteriores a su aplicación. Igualmente, los individuos tratados tuvieron una mejor recuperación de la fuerza muscular y la función al final del protocolo de 72 horas.

En otro estudio de control cruzado en corredores entrenados realizado por Duñabeitia et al²³, tuvo como objetivo establecer si la terapia radiofrecuencia (TECAR) proporciona al atleta una mejor recuperación en comparación con el descanso pasivo, al tomar como referencia efectos fisiológicos y biomecánicos después de una exhaustiva sesión de entrenamiento en corredores. El principal hallazgo de este estudio fue que, algunos parámetros biomecánicos medibles a nivel espaciotemporal (longitud de paso, frecuencia de zancada, zancada

altura y ángulo de zancada) cuando se corre entre 14 km/h a 16 km/h, mejoraron más rápido con la terapia que con el descanso pasivo. La atribución a estos resultados se puede deber a un aumento modesto en la temperatura que estimula el flujo sanguíneo, mayor aporte de oxígeno, sustancias nutren al tejido, aceleran el metabolismo y los procesos de eliminación de desechos.

Cuando el deportista manifiesta dicho fenómeno, el criterio del terapeuta determina la fase

de reparación de los tejidos en que se encuentra el músculo, para aplicar el abordaje según el estadio agudo, subagudo o crónico. En un estadio subagudo en el cual el DOMS tiende a complicarse, la aplicación de radio frecuencia se encuentra indicada para el alivio y recuperación del tejido celular. Asimismo, mejora la movilidad funcional y la fuerza muscular.

En la tabla 2, se presentan los principales hallazgos sobre los efectos fisiológicos que se alcanzan con utilización dicha corriente eléctrica, en concordancia con su dosificación.

Tabla 1. Efectos fisiológicos y dosificación de la crioterapia para el manejo del dolor muscular de aparición tardía

CRIOTERAPIA				
Efectos fisiológicos que actúan sobre el DOMS	Disminución de la temperatura Disminuye el metabolismo Disminuye cambios bioquímicos Analgesia Atenúa DOMS Reduce la Inflamación			
Métodos utilizados	Momentos en que se aplica	Tiempos de aplicación	Temperatura	Fase o etapa de evolución
Cámaras criogénicas cuerpo completo	0 a 24 horas	2 a 5 minutos	- 100 °C	Aguda o inflamación crónica
Inmersiones en agua fría	0-12-24 o 48 horas	10 a 15 minutos	11 a 15 °C	Aguda
Aspectos/ fundamentos que mejoran el rendimiento deportivo	Recuperación física en las primeras etapas mejora con el descenso de la temperatura. Redistribución flujo sanguíneo, que permite la recuperación muscular. Eliminación de exudados inflamatorios del músculo a la circulación central.			
Cuidados y consideraciones de la aplicación de la técnica	Se puede utilizar de forma preventiva y/o tratamiento. La aplicación de frío produce una reducción de la perfusión muscular, disminución de oxígeno y nutrientes, activa el metabolismo anaeróbico. Esto puede limitar o retrasar la recuperación del tejido muscular según de la fase de reparación en que se encuentren.			

Fuente: Elaboración propia basada en las referencias ^{7,12,13,20,21}.

Tabla 2. Efectos fisiológicos y dosificación de la radiofrecuencia para el manejo del dolor muscular de aparición tardía

RADIOFRECUENCIA				
Efectos fisiológicos que actúan sobre el DOMS	Aumento de temperatura Aumento del flujo sanguíneo Aumento metabolismo Aumento del aporte de oxígeno Aumento de nutrientes Modulación del tono muscular			
Métodos utilizados	Momentos en que se aplica	Tiempos de aplicación	Temperatura	Fase o etapa de evolución
Radiofrecuencia continua	Posterior a 24 horas	Varía por método y músculo	A percepción y tolerancia	Sub aguda a crónica
Radiofrecuencia pulsada	Mejores resultados 48 a 72 horas	Varía por método y músculo	A percepción y tolerancia	Sub aguda a crónica
Aspectos/ fundamentos que mejoran el rendimiento deportivo	Mejora la movilidad funcional Mejora la fuerza muscular Alivio del dolor muscular de aparición tardía.			
Cuidados y consideraciones de la aplicación de la técnica	En base a las fases de curación del tejido muscular se puede aplicar después de la fase aguda, para evitar aumento de la inflamación y dolor posterior a las 24 horas, con la finalidad de mejorar los procesos de curación; entre las 24 a 48 horas se trabaja el alivio del dolor muscular y a las 72 horas existe una mejora de la fuerza muscular.			

Fuente: Elaboración propia basada en las referencias ^{16,20,22,23,34}

Estudios de Terapia Compresiva

Es una técnica de tratamiento por compresión externa originada por un sistema de bombeo hidráulico que produce presión intermitente en las extremidades. La presoterapia tiene sus bases en el drenaje linfático manual, ya que busca mejorar la circulación por vías fisiológicas propias del cuerpo, moviliza el exceso de líquidos de la zona recargada hacia los ganglios linfáticos¹⁵.

La compresión forma un gradiente de presión externa que aminora los cambios en la presión osmótica y comprime el espacio disponible para la inflamación, esto disminuye el grado de quimiotaxis, y atenúa así la experiencia de dolor. Mientras el uso de dispositivos de compresión durante el ejercicio no ha demostrado cambio o mejoras significativas en el rendimiento deportivo, el uso post ejercicio ha obtenido mejores resultados como una vía efectiva de reducir los síntomas clínicos de DOMS y acelerar la recuperación de la función muscular, la fuerza y la potencia²⁰.

En lo que refiere a la compresión neumática intermitente, existen estudios que han investigado los efectos agudos del pulso peristáltico EPC (External Pneumatic Compression), sobre el conducto periférico y la función de resistencia. La presión EPC más baja mejora el conducto de la arteria endotelial y su función sistemática, pero solo mejoran la hiperemia reactiva flujo sanguíneo de forma local^{15,20}.

En un estudio 15 voluntarios sanos y deportistas fueron reclutados. Los participantes realizaron un ejercicio excéntrico estandarizado de los músculos de la pantorrilla. Se realizó una resonancia magnética al inicio y 60 horas post-

ejercicio. Se aplicó una compresión convencional (18-21 mmHg) a nivel de la pantorrilla, luego del ejercicio. Se concluyó que las prendas de compresión continua no tienen un efecto significativo en el desarrollo de edema muscular, dolor muscular, rango de movimiento y circunferencia de la pantorrilla²⁴.

Winke et al¹⁵ realizaron un estudio comparativo entre los efectos de un dispositivo de compresión neumática (PCD) y la compresión de uso continuo manga (CS), durante un período de recuperación de cinco días del DOMS de los flexores del codo. Inmediatamente después del protocolo de daño muscular, los sujetos usaron un CS continuamente durante cinco días; siete días después repitieron el protocolo y utilizaron PCD de 20 minutos durante cinco días. Los resultados con PCD mostraron una disminución de hinchazón, alteraciones en el rango de movimiento articular y dolor subjetivo en comparación con el dispositivo CS, en el grupo de sujetos recreacionalmente activos. Las investigaciones concluyen de manera similar; generalmente se menciona una mejoría de la clínica del DOMS al usar algún tipo de terapia compresiva estática en comparación a la recuperación pasiva, es probable que los tratamientos diarios con un PCD manifiesten mayores beneficios.

En general la presoterapia cuenta con mayores beneficios en una etapa aguda, ya que ayudan con la redistribución del flujo sanguíneo, la disminución de los biomarcadores de daño celular y eliminación de exudados inflamatorios del músculo que permiten acelerar la recuperación de la fatiga muscular.

En la tabla 3 se establecen los principales hallazgos sobre los efectos fisiológicos que se alcanzan con utilización de la compresión externa.

Tabla 3. Efectos fisiológicos y dosificación de la terapia compresiva para el manejo del dolor muscular de aparición tardía

TERAPIA COMPRESIVA				
Efectos fisiológicos que actúan sobre el DOMS	Atenúa el DOMS Aminora cambios de presión osmótica Disminuye la inflamación Disminuye la quimiotaxis			
Métodos utilizados	Momentos en que se aplica	Tiempos de aplicación	Presión	Fase o etapa de evolución
Compresión de uso continuo manga	Durante o posterior entrenamientos o competición	8 a 12 horas	18 a 21 mmHg	Agudo
Dispositivo de compresión neumática	0-12 a 24 horas	20 a 30 minutos	20 a 30 minutos	Agudo
Aspectos/ fundamentos que mejoran el rendimiento deportivo	Redistribución de flujo sanguíneo, que permite la recuperación muscular Disminuye biomarcadores de daño celular, lo cual acelera la recuperación muscular			
Cuidados y consideraciones de la aplicación de la técnica	Se puede utilizar de forma preventiva y/o tratamiento. Las prendas de compresión continua (CS), no tienen un efecto significativo en el desarrollo de edema muscular, dolor muscular, rango de movimiento. Dispositivos de compresión neumática intermitente (PCD), manifiesten mayores beneficios.			

PCD: dispositivo de compresión neumática. CS: Compresión continua.

Fuente: Elaboración propia basada en las referencias ^{15,20,24}

Estudios de Estiramiento

A nivel de los deportistas, entrenadores y fisioterapeutas una de las formas de recuperación activas más utilizada es el estiramiento; el mismo es de suma importancia en la recuperación después de un entrenamiento intenso o competir.

El propósito del estiramiento suele ser aumentar la movilidad articular, longitud muscular y flexibilidad, así como para relajar la musculatura en sobre uso para restablecer el tono normal. Un aumento en el tono muscular a menudo provocará dolor causado por irritación de las terminaciones nerviosas lo que provoca la desaceleración de la metabolismo y decrecimiento del rendimiento deportivo²⁵.

El estiramiento y los ejercicios de baja intensidad son los métodos más tradicionales empleados por las personas para el manejo del dolor, se considera que el ejercicio de baja intensidad es un método efectivo para aliviar el DOMS; sin embargo, los efectos analgésicos son principalmente temporales. Durante el ejercicio se produce ruptura de adherencias, aumento del flujo sanguíneo u liberación de endorfinas que benefician al manejo del dolor²⁰.

Xie et al²⁶, realizaron un ensayo aleatorio controlado que evaluó la eficacia la técnica de contracción relajación y estiramiento estático; tres grupos de 16 participantes fueron reclutados por muestreo, se realizaron 3 series de ejercicios hasta llegar a la fatiga y producir dolor muscular de aparición tardía. Los participantes fueron asignados aleatoriamente al grupo de control, uno sin intervención, otro de estiramiento dinámico contracción relajación (DS) y finalmente un grupo de estiramiento estático (SS). Los grupos de SS realizaron DS y SS, respectivamente, en la pierna dominante dos veces al día durante 5 días

consecutivos, antes de los puntos de tiempo de medidas de resultado a las 24, 48, 72, 96 y 120 horas después del ejercicio, sin demostrar cambios significativos para el tratamiento del DOMS.

La evidencia científica concluye de forma muy puntual, que existe una falta de resultados efectivos de estas técnicas de estiramientos, ya sea antes durante o después del ejercicio, por lo cual sugieren que otros métodos de tratamiento, pueden ser relativamente mejores y más útiles para contener el desarrollo DOMS^{7,20,26}.

En síntesis, si bien es cierto las técnicas de estiramiento no han logrado demostrar de forma significativa mejoría del DOMS, ya que sólo producen analgesia temporal, cabe destacar que la flexo-elasticidad de los tejidos que se logra con su aplicación consigue mantener y mejorar la movilidad para la ejecución del gesto deportivo.

En la Tabla 4, se ofrecen los principales alcances que se logran con la utilización del estiramiento.

Estudios de masaje

Es definido como un conjunto de movimientos sistemáticos manuales o mecánicos practicados sobre los tejidos blandos del cuerpo, regularmente con fines terapéuticos, lo que ayuda en la reactivación sanguínea y linfática, la relajación muscular, el alivio del dolor, la recuperación del equilibrio metabólico y es ampliamente utilizado en disminuir el DOMS²⁷⁻²⁹.

Holub et al²⁷, realizaron un estudio en 20 sujetos; se buscaba determinar los efectos de la aplicación de masaje sueco por 20 minutos, después de un ejercicio extenuante. Los participantes realizaron dos series de ejercicios de sentadillas para llegar a la fatiga, se les realizó técnicas de masaje, inmediatamente después del protocolo en

una de sus piernas, las técnicas utilizadas fueron effleurage, petrissage, fricción y técnicas manuales de compresión. Dentro de los resultados encuentran que el masaje es de utilidad para disminuir el DOMS durante las primeras 24 horas, mientras no se encontró mejoras o diferencias significativas a las 48 horas.

Urbaniak et al ²⁹, se basaron en la técnica de masaje de tejido profundo, la muestra fue de 11 deportistas de karate masculinos que compiten a nivel nacional e internacional; después de la sesión de entrenamiento, se les practicó una sesión de masaje de tejido profundo, se les midió el nivel de tolerancia del dolor a la presión antes, 0, 24,48 y 72 horas después del entrenamiento con pesas, las sesiones de masaje se repitieron a las 24 y 48 horas después de completar el entrenamiento. Los resultados muestran una disminución en el inicio del dolor muscular para los músculos recto femoral y gastrocnemios.

Autores como Hatorno et al¹¹, incursionan en investigar de manera comparativa dos de los métodos más utilizados para el manejo del DOMS; en su estudio aleatorio se designaron tres grupos de 10 participantes, el primer grupo de masajes con rodillo de foam, el segundo grupo de masajes y el tercer grupo de baños fríos. Se tomó la muestra sanguínea para determinar el nivel de lactato, posteriormente se aplicó masaje con rodillo de foam, masaje tradicional y baño frío a 10°C por 5 minutos, se volvió a tomar muestras de los tres grupos una segunda vez para determinar su nivel de lactato. La técnica crioterapia fue el que mostró mejores resultados seguido del masaje tradicional y de último el masaje con rodillo de foam.

Los mecanismos de la terapia de masaje en DOMS, se explican bajos tres teorías principales; la modulación de la actividad del sistema nervioso parasimpático, el aumento en el flujo sanguíneo

y linfático para permitir una eliminación rápida de marcadores bioquímicos de daño muscular ultraestructural y finalmente por el papel de la respuesta psicofisiológica. El masaje post-ejercicio, puede ser relevante particularmente para la recuperación a corto plazo después de un entrenamiento intenso, muestra efectos positivos sobre el dolor muscular, el rendimiento muscular²⁰. En particular, el masaje ha demostrado mayor flexibilidad, ya que puede utilizarse como técnica preventiva y de tratamiento, desde las 0 horas hasta las 72 horas. De ahí que, dentro de los beneficios, se encuentran el aumento del umbral del dolor, mejoría o restablecimiento del tono muscular (equilibra la acción agonista-antagonista), mejora la movilidad, permite el drenaje de sustancias de desecho y atenúa o alivia el DOMS.

En la Tabla 5, se visualizan los principales alcances sobre los efectos fisiológicos que se alcanzan la aplicación de las técnicas del masaje.

Influencia del abordaje fisioterapéutico del dolor muscular de aparición tardía en el rendimiento deportivo

El trabajo de recuperación después de una sesión de entrenamiento o competición debe estar guiada bajo el análisis crítico del fisioterapeuta; se encuentra a cargo de planificar y aplicar el abordaje según el estadio y fases en que se encuentre el fenómeno del DOMS, para garantizar que el abordaje no limite la super compensación del deportista y así pueda entrenar para mejorar su rendimiento. La fisioterapia está presente a lo largo de todo el proceso de un deportista, no sólo se encarga del aspecto físico de la recuperación, también es un apoyo incondicional para que el deportista logre sus objetivos competitivos¹⁸.

Tabla 4. Efectos fisiológicos y dosificación del estiramiento para el manejo del dolor muscular de aparición tardía

ESTIRAMIENTO			
Efectos fisiológicos que actúan sobre el DOMS	Efecto analgésico temporal Ruptura de adherencias Liberación de endorfinas No ha demostrado mejoras significativas en la prevención o tratamiento del DOMS		
Métodos utilizados	Momentos en que se aplica	Tiempos de aplicación	Fase o etapa
Ejercicios de movilidad baja intensidad	Posterior a los entrenamientos o competencias	1 a 2 min por zona	Agudo a crónico
Estiramiento estático	Posterior a los entrenamientos o competencias	30 a 90 segundos	Agudo a crónico
Técnicas de contracción-relajación (FNP-TEM)	Posterior a los entrenamientos o competencias	6 a 10 segundos por repetición	Agudo a crónico
Aspectos/ fundamentos que mejoran el rendimiento deportivo	Mejora la flexo-elasticidad de los tejidos Normaliza el tono muscular para reestablecer el equilibrio agonista-antagonista Prepara la excursión muscular para la ejecución del gesto deportivo		
Cuidados y consideraciones	Se puede utilizar de forma preventiva. Aunque los estiramientos no muestran evidencia significativa en el manejo del DOMS, el flexo elasticidad de los tejidos es de vital importancia para la ejecución del gesto deportivo, por lo que debe forma parte de la rutina del deportista		

FNP: Facilitación neuro propioceptiva. TEM: Técnicas de energía muscular.

Fuente: Elaboración propia basada en las referencias ^{7,20,25,26}

Influencia del abordaje fisioterapéutico del dolor muscular de aparición tardía en el rendimiento deportivo

El trabajo de recuperación después de una sesión de entrenamiento o competición debe estar guiada bajo el análisis crítico del fisioterapeuta; se encuentra a cargo de planificar y aplicar el abordaje según el estadio y fases en que se encuentre el fenómeno del DOMS, para garantizar que el abordaje no limite la super compensación del deportista y así pueda entrenar para mejorar su rendimiento. La fisioterapia está presente a lo largo de todo el proceso de un deportista, no sólo se encarga del aspecto físico de la recuperación, también es un apoyo incondicional para que el deportista logre sus objetivos competitivos¹⁸.

El rendimiento deportivo y su éxito está determinado por múltiples factores y procesos sumamente complejos y entrelazados; cada eslabón de la cadena por pequeño o grande que sea es fundamental, por ende, el rol del fisioterapeuta en la recuperación muscular y en el caso específico del DOMS, marcan la diferencia entre el éxito o fracaso

deportivo en una competición^{1,3,5,7-10,18,20,21,30-32}.

El fisioterapeuta, tiene a su disposición gran número de evidencia científica de diversos tipos de intervenciones, guías y protocolos para abordar el dolor muscular de aparición tardía^{11-17,23-25,28,29,33,34}.

En ese sentido existe una relación intrínseca entre la escogencia correcta del abordaje que prevenga o trate los síntomas éste fenómeno, (los cuales causan un declive del atleta) y la optimización del rendimiento deportivo. Por ende, se debe realizar un adecuado razonamiento clínico, tomar en cuenta las fases de recuperación del tejido muscular, abordajes o técnicas disponibles (crioterapia, radiofrecuencia, terapia compresiva, estiramiento, masajes, entre otras), métodos utilizados (forma particular de aplicación), tiempos de aplicación, fase o etapa en la que se encuentra (agudo, subagudo o inflamación crónica), los efectos fisiológicos que se quieren generar, cuidados y consideraciones propias de cada técnica, así como las metas personales de cada deportista. En la figura 2, se visualizan las principales áreas en las cuales la terapia física ejerce su influencia en el rendimiento deportivo.



Figura 2. Influencia de la terapia física en el rendimiento deportivo

Fuente: Elaboración propia según referencias ^{11-18,23-25,28,29,33,34}

Tabla 5. Efectos fisiológicos y dosificación del masaje para el manejo del dolor muscular de aparición tardía

MASAJE				
Efectos fisiológicos que actúan sobre el DOMS	Reactivación del flujo sanguíneo Modulación del tono muscular Recuperación del equilibrio metabólico			
Métodos utilizados	Momentos en que se aplica	Tiempos de aplicación	Materiales	Fase o etapa de evolución
Roces, fricciones, amasamientos compresión (Masaje Deportivo)	Preventivo, post competición o entrenamiento 0 a 12 horas	20 minutos por zona	Aceite	Agudo
Masaje Sueco	Tratamiento 24 horas	1 hora a 1,5 horas, cuerpo completo	Aceite	Agudo o crónico
Masaje con rodillo de foam	Preventivo 0 horas	5 minutos por zona	Rodillo de foam	Agudo
Masaje de tejido profundo	24-48 hasta 72 horas	20 minutos de forma local	Sin medio deslizante o poca crema	Sub agudo a crónico
Aspectos/ fundamentos que mejoran el rendimiento deportivo	Aumento del umbral de tolerancia al dolor Mejora la contractibilidad muscular Drenaje de sustancias de desecho para la recuperación de la fatiga Mejora la movilidad articular Atenúa o alivia el dolor muscular de aparición tardía.			
Cuidados y consideraciones de la aplicación de la técnica	Es necesario unificar criterios y metodología, debido a la gran variedad de factores que influyen a la hora de hacer un masaje.			

Fuente: Elaboración propia basada en las referencias ^{11,20,27-29}

Referencias Bibliográficas

1. Mazzei LC, de Barros Meira T, da Cunha Bastos F, Silveira Böhme MT, De Bosscher V. High performance sport in Brazil. Structure and policies comparison with the international context. *Gest Polít Pública* [Internet]. 2015;24:83-111. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13343542004>
2. D'Isanto T, D'Elia F, Raiola G, Altavilla G. Assessment of Sport Performance: Theoretical Aspects and Practical Indications. *Sport Mont*. 2019;17(1):79-82. doi: 10.26773/smj.190214
3. Filgueira Pérez A. La caracterización del perfil del deportista de atletismo de alto nivel. *Rev Investig Educ* [Internet]. 2015;13(2):219-242. Disponible en: <http://reined.webs4.uvigo.es/index.php/reined/article/view/231>
4. Torres CR. What Is the Value of Pursuing Optimal Athletic Performance? *Kinesiol Rev*. 2020;9(1):13-20. doi: 10.1123/kr.2019-0056
5. Medellín Ruiz JP. Perfil Genético en el Deporte de Alta Competición. *Rev Digital: Actividad Física y Deporte* [Internet]. 2015 [citado 30 de mayo de 2020];1(1). Disponible en: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/rdafd/article/view/301/247>
6. Hotfiel T, Freiwald J, Hoppe MW, Lutter C, Forst R, Grim C, et al. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics. *Sportverletz Sportschaden*. 2018;32(4):243-50. Doi: 10.1055/a-0753-1884
7. Contrò V, Mancuso EP, Proia P. Delayed onset muscle soreness (DOMS) management: present state of the art. *Trends Sport Sci*. 2016;3(23):121-127. Disponible en: http://www.wbc.poznan.pl/Content/396691/PDF/3_Trends_Vol.23_no.3_121.pdf
8. Hedayatpour N, Izanloo Z, Falla D. The effect of eccentric exercise and delayed onset muscle soreness on the homologous muscle of the contralateral limb. *J Electromyogr Kinesiol*. 2018;41:154-9. doi: 10.1016/j.jelekin.2018.06.003
9. Nogueira FC, Freitas VH, Nogueira RA, Miloski B, Werneck FZ, Bara-Filho MG. Improvement of physical performance, hormonal profile, recovery-stress balance and increase of muscle damage in a specific futsal pre-season planning. *Rev Andal Med Deporte*. 2018;11(2):63-8. doi: 10.1016/j.ram.2015.11.008
10. Gervasio S, Finocchietti S, Stevenson AJT, Mrachacz-Kersting N. Delayed muscle onset soreness in the gastrocnemius muscle attenuates the spinal contribution to interlimb communication. *Eur J Appl Physiol*. 2018;118(11):2393-402. doi: 10.1007/s00421-018-3966-0
11. Hartono S, Widodo A, Wismanadi H, Hikmatyar G. The Effects of Roller Massage, Massage, and Ice Bath on Lactate Removal and Delayed Onset Muscle Soreness. *Sport Mont*. 2019;17(2):111-4. doi: 10.26773/smj.190620
12. Sánchez Ureña B, Barrantes Brais K, Ureña Bonilla P, Calleja González J, Ostojic S. Effect Of Water Immersion On Recovery From Fatigue: A Meta Analysis. *Eur J Human Mov* [Internet]. 2015;34:1-14. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5127236.pdf>
13. Rossato M, de Souza Bezerra E,

Seixas da Silva DA de C, Santana TA, Malezam WR, Carpes FP. Effects of cryotherapy on muscle damage markers and perception of delayed onset muscle soreness after downhill running: A Pilot study. *Rev Andal Med Deporte*. 2015;8(2):49-53. doi: 10.1016/j.ramd.2014.07.003

14. Visconti L, Forni C, Coser R, Trucco M, Magnano E, Capra G. Comparison of the effectiveness of manual massage, long-wave diathermy, and sham long-wave diathermy for the management of delayed-onset muscle soreness: a randomized controlled trial. *Arch Physiother*. 2020;10:1. doi: 10.1186/s40945-019-0073-4.

15. Winke M, Williamson S. Comparison of a Pneumatic Compression Device to a Compression Garment During Recovery from DOMS. *Int J Exerc Sci [Internet]*. 2018 1;11(3):375-383. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5955306/>

16. Guimaraes B, Barreto J, Martins AU., Silva J, Matos J, Cardoso R, et al. The role of tecar therapy in the delayed onset muscle soreness and functional recovery. *Ann Phys Rehabil Med*. 2018;61:e75-6. doi: 10.1016/j.rehab.2018.05.163

17. Jeon HS, Kang SY, Park JH, Lee HS. Effects of pulsed electromagnetic field therapy on delayed-onset muscle soreness in biceps brachii. *Phys Ther Sport*. 2015;16(1):34-9. doi: 10.1016/j.ptsp.2014.02.006

18. Alfonso Mantilla JI. Fisioterapia y su rol en el alto rendimiento: una revisión sistemática de la literatura. *Rev Iberoam Cienc Act Física Deporte*. 2018;7(1):1-13. doi: 10.24310/riccafd.2018.v7i1.4853

19. Ureña Bonilla P, Sánchez Ureña B. Aspectos psicofisiológicos asociados a los

procesos de recuperación de la fatiga [Tesis Doctoral en Ciencias del Movimiento Humano]. San José, CR: Universidad de Costa Rica; 2017. Disponible en:

20. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/7239/1/42248.pdf>

21. Heiss R, Lutter C, Freiwald J, Hoppe M, Grim C, Poettgen K, et al. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS) – Part II: Treatment and Prevention. *Sportverletz Sportschaden*. 2019;33(01):21-9. doi: 10.1055/a-0810-3516

22. Farias-Junior LF, Browne RAV, Freire YA, Oliveira-Dantas FF, Lemos TMAM, Galvão-Coelho NL, et al. Psychological responses, muscle damage, inflammation, and delayed onset muscle soreness to high-intensity interval and moderate-intensity continuous exercise in overweight men. *Physiol Behav*. 2019;199:200-209. doi: 10.1016/j.physbeh.2018.11.028

23. Medel Rebollo J, Antúnez Elvir R, Utrilla Pérez M. Dolor lumbar. Tratamientos por radiofrecuencia. *Dolor [Internet]*. 2018;33(4):188-97. Disponible en: http://www.dolor.es/frame_esp.php?id=1149

24. Duñabeitia I, Arrieta H, Torres-Unda J, Gil J, Santos-Concejero J, Gil SM, et al. Effects of a capacitive-resistive electric transfer therapy on physiological and biomechanical parameters in recreational runners: A randomized controlled crossover trial. *Phys Ther Sport*. 2018;32:227-34. doi: 10.1016/j.ptsp.2018.05.020

25. Heiss R, Hotfiel T, Kellermann M, May MS, Wuest W, Janka R, et al. Effect of Compression Garments on the Development of Edema and Soreness in Delayed-On-

- set Muscle Soreness (DOMS). *J Sports Sci Med.* 2018;17(3):392-401. doi: 10.2519/jospt.2018.8038
26. Hume PA, Kolt GS. Stretching: Mechanisms and benefits for sport performance and injury prevention. *Phys Ther Rev.* 2004;9(4):189-206. doi: 10.1179/108331904225007078
27. Xie Y, Feng B, Chen K, Andersen LL, Page P, Wang Y. The Efficacy of Dynamic Contract-Relax Stretching on Delayed-Onset Muscle Soreness Among Healthy Individuals: A Randomized Clinical Trial. *Clin J Sport Med.* 2018;28(1):28-36. doi: 10.1097/JSM.0000000000000442.
28. Holub C, Smith JD. Effect of Swedish Massage on DOMS after Strenuous Exercise. *Int J Exerc Sci.* 2017;10(2):258-265. Disponible en: <https://digitalcommons.wku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1954&context=ijes>
29. Candia Luján R, Paredes Carrera RA, Costa Moreira O, Candia Sosa KF, De Paz Fernández JA. El masaje en la prevención y tratamiento del dolor muscular tardío: una revisión sistemática actualizada. *Rev Iberoam Cienc Act Física Deporte.* 2017;6(3):38-56. doi: 10.24310/riccafd.2017.v6i3.6132
30. Urbaniak M, Milańczyk A, Smoter M, Zarzycki A, Mroczek D, Kawczyński A. The effect of deep tissue massage therapy on delayed onset muscle soreness of the lower extremity in karatekas - a preliminary study. *J Combat Sports Martial Arts.* 2015;6(1):7-13. doi: 10.5604/20815735.1174225
31. Gómez-Ruano MA. Enfoques actuales del rendimiento deportivo. *Rev Int Cienc Deporte.* 2018;14(51):3-4. doi: 10.5232/ricyde2018.051ed
32. Root H, Marshall AN, Thatcher A, Valier ARS, Valovich McLeod TC, Bay RC. Sport Specialization and Fitness and Functional Task Performance Among Youth Competitive Gymnasts. *J Athl Train.* 2019;54(10):1095-104. doi: 10.4085/1062-6050-397-18
33. Alfonso Mantilla JI. Herramientas Tecnológicas para el estudio e intervención de la biomecánica en el deporte de alto rendimiento: una mirada desde fisioterapia. *Rev Iberoam Cienc Act Física Deporte.* 2019;8(3):67-78. doi: 10.24310/10.24310/riccafd.2019.v8i3.7491
34. Lee YS, Bae SH, Hwang JA, Kim KY. The effects of kinesio taping on architecture, strength and pain of muscles in delayed onset muscle soreness of biceps brachii. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(2):457-9. doi: 10.1589/jpts.27.457
35. Clijsen R, Leoni D, Schneebeli A, Cescon C, Soldini E, Li L, et al. Does the application of tecar therapy affect temperature and perfusion of skin and muscle microcirculation? a pilot feasibility study on healthy subjects. *J Altern Complement Med.* 2020;26(2):147-53. doi: 10.1089/acm.2019.0165