



Universidad Abierta Interamericana

FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

TESIS DE GRADO

**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE APLICACIÓN DE
CRIOTERAPIA**

Autor: Asem, Brandon

Título a obtener: Licenciado en Kinesiología y Fisiatría

Año: 2020

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis agradecimientos a mis padres, que me acompañaron a lo largo de mi carrera y cuya crianza formó los valores que me definen como ser humano.

A Carla, por brindarme su apoyo incondicional y ayuda en las decisiones más difíciles.

A mi hermano, por escucharme y ayudarme durante el proceso de estudio cuando lo necesité

A mis compañeros de la carrera y futuros colegas, que me acompañaron durante todo el proceso formativo.

A mi tutor Marcelo Labanda, por haberme brindado su tiempo, compromiso y paciencia para poder elaborar mi tesis

ÍNDICE

Agradecimientos	2
Resumen	5
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	
1.1 Descripción del problema	6
1.2 Objetivos de la investigación	8
1.3 Relevancia de la investigación	9
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	
2.1 Agentes físicos	10
2.1.2 Agentes térmicos	10
2.2 Crioterapia	11
2.2.1 Fundamentos teóricos	11
2.2.2 Métodos de aplicación	14
2.2.3 Ámbitos de uso	15
2.3 Lesiones musculares	17
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	
3.1 Diseño	18
3.2 Criterios de inclusión	20
3.3 Criterios de exclusión	20

CÁPITULO 4: RESULTADOS

4.1 Análisis de distintos protocolos	21
4.2 Edema y analgesia	27
4.3 Efectos adversos	32
4.4 Mecanismos fisiológicos	36

CÁPITULO 5: CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN

5.1 Conclusión	40
5.2 Discusión	42

BIBLIOGRAFÍA	44
--------------	----

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue el identificar el método de aplicación de crioterapia mas eficaz para tratar lesiones musculoesqueléticas agudas.

Para lograrlo, se realizó una revisión sistemática utilizando los motores de búsqueda Scielo, PubMed y Trip Data Base, de los cuales se recuperaron 17 artículos que fueron analizados en el presente trabajo. Se decidió incluir a todas investigaciones cuya temática esté relacionada con la crioterapia, sean revisiones o estudios experimentales.

Como resultados se obtuvo que la aplicación mas eficaz de crioterapia es en bolsas de hielo de molido, con una cantidad de 0.6 a 0.8 kg de hielo, utilizando una banda elástica para agregar compresión y en una modalidad intermitente, teniendo en cuenta la cantidad de tejido adiposo subcutáneo que presente la zona en la que se realizara la intervención.

Se demostró que la temperatura superficial optima para lograr efectos que impliquen una mejoría clínica se da entre los 10°C y 15°C, logrando disminuir la velocidad de conducción nerviosa en un 33%, lo suficiente como para producir una analgesia moderada.

Cabe aclarar que esto tiene efectos negativos en el sistema propioceptivo a corto plazo y provocó un retraso en el proceso de cicatrización en lesiones agudas en estudios con animales.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN:

A lo largo de los años el uso de agente físicos constituyó unos de los pilares de la atención en medicina, especialmente la que es brindada por el Licenciado en Kinesiología. Con el pasar del tiempo muchas de las teorías que fundamentaban la aplicación de distintos agentes físicos se vio modificada por los hallazgos que por un lado apoyan el uso medicinal de un agente específico, o por otro lado demuestra que los beneficios que puede llegar a inducir en el individuo no son del todo ciertos o no representa la manera adecuada para lograr ese efecto.

Dentro de los tantos agente físicos que se utilizan en la medicina moderna, uno de los más antiguos que actualmente se sigue utilizando es el hielo, en cualquiera de sus modalidades, para tratar tanto lesiones agudas del sistema musculoesquelético como para aumentar algunas de las capacidades biofísicas que pueden mejorar el rendimiento de un deportista en la alta competencia.

Uno de los protocolos más naturalizados dentro de la aplicación de crioterapia en la medicina deportiva, es el llamado protocolo P.R.I.C.E o acrónimo de (Protection, Rest, Ice, Compression, Elevation), pero más allá de las recomendaciones generales de este protocolo no existe un consenso entre profesionales que indique cual es el método de aplicación más efectivo, por cuanto tiempo aplicarlo, de qué manera y con qué objetivos.

Es por esto que el presente trabajo se enfoca en analizar los hallazgos hasta el día de la fecha sobre la aplicación de crioterapia, poniendo especial énfasis en los distintos métodos de aplicación y su efectividad, tiempos y duración del tratamiento, contraindicaciones y efectos adversos derivados de su aplicación a nivel local y global.

Otro de los ejes en el cual se enfoca la investigación será en analizar los distintos protocolos propuestos por los autores para determinar si hay una correlación entre la hipótesis fisiológica que fundamenta su aplicación y los resultados que arrojan distintos trabajos de investigación.

El propósito de este trabajo es brindarle al Licenciado en Kinesiología y Fisiatría las herramientas para poder utilizar un agente físico tan controvertido como el hielo, de manera más criteriosa y con fundamento basado en la evidencia más reciente sobre su aplicación.

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

Como objetivo general se plantea el siguiente:

- Identificar el método de aplicación de crioterapia más eficaz para tratar lesiones musculoesqueléticas agudas.

Los objetivos específicos derivados se enumeran a continuación:

- Detallar posibles efectos adversos de la aplicación de crioterapia en la capacidad máxima de fuerza muscular, umbral sensitivo de movimiento y sentido de posición articular.
- Describir los métodos de aplicación y su eficacia.
- Determinar los mecanismos fisiológicos que desencadena la aplicación de crioterapia en el cuerpo.

1.2 RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN:

Teórica:

El trabajo pretende recolectar la información actualizada que concierne a los efectos fisiológicos producidos con la aplicación de hielo y de la aplicación de crioterapia terapéutica en rehabilitación y en sujetos sanos, como sucede en el deporte de alto rendimiento

Esta apuntada a cualquier profesional de la salud capacitado para administrar, dosificar y evaluar tratamientos en los cuales se hace aplicación de agentes físicos, sean médicos, médicos deportólogos, licenciados en kinesiología y fisioterapia, licenciado en terapia física.

Práctica:

Se espera que el profesional de la salud actualice sus protocolos de acción actuales en relación al uso del hielo por otros que sean más adecuados a su contexto, teniendo el criterio para dosificar la aplicación de crioterapia solamente en los casos adecuados, siendo específico en el modo de aplicación, tiempo según área a tratar, tipo de agente y que posea una visión clara de los objetivos que se planean lograr con dicha aplicación.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 AGENTES FÍSICOS:

Se denomina agente físico a cualquier tipo de energía o material que se aplica a un paciente con fines restaurativos o para incrementar cualidades físicas en pacientes sanos. Otra definición de agentes físicos es aquella que comprende los medios, los métodos que se utilizan para vehiculizar una energía que cuando es absorbida por el cuerpo humano produce un efecto biológico.

Dentro de la clasificación se dividen en agentes físicos ionizantes, que inducen la formación de pares de iones (positivos y negativos) modificando la cantidad de electrones en las órbitas más superficiales de los átomos, y agentes físicos no ionizantes, donde se encuentran todos los agentes que no poseen la cualidad de los ionizantes, sino que ejercen efectos biológicos por otros medios. Entre los no ionizantes se encuentran los agentes térmicos, que incluyen al hielo.

2.1.2 AGENTES TÉRMICOS:

Son aquellos que transfieren o quitan energía al paciente para aumentar o disminuir la temperatura de los tejidos respectivamente, incluye al calor y al frío. Se clasifican según el medio por el actúan, en los que actúan por convección, interviene un medio de conducción entre los dos cuerpos que transporta la

energía (el aire, por ejemplo), por conducción, en donde la transferencia de energía se da directamente por contacto de un cuerpo de mayor temperatura con otro de menor temperatura, o por radiación donde un cuerpo transfiere su energía a otro sin contacto y sin fluidos que intervengan.

Como norma general es importante recordar que la velocidad con la que se haga el intercambio de temperatura de un cuerpo a otro, siempre va a depender de la diferencia de temperatura entre estos dos, mientras mayor sea esta diferencia, más rápido se va a transmitir la energía.

2.2 CRIOTERAPIA:

Conjunto de procedimientos pasivos que implican la utilización del frío en cualquiera de sus formas para disminuir la temperatura local o sistémica de un cuerpo.

2.2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Podemos identificar distintos fundamentos fisiológicos por los cuales se propone que este tipo de terapia logra llegar a sus objetivos. Algunos de los efectos que se le atribuyen a esta terapia son el de disminución del metabolismo tisular, disminución del flujo sanguíneo, disminución del edema, analgesia y disminución del espasmo, efectos que podrían ser explicados por las siguientes teorías:

Control inhibitorio nocivo difuso (CIND):

Esta teoría plantea que las fibras A delta y tipo C pueden ser inhibidas a nivel medular por otro estímulo nociceptivo que no sea de la misma localización, el dolor inhibe el dolor, por este motivo también se refiere a este fenómeno como de contrairritación.

Se cree que el fenómeno de inhibición ocurre en la lámina 5 del asta dorsal de la médula debido a las neuronas de rango dinámico amplio que allí se encuentran. Gracias a la propiedad de estas neuronas de captar tanto estímulos nociceptivos como no nociceptivos se estima que el CIND funciona como un filtro a nivel medular para diferenciar estímulos dolorosos cuando se presentan de manera simultánea con otros no dolorosos.

Una de las estructuras directamente relacionada con este fenómeno es el subnúcleo reticular dorsal, además de la corteza cingulada anterior y la corteza prefrontal, lo que explicaría el impacto de distintos factores psicológicos en el dolor. El CIND es modulado por las vías serotoninérgicas y podría ser opioide dependiente (18)

Teoría de la compuerta (Gate control):

Teoría planteada por Melzack y Wall en el año 1965, propone que las fibras del dolor A delta y tipo C pueden ser parcialmente bloqueadas estimulando las señales inhibitorias descendentes del sistema nervioso central (SNC). Esto se

podría lograr porque las fibras A beta, que se encargan de transmitir estímulos de tacto y propioceptivos, son procesadas en la misma lámina del asta dorsal que las A delta y C, lo que resulta en un bloqueo del estímulo nociceptivo por estimulación de las neuronas descendentes del SNC.

Las principales estructuras encargadas de inhibir el estímulo nociceptivo son la materia gris periaqueductal y receptores opioides de la medula espinal.

Disminución del metabolismo tisular y del flujo sanguíneo:

Luego de una lesión primaria a un tejido se produce una liberación de sustancias a nivel local cuyo objetivo es disminuir el daño ya producido y eliminar restos de células muertas. Esta segunda fase que ocurre minutos luego de la lesión primaria se caracteriza por generar un estrés oxidativo, la falta de oxígeno produce una hipoxia en las células adyacentes a la lesión y termina dañándolas.

Se estima que el frío produce una vasoconstricción suficiente como para disminuir el flujo sanguíneo hasta en un 50%, lo que limita la liberación de sustancias oxidativas y reduce la temperatura por disminuir el volumen sanguíneo, lo que tiene una repercusión en el metabolismo tisular.

2.2.2 MÉTODOS DE APLICACIÓN:

En cuanto a sus modos de aplicación existen distintas variables que van a determinar aspectos como la profundidad en la cual actúan, la velocidad en la que absorben energía para disminuir la temperatura, la superficie que abarca, la practicidad del instrumento dependiendo si se puede aplicar en el campo o requiere de instalaciones con condiciones especiales y el modo de enfriamiento pudiendo ser por conducción o convección.

Dentro de los métodos más comunes se encuentran los siguientes:

Bolsa de hielo:

Se trata de bolsas de plástico rellenas de hielo molido, las cuales pueden ser aplicadas directamente sobre la zona a tratar o mediante un intermediario, como pueden ser toallas secas o húmedas. Tiene la ventaja de ser una modalidad practica de aplicar, relativamente barata, y se amolda bien a la superficie irregular que puede tener la zona a tratar.

Vaporizadores:

Es una mezcla de pentafluoropropano con tetrafluoroetano que permite un rápido enfriamiento superficial, lo que lo hace de utilidad para lograr una analgesia rápida y ampliar el ROM indoloro ante una contusión durante la práctica de un deporte, o bien en rehabilitación para tratar contracturas antálgicas en distintas patologías o puntos gatillo.

Unidades de compresión y frío:

Unidades que bobean alternadamente agua fría, cuya temperatura se puede setear, y aire frío hacia un manguito que cubre la extremidad a tratar, de este modo aplica cíclicamente frío más compresión. Se utiliza generalmente en la recuperación deportiva y post operatorios.

Cámaras de frío:

Cámaras de cuerpo completo que enfrían el aire mediante el uso de nitrógeno o mecanismos eléctricos pudiendo alcanzar temperaturas de hasta -170°C, de esta manera infligen un shock térmico controlado que reduce en minutos la temperatura de la piel desde sus valores normales hasta los 7°C – 12°C, produciendo un efecto analgésico principalmente.

2.2.3 ÁMBITOS DE USO:

Ya que los objetivos de la utilización de los agentes terapéuticos van a variar dependiendo del entorno en el que sean usados, es pertinente definir cuáles son los ámbitos en los que se hace uso de la crioterapia y con qué objetivos se utiliza.

Competencia:

Es común observar que luego de un traumatismo que no llega a ser lesión en un deporte, sobre todo en ámbitos de alta exigencia donde se busca que el jugador pierda el menor tiempo posible recuperándose, se haga utilización de algún agente de crioterapia. Principalmente en este escenario descripto el terapeuta va a buscar la analgesia de la zona que sufrió el traumatismo, de esta manera le permitimos al jugador retomar su actividad libre de dolor con la mayor funcionalidad posible.

Comúnmente se hace uso sobre todo de la crioterapia local en modo de cold packs o vaporizadores por periodos breves de tiempo.

Rehabilitación:

En rehabilitación es común el uso del frio como terapia en lesiones musculoesqueléticas durante la fase aguda, de esta manera podemos movilizar la zona precozmente sin causarle incomodidad o dolor al paciente. El justificativo más importante que argumenta el uso de crioterapia radica en la capacidad de regular la reacción inflamatoria mediante el frio, lo que podría acortar el tiempo que necesita el tejido para llegar a la fase proliferativa y poder continuar con el tratamiento.

Dentro de las modalidades más utilizadas en este ámbito nos encontramos con los cold packs, bolsas de hielo y unidades de compresión y frío, son herramientas cómodas, fáciles de transportar, algunas más económicas que la mayoría y que el paciente puede fabricar en su casa siguiendo las instrucciones del terapeuta.

2.3 LESIONES MUSCULARES:

Se define como lesión muscular, toda aquella injuria aplicada directa o indirectamente a un área localizada del aparato músculo esquelético.

Dependiendo del mecanismo de acción se pueden clasificar como traumáticas o no traumáticas (por sobreuso), por el tiempo se clasifican como agudas, subagudas o crónicas. Toda lesión muscular es mediada por factores internos, como la edad, sexo o composición corporal, y factores externos como el ambiente, deporte, tipo de protección utilizada.

Lesión muscular aguda: lapso de tiempo comprendido entre el momento de la injuria donde se produce la lesión y finalización de acción de los factores quimiotáxicos y estasis venoso, con establecimiento del edema. Este lapso de tiempo comprende las primeras 24 – 36 hs post lesión, dependiendo del tamaño de la misma y su localización.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

Se realizaron búsquedas utilizando los motores de búsqueda Scielo, PubMed y Trip Data Base, con los términos MeSH “Cryotherapy”, “Acute injury”, “Proprioception”, “Soft tissue”. Se efectuaron un total de 8 búsquedas, entre los meses de agosto y noviembre de 2020.

Scielo: se efectuó una búsqueda el 10/6/20 donde se obtuvieron 32 resultados y fueron incluidos 2 artículos. Una segunda búsqueda realizada el 28/8/20 dio 70 resultados, pero no se incluyó ningún artículo. La última búsqueda realizada el 02/10/20 dio 12 resultados y se incluyeron 3 artículos.

PubMed: se realizó una búsqueda el 20/6/20 y se obtuvieron 20 resultados donde se incluyo 2 artículos. Una segunda búsqueda el 25/06/20 que incluyó un resultado de 35 artículos donde se incluyo 1 articulo. Una búsqueda final fue realizada el 12/11/20 que dio un resultado de 17 artículos y se incluyeron 2 artículos.

Trip Data Base: una búsqueda realizada el 15/11/20 dio un resultado de 28 artículos donde se incluyó 1 solo trabajo.

Utilizando el motor de búsqueda Scholar Google se realizó una búsqueda combinando las siguiente palabras clave: “Cryotherapy”, “Acute injury” y “Cryotherapy”, “Proprioception”, que obtuvo 65 resultados y se incluyeron 2 artículos.

Los 4 artículos restantes fueron obtenidos a través de la bibliografía citada en los trabajo previamente incluidos.

En la búsqueda se seleccionó 17 que cumplían con los criterios de inclusión. Estos 17 artículos están compuestos por 3 revisiones sistemáticas, 6 estudios experimentales de caso control, 2 estudios experimental de prueba aleatorizada controlada, 1 estudio de simple ciego, 2 estudios de medidas repetidas, 2 estudios de doble ciego y 1 estudio de pre y post intervención.

Dentro de los artículos encontrados en las búsquedas anteriormente detalladas, 5 artículos fueron recuperados a través de las referencias de los artículos encontrados originalmente.

Además, para la articulación del marco teórico fue utilizado un libro de texto en forma digital.

3.1 DISEÑO:

El diseño del presente trabajo es de una revisión sistemática, ya que se limita a recopilar, a través de distintos motores de búsqueda, artículos científicos primarios y secundarios relacionados con los efectos biológicos desencadenados por la aplicación de crioterapia tanto en humanos como en animales.

3.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

Fueron incluidos en el presente trabajo todas investigaciones cuya temática esté relacionada con la crioterapia, en cualquiera de sus modalidades. Se hizo especial énfasis en aquellos que traten las distintas modalidades de aplicación, así como a los efectos fisiológicos desencadenados por el frío y posibles efectos adversos.

Se incluyeron revisiones sistemáticas y estudios experimentales siempre y cuando cumplan con los criterios anteriormente mencionados.

3.3 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

Se excluyó a todas aquellas investigaciones que no estudiaron a la crioterapia dentro de las lesiones musculoesqueléticas, que no aclararon dentro de su metodología que modalidad utilizaron, así como aquellos artículos que no aclararon datos relevantes como características de la muestra.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE DISTINTOS PROTOCOLOS:

. Bleakey, et al. (2), desarrolló una prueba controlada aleatorizada para comparar la eficiencia de un protocolo de aplicación intermitente de crioterapia contra un protocolo estándar de aplicación de crioterapia en esguinces agudos de tobillo, el grupo de control conto con 46 participantes mientras que el grupo experimental con 43. El método de aplicación utilizado consistió en llenar packs de plástico de 20 x 20 cm de agua, para ser congeladas en un freezer y una vez congeladas antes de ser aplicadas se sumergieron en agua caliente durante 30 segundos y fueron envueltas en una sola capa por una toalla húmeda.

La aplicación standard utilizada fue una aplicación continua por 20 minutos cada 2 horas durante las primeras 72 horas post lesión, mientras que el grupo experimental utilizó una aplicación de 10 minutos, luego 10 minutos sin hielo, para ser aplicado nuevamente durante otros 10 minutos, cada 2 horas, durante las primeras 72 horas post lesión.

La funcionalidad, edema y dolor fueron registrados a 1, 2, 3, 4 y 6 semanas post tratamiento.

Como resultados se obtuvieron las mismas mejorías en ambos grupos en cuanto a la funcionalidad y el edema, solo habiendo una diferencia en el dolor, donde el grupo experimental registró menos dolor en la semana 1 que el grupo control, esto

posiblemente se deba a que una aplicación intermitente mantiene la temperatura del tejido y la actividad metabólica en niveles óptimos (entre 10°C y 15°C), lo que permitiría una movilización temprana del tobillo.

. El mismo autor (3) confeccionó una revisión sistemática enfocada en estudios experimentales de prueba aleatorizada controlada, que comparaban distintas aplicaciones de crioterapia entre sí en pacientes lesionados. Para ser incluidos en la revisión los artículos debían ser de tipo experimental de prueba aleatorizada controlada en seres humanos, estar en el idioma inglés, los sujetos deberían estar recuperándose lesiones agudas de tejidos blandos o intervenciones quirúrgicas ortopédicas, la terapia debía ser en la clínica o ambulatoria, utilizar solamente crioterapia o combinada con otras terapias o placebo y los resultados tenían que abarcar al menos uno de los siguientes 4 aspectos: función, dolor, edema o rango óptimo de movimiento (ROM).

El autor encontró 55 estudios de los cuales 22 pasaron el criterio de exclusión y llegó a las siguientes conclusiones:

Hielo vs calor/baños de contraste: hubo evidencia de que la crioterapia fue más efectiva que la termoterapia en esguinces de tobillo agudos, un solo estudio encontró que la inmersión en hielo junto con ejercicios fue significativamente más efectiva que el calor y los baños de contraste para reducir el edema entre 3 y 5 días post esguince.

Hielo vs hielo y electroestimulación: no se encontró diferencias significativas entre la aplicación de hielo y hielo con electroestimulación de baja frecuencias (28 pulsos por segundo) o alta frecuencia (80 pulsos por segundo) en el edema, dolor y ROM.

Hielo vs no hielo: la aplicación de hielo podría tener mayor efectividad que un tratamiento sin hielo después de una artroscopia de rodilla, aunque no se observó diferencias significativas en el ROM de rodilla.

Aplicación continua de hielo vs aplicación intermitente: la crioterapia continua demostró mejores resultados en cuanto al manejo del dolor y reducción del edema en comparación con la crioterapia intermitente.

Hielo y compresión vs no tratamiento: se comparó una aplicación única de hielo con compresión contra no tratar la lesión y no se encontraron diferencias significativas.

Hielo y compresión vs hielo: el grupo que recibió tratamiento de hielo y compresión obtuvo mejores resultados en cuanto a dolor, esto se vio reflejado en una menor ingesta de analgésicos.

Hielo y compresión vs compresión: se encontró muy poca evidencia que demuestre que el hielo con compresión tiene una efectividad mayor a la compresión sola, 8 de los 10 estudios no encontraron diferencias significativas.

└ Krautler, M. et al (8) comparó a dos grupos de pacientes ambulatorios que fueron sometidos a reparaciones artroscópicas unilaterales del manguito rotador con o sin descompresión subacromial, a los cuales se les administro dos tipos de protocolos distintos post operatorio, a un grupo se le administró crioterapia más compresión y al otro solo crioterapia.

El estudio incluyó 57 pacientes de entre 18 y 75 años, de ambos sexos, deberían ser pacientes ambulatorios, que no cursen con ninguna de las siguientes condiciones: coagulopatías, antecedentes de enfermedad cardíaca congestiva, trombosis venosa profunda, tromboembolismo pulmonar, edema pulmonar, déficits vascular, tromboflebitis o compromiso vascular local.

Los participantes fueron distribuidos aleatoriamente en alguno de los dos grupos, el primero recibió aplicaciones utilizando un equipo de compresión y frío (GameReady) durante los primeros 7 días post operatorios. El grupo 2 recibió crioterapia exclusivamente utilizando una envoltura de hielo durante los primeros 7 días post operatorios.

Durante las primeras 72 horas, ambos grupos deberían aplicarse su método de crioterapia correspondiente, durante 1 hora, seguida de 1 hora de no aplicación, a lo largo del día. Durante los días 3 al 7 deberían aplicarse crioterapia 2 o 3 veces al día y la aplicación debería durar 1 hora.

Se les brindó a todos los pacientes un diario en el cual tenían que registrar, a través de la escala visual analógica, el dolor dos veces al día, medicamentos ingeridos y la fecha y hora de cada aplicación de crioterapia junto con la duración de la misma. Durante los días 7 al 10 los pacientes fueron citados nuevamente para completar un cuestionario (SF – 12, versión 2).

La medicación ingerida durante el post operatorio fue convertida a dosis equivalente de morfina (DEM).

Se encontró que en ambos grupos no hubo diferencias significativas en cuanto al dolor en el día de la cirugía, ni diferencias significativas en el dolor promedio, peor dolor o DEM en los días 0 al 7.

Los analgésicos ingeridos en cada día del post operatorio fueron mayores en el grupo de crioterapia con compresión, aunque no resultó estadísticamente significativo este cambio, el autor recalca que fueron clínicamente significativos del día 5 al 7.

11 participantes fueron descartados por no completar adecuadamente los registros en sus diarios o no adherir al tratamiento.

. Janwantanakul, et al (7), realizó un estudio de medidas repetidas para determinar el efecto de un protocolo de crioterapia, teniendo en cuenta la cantidad de hielo utilizado y el área de superficie abarcada en la temperatura de interfase entre la piel y un pack de hielo, durante un enfriamiento de 20 minutos.

La muestra consistió de 20 jóvenes adultos hombres de entre 18 y 22 años, se les aplicó una bolsa de hielo de 18 x 23 cm conteniendo 0.3, 0.6 y 0.8 kg de hielo y otra bolsa de 20 x 25 cm conteniendo 0.6 kg de hielo, ambas en el muslo derecho. Se colocó un par termoelectrico entre la bolsa de hielo y la piel para medir la temperatura, cada 1 minuto, durante 20 minutos. Se agrego compresión al pack de hielo con una banda elástica.

Tomando en cuenta la cantidad de hielo, el pack que contuvo 0.3 kg de hielo redujo significativamente la temperatura de interfase (33.2°C), comparada con los packs de 0.6 y 0.8 kg de hielo (33.9°C) inmediatamente post aplicación. Luego de los 20

minutos de aplicación la temperatura de interfase utilizando el pack con 0.3 kg de hielo fue significativamente mayor que en los packs de 0.6 y 0.8 kg, que entre si no demostraron diferencias significativas.

El pack de 0.3 kg enfrió de manera más rápida el tejido, pero en menor medida, los otros packs enfriaron el tejido de manera más progresiva y en mayor medida.

En cuanto al tamaño del pack, no hubo diferencias significativas entre ambas medidas, no se observaron disminuciones importantes de la temperatura a partir de los 9 y 8 minutos post aplicación.

. Tomchuk, et al. (16) corroboró en su estudio, como el tipo de compresión utilizada para enfriar, puede hacer variar la capacidad de enfriamiento de un pack de hielo en la temperatura superficial y 2 cm por debajo.

El estudio fue de medidas repetidas, constó con 14 estudiantes universitarios, a los cuales se les aplicó un protocolo de crioterapia sin compresión y con compresión, el protocolo con compresión se realizó con bandas elásticas Flex – i – wrap y con bandas elásticas ordinarias. La temperatura fue medida a los 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80 y 90 minutos post aplicación, medidos por un par termoelectrico.

A todos los participantes se les aplicó todos los protocolos, se realizó un protocolo por día aplicado al gemelo de la pierna no dominante y cada aplicación estuvo separada de la siguiente por 24 hs a 48 hs.

La temperatura superficial luego desde los minutos 15 a 80 fue significativamente menor en el protocolo con banda elástica comparado con el protocolo sin compresión. No se encontró ninguna diferencia significativa entre el protocolo sin compresión comparado a la banda elástica Flex – i – wrap, o la banda elástica convencional comparada con la banda elástica Flex – i – wrap.

La temperatura intramuscular fue reducida en mayor medida por el protocolo con banda elástica convencional, seguido por el protocolo de banda elástica Flex – i – wrap y por último el protocolo sin compresión.

4.2 EDEMA Y ANALGESIA:

. Collins, et al. (4), realizó una revisión sistemática de 66 artículos, donde encontró que la aplicación de crioterapia podría aumentar la funcionalidad a través de la analgesia, en estudios con animales se evidenció una disminución del edema, pero no se puede extrapolar este resultado para saber si esa reducción implica una mejoría clínica acelerada. Concluye en que la crioterapia podría tener efectos beneficiosos para el paciente en el tratamiento de lesiones musculoesqueléticas agudas si se aplica tempranamente post lesión, se limita el tiempo de exposición y se busca inducir una disminución de la temperatura que sea confortable para el paciente, de otra manera se podrían producir efectos adversos.

. Singh, et al. (14), en su estudio de caso control, donde comparó en 90 ratas wistar adultas la aplicación de crioterapia local post injuria (grupo experimental de 40 individuos) contra un grupo control (40 individuos) donde se aplicó un

tratamiento placebo, como objetivo se propuso observar cambios en la presencia de neutrófilos y macrófagos, factor de crecimiento del endotelio vascular, volumen de los vasos, densidad de los capilares y regeneración de miofibrillas. Para observar los resultados se sacrificaron 10 ratas de cada grupo al día 1, 3, 7 y 28 luego de empezar el tratamiento, donde se observó a través de una biopsia muscular del bíceps femoral lesionado los parámetros a medir.

Como resultado encontró que hasta los primeros 7 días la aplicación de crioterapia local retrasa la necrosis celular previniendo la infiltración de neutrófilos y macrófagos, la densidad de los capilares no difiere entre el grupo control y el grupo experimental, la regeneración de miofibrillas se retrasó en el grupo experimental, que presentó miofibrillas inmaduras a los 28 días luego de comenzar el tratamiento.

. Takagi, et al. (15), elaboró un estudio de caso control con 78 ratas wistar de 8 semanas de edad a las cuales se les dañó el extensor largo de los dedos, un grupo recibió tratamiento con crioterapia local, aplicando una bolsa de polietileno con hielo entre 0,3°C y 1,3°C por 20 minutos, se realizó la aplicación en el grupo experimental a los 5 minutos post lesión, mientras que el grupo control no recibió tratamiento alguno. A las 6 y 12 horas, al día 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14 y 28 se sacrificaron ejemplares de cada grupo para ser analizados.

El análisis se determinó mediante una biopsia del extensor largo de los dedos.

La temperatura superficial del extensor largo de los dedos luego de los 20 minutos de aplicación de crioterapia bajó $13,3^{\circ}\text{C} \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ de manera lineal, luego de 1 hora se recuperaron los valores normales de temperatura.

Como resultado se obtuvo que el grupo experimental sufrió un retraso de 1 día en la aparición de la reacción inflamatoria y proceso necrótico, además de un retraso general en la regeneración muscular y exceso de colágeno depositado, esto posiblemente se deba a la disminución de 10°C que sufrió el músculo, que disminuyó notablemente la velocidad de los procesos metabólicos.

. MacAuley, et al. (10), efectuó una revisión sistemática sobre la aplicación de crioterapia en lesiones en libros de texto y literatura utilizando los motores de búsqueda de MedLine, Embase y SPORTDiscuss, en cuanto a la duración, de los 45 libros de texto analizados 17 no indicaban duración o frecuencia de tratamiento, encontró recomendaciones de duración del tratamiento en 28 libros de texto pero variaban según el tipo de lesión, lugar de lesión, severidad y tipo de modalidad de crioterapia utilizada, 21 libros mencionaban la frecuencia ideal y 22 el largo de duración del tratamiento. La caída de la temperatura fue proporcional al método de aplicación utilizado y a la duración de dicha aplicación, una aplicación de ice pack con toalla húmeda durante 5 minutos disminuyó la temperatura a $7^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C}$, y después de 10 minutos la temperatura bajo a 5°C .

Mediante la aplicación intermitente, con 10 minutos de aplicación seguidos de 10 minutos de reposo, la temperatura se mantuvo por debajo de 20°C durante 63 minutos y por debajo de 15°C por 33 minutos.

Se observó que la temperatura ideal para no disminuir suficiente la actividad metabólica es entre 10°C y 15°C.

En cuanto a estudios en animales, se encontró que, durante la aplicación de crioterapia local a ovejas durante 20 minutos, la temperatura intramuscular no regresó a niveles pre tratamiento hasta 2 horas post aplicación. En estudios donde se aplicó crioterapia a la piel de ratones, se encontró un aumento de la permeabilidad capilar y extravasación de fluidos con aumento de edema por debajo de los 15°C.

Los estudios en humanos demostraron una disminución de la temperatura luego de la aplicación de crioterapia local por 85 minutos, cuya disminución fue de 5°C, 9°C y 7°C a profundidades de 7 cm, 6 cm y 4 cm respectivamente. La compresión podría mejorar la disminución de la temperatura con cambios a 1 cm y 2 cm por encima de la capa grasa subcutánea, mejorando con compresión a 12°C – 8°C y 10°C – 1°C

La modalidad más común de derretir agua congelada asegura una temperatura de 0°C, el hielo si se utiliza directamente del freezer puede estar por debajo de los 0°C y los Gel Packs oscilan entre los -5°C y -15°C.

Por último hace mención a los elementos utilizados para aislar al agente terapéutico ya que aplicado directamente sobre la piel podría producir quemaduras, luego de 30 minutos de aplicación la temperatura utilizando un vendaje acolchado fue de 30°C – 5°C, con vendaje solo de 20°C – 5°C, con toalla seca de 17°C – 8°C, sin elemento aislante de 10°C – 8°C y con toalla húmeda de 9°C – 9°C.

. Algafly. et al (2), concretó un estudio de caso control, cuyo objetivo fue el de observar cambios en la velocidad de conducción nervios (VCN), umbral doloroso (UD) y tolerancia al dolor (TD) a medida que se reducía la temperatura de la piel del tobillo vía crioterapia. Su hipótesis fue que a medida que se reducía la temperatura se disminuía la VCN, lo que podría provocar un aumento en el UD y TD.

La muestra constó de 23 participantes sanos de entre 20 y 29 años de edad, a los cuales se le aplicó hielo molido a uno de sus tobillos y el otro tobillo funcionó como control, esto fue decidido arrojando una moneda para aleatorizar la muestra. Se midió la VCN, UD y TD pre aplicación, luego cuando la temperatura llegó a 15°C, a 10°C con enfriamiento y nuevamente a los 15°C en el periodo de calentamiento. La temperatura fue medida por un termómetro digital, la VCN, UD y TD fueron medidas con un electrodo conectado a un electromiógrafo y un algómetro por presión colocado en dos sitios distintos, uno posterior al maléolo lateral donde fue aplicado el hielo (posición 1) y otro distal en el eje del cuarto metatarsiano (posición 2) siguiendo el recorrido del nervio tibial en ambos tobillos.

La VCN disminuyó exponencialmente a medida que disminuía la temperatura, desde la temperatura de base hasta llegar a los 10°C la VCN cayó un 33%, a diferencia del tobillo que no recibió crioterapia donde no se observó ningún cambio. Tomando en cuenta el UD y TD aumentaron significativamente a medida que disminuía la temperatura, desde la temperatura de base hasta los 10°C aumentaron en un 89% y 71% respectivamente en la posición 1 y un 71% y 56%

respectivamente en la posición 2, aunque no se haya aplicado hielo directamente en la zona. No se observó cambio alguno en el tobillo de control.

4.3 EFECTOS ADVERSOS:

. Omnia, et al. (11), investigó y comparó los efectos de la aplicación de una bolsa de hielo durante 3 y 10 minutos en la fuerza de agarre en jugadores de tenis, con una muestra de 60 jugadores de tenis de ambos sexos, de entre 15 y 30 años, se los clasificó en 3 grupos de 20 jugadores cada uno a los cuales se les aplicó crioterapia con una bolsa de hielo por 3 minutos (grupo 1), por 10 minutos (grupo 2) y con una bolsa de arena a temperatura ambiente (grupo 3). La fuerza fue tomada con un dinamómetro antes de la aplicación de crioterapia y post aplicación. Los grupos que utilizaron crioterapia obtuvieron un aumento significativo de la fuerza de agarre en relación al grupo que utilizó bolsas de arena, pero no hubo diferencias significativas entre los grupos que utilizaron crioterapia.

Esto posiblemente se deba a que según la ley del todo o nada, una vez que el estímulo supera el umbral excitatorio va a producir una respuesta total, sin importar la magnitud de dicho estímulo, lo que explicaría la similitud de resultados entre ambos grupos que utilizaron crioterapia, tomando los datos contra el grupo que no utilizó crioterapia, el aumento de la fuerza probablemente se deba a que luego de una vasoconstricción, el cuerpo para aumentar la temperatura responde con una vasodilatación, lo que al aumentar la disponibilidad de O₂ mejora el rendimiento muscular.

. Alexander, et al. (1), estudió el efecto de la crioterapia en la sensibilidad sobre la posición articular donde comparo los cambios observados en una semiflexión de rodilla luego de 20 minutos de aplicación local de crioterapia en la articulación, la muestra conto con 11 individuos sanos, los cuales fueron sometidos a un test con peso de semiflexión de rodilla pre y post aplicación de crioterapia local, el movimiento se midió en el plano sagital y frontal durante la fase de descenso.

Se encontró una disminución significativa en la flexión en el plano sagital durante la fase de descenso de $-4^{\circ} \pm 5,4^{\circ}$, un aumento significativo al valgo de rodilla en el plano frontal, se registró la temperatura superficial a $13,4^{\circ}\text{C} \pm 2,9^{\circ}\text{C}$ que se encuentra dentro del rango terapéutico recomendado.

Estos resultados evidencian posibles disfunciones presentes en el período de calentamiento post aplicación, lo que aumentaría las chances de un deportista de lesionarse si realiza actividades que demandan un control articular preciso, posiblemente por el retraso que se produce en el feedback neuromuscular asociado a la disminución de velocidad de conducción de los nervios evidenciados por otros estudios post aplicación de crioterapia.

El mismo autor realizó un estudio similar en el 2018, pero midiéndolo en el miembro no dominante, donde obtuvo resultados similares.

. Torres, et al (17) hizo una prueba aleatorizada controlada, de doble ciego, para comparar como la aplicación de una bolsa de hielo molido puede afectar la contracción isométrica máxima de los músculos del manguito rotador, sentido de fuerza, umbral sensitivo de movimiento y sentido de posicionamiento articular. El estudio contó con 48 mujeres sanas de una edad promedio de 22 ± 0.4 años, se las dividió en dos grupos de 24, a un grupo se le aplicó una bolsa de hielo molido en el hombro durante 15 minutos, y al otro grupo se le aplicó una bolsa con arena en el hombro también durante 15 minutos.

Se midió tanto pre aplicación como post aplicación la fuerza isométrica voluntaria máxima, sentido de fuerza, umbral sensitivo de movimiento y sentido de posicionamiento articular.

Para medir la fuerza se utilizó un dinamómetro, con el paciente sentado se colocó el hombro dominante en abducción de 90° , el codo en flexión de 90° y la mano en una posición funcional. Se les pidió a los voluntarios contracciones isométricas máximas durante 6 segundos, con 12 segundos de intervalo entre contracción y contracción, unas 4 veces.

Se cuantificó el sentido de fuerza también utilizando el dinamómetro, en la misma posición se les pidió a los voluntarios que realicen contracciones isométricas voluntarias de 6 segundos de duración, con 6 segundos de descanso, al 20% y

50% usando en primera instancia el feedback visual otorgado por el software del dinamómetro, luego sin el feedback visual.

La medición del sentido de posicionamiento articular se realizó en la misma posición. El voluntario realizó el test con los ojos vendados, oídos tapados y sosteniendo el dinamómetro, el terapeuta reposicionó el brazo de voluntario en otra posición, a una velocidad de $10^{\circ}/s$ y se mantuvo la posición por 5 segundos, luego el voluntario debía reproducir esa posición de manera activa.

El umbral sensitivo de movimiento se midió desde la misma posición, en las mismas condiciones utilizadas en el test de sentido de posicionamiento articular, cuando el voluntario sentía un cambio en la posición de su hombro debía pulsar un botón para detener el test. El movimiento se realizó a una velocidad de $0.25^{\circ}/s$ para estimular los receptores articulares sin estimular de manera excesiva el huso neuromuscular.

El protocolo de crioterapia se realizó con una bolsa de hielo molido de una superficie de 500 cm^2 , conteniendo 1 kg de hielo, que se aplicó durante 15 minutos al hombro dominante del voluntario, y fue ajustada con una banda elástica. El grupo de control fue sometido al mismo protocolo, pero con una bolsa de arena de el mismo tamaño, a la misma temperatura que el hombro (33°C). La temperatura fue medida con un termómetro de piel colocado en el deltoides anterior.

Los resultados demostraron que la fuerza isométrica voluntaria máxima luego de 15 minutos de aplicación de crioterapia, fue reducida en un 10% tanto para los rotadores internos como externos de hombro. En cuanto al sentido de fuerza, no se vio significativamente alterado.

El sentido de posicionamiento articular fue significativamente alterado, que pasó de tener un promedio de error de 1.2° a 2.7° en los rotadores externos de hombro y de 1.4° a 3.4° en los rotadores internos. En cuanto al umbral sensitivo de movimiento, también fue significativamente alterado, donde el movimiento necesario para censar el cambio de posición pasó de ser de 0.45° a 0.64° en los rotadores externos y de 0.50° a 0.73° en los rotadores internos.

4.4 MECANISMOS FISIOLÓGICOS:

. Selkow, et al. (13) en su estudio de simple ciego comparó los cambios en la microvascularización del gastrocnemio luego de una aplicación de crioterapia, basada en el grosor de la capa subcutánea, contra una aplicación placebo y midiéndolos con un ultrasonido con contraste. La muestra fue de 19 adultos de entre 18 y 30 años con un promedio de grosor de capa subcutánea del gastrocnemio de $22,2 \pm 7,2$ mm.

El estudio, consistió de 4 visitas en las cuales se les aplicó tanto el placebo como el tratamiento con crioterapia a todos los participantes, observaron la microvascularización del vientre de la cabeza medial del gastrocnemio, de la pierna

no dominante, pre y post aplicación. La aplicación consistió en utilizar una bolsa de hielo molido de 750 g, el tiempo suficiente para reducir la temperatura intramuscular unos 7°C desde la temperatura de base.

El resultado evidenció que, a pesar del descenso en la temperatura intramuscular, la perfusión microvascular en la cabeza medial del gastrocnemio no sufrió modificaciones.

. Otte, et al. (12) investigó si la cantidad de tejido adiposo subcutáneo, podría hacer variar la cantidad de tiempo necesaria para lograr el mismo enfriamiento en individuos con distintos grosores de tejido adiposo.

Utilizó 4 grupos de muestra comprendidos por individuos con grosores de tejido adiposo en cuádriceps de 0 – 10 mm (grupo 1), 11 – 20 mm (grupo 2), 21 – 30 mm (grupo 3) y 31 – 40 mm (grupo 4) y comparó cuanto tiempo tardaron en disminuir su temperatura de base en 7°C. La crioterapia constó de una aplicación de una bolsa de hielo molido de 750 gr sobre el cuádriceps y la temperatura se midió pre test durante 2 minutos y post test con un par termoeléctrico.

La relación de tiempo necesario y tejido adiposo según grupos dio los siguientes resultados: grupo 1, tardó 8 ± 3.4 min; grupo 2, tardó 23.3 ± 6.7 min; grupo 3, tardó 37.8 ± 9.6 min y grupo 4, tardó 58.6 ± 11.7 min.

. Love. et al (9) efectuó un estudio en el cual expuso a 30 adultos sanos a 3 tipos distintos de aplicación de crioterapia en una pierna. El objetivo fue el de poder

identificar qué tipos de sensación sintieron los participantes en las distintas modalidades y a qué temperatura de la piel sintieron entumecimiento, para poder dilucidar cuál es el mecanismo exacto por el que el frío induce analgesia.

Las modalidades de crioterapia que eligieron los autores fueron masaje con hielo a través de agua congelada en un vaso descartable, de forma circular a 4cm/seg medido con un metrónomo, aplicación de hielo molido de 1,5 L de agua en una bolsa plástica adherida a la pierna con un elástico y una inmersión en agua fría a 12°C en una tina de agua. Todas las aplicaciones finalizaron cuando el participante llegó a la sensación de entumecimiento.

En el masaje con hielo los participantes sintieron frío durante los primeros 3 minutos, que se convirtió en una sensación alterada del minuto 3 al 5 y entumecimiento al minuto 5. La inmersión en agua fría provocó frío durante los primeros 3 minutos, sensación alterada por 4 – 5 minutos y entumecimiento al minuto 6. Por último, la bolsa de hielo molido produjo frío durante los primeros 2 minutos, sensación alterada durante 3 – 9 minutos y entumecimiento al minuto 10. En cuanto a la temperatura en la piel el masaje con hielo produjo un promedio de 6.3°C hasta llegar al entumecimiento, la bolsa de hielo produjo un promedio de 16.1°C y la inmersión un promedio de 14.6°C.

El autor llegó a la conclusión de que, la analgesia asociada a la disminución de la velocidad de conducción eléctrica, podría lograrse mucho más rápido con masajes con hielo, debido a la velocidad con la que reduce la temperatura de la

piel, comparada con las otras dos modalidades. En cuanto al mecanismo de control inhibitorio nocivo difuso planteado por otros autores, la modalidad de bolsa de hielo o inmersión sería mucho más efectiva porque producen los estímulos por más tiempo que el masaje con hielo.

CÁPITULO 5: CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN

5.1 CONCLUSIÓN:

Método de aplicación mas eficaz:

Analizando los artículos mencionados en capítulos anteriores, se puede inferir que la modalidad más eficaz de aplicación de crioterapia es en bolsas de hielo molido, con cantidades moderadas de hielo desde 0.6 a 0.8 kg en su medida estándar (3, 7, 8). Esto podría deberse a que si se utilizan cantidades menores de hielo la absorción total del calor superficial cederá mucho antes en comparación con cantidades de hielo mayores, pero en relación con el tamaño del pack se distribuirá mucho mas uniformemente sobre la superficie, lo que podría explicar porque la temperatura superficial disminuyó más rápidamente con menores cantidades de hielo.

La aplicación debe realizarse con compresión preferentemente utilizando una banda elástica y de manera intermitente (16). La utilización de una banda elástica demostró disminuir en mayor grado la temperatura intramuscular en comparación con aplicaciones sin compresión, un mecanismo que podría explicar esto es que más allá de la compresión, la banda elástica funciona como aislante entre el agente de crioterapia y el medio externo, aumentando el porcentaje de energía intercambiada entre la superficie de la piel y el agente mismo y no con el medio externo.

En cuanto a la aplicación de bolsas de hielo junto con bandas elásticas, comparada a las unidades de frío y compresión, no se encontraron diferencias significativas en cuanto a disminución del dolor, edema y funcionalidad (8).

Teniendo en cuenta la efectividad de cualquier aplicación de crioterapia, la disminución de la temperatura superficial como intramuscular esta mediada por la cantidad de tejido adiposo entre el músculo y la capa mas superficial de la piel, siendo que los efectos más rápidos se logran en aquellos sujetos que poseen 10 mm o menos de grosor de tejido adiposo seguidos por sujetos con 11 – 20 mm de tejido adiposo. Se estima que la eficacia en reducir la temperatura intramuscular se relaciona con la disminución en la temperatura superficial, porque cuando disminuye la segunda, los tejidos más profundos ceden su calor a la superficie para lograr un equilibrio térmico (12).

Posibles efectos adversos:

Debe considerarse que, la aplicación de crioterapia en modo de hielo molido causa una disminución de la velocidad de conducción nerviosa, llegando a disminuirse un 33% al conseguir una temperatura superficial de 10°C (2). El uso de hielo tuvo repercusiones sobre la contracción muscular máxima voluntaria, sentido de posicionamiento articular y umbral sensitivo de movimiento. Estos aspectos toman especial relevancia sobre todo en el ámbito deportivo, ya que con una aplicación que lleve la temperatura superficial entre 15°C y 10°C, el deportista podría sufrir efectos contraproducentes en su rendimiento (1, 17).

Como contrapartida en varios estudios en animales se observa que el enfriamiento del tejido hasta los 10°C en una etapa aguda de una lesión muscular, podría disminuir lo suficiente el metabolismo como para enlentecer la necrosis del tejido lesionado y la fagocitosis de las células muertas por macrófagos tisulares (4, 14, 15).

Mecanismos fisiológicos:

La analgesia puede ser producida por distintos mecanismos dependiendo de la intensidad y cantidad de estímulos, en aplicaciones que logran disminuir la temperatura más rápidamente, la disminución de la velocidad de conducción nerviosa será el mecanismo principal por el cual se induce analgesia, en aplicaciones con mayor cantidad de estímulos y de mayor duración de los mismos, el mecanismo principal será el control inhibitorio nocivo difuso (9).

5.2 DISCUSIÓN:

En cuanto a las limitaciones de este estudio, al no existir un protocolo de evaluación establecido y validado, los resultados de las investigaciones son muy variables independientemente de que la aplicación de crioterapia sea en la misma modalidad. Son pocos los estudios donde se evaluó todo el espectro de efectos con las herramientas necesarias para determinar los resultados, lo que produjo que muchos de estos se contradigan entre sí imposibilitando llegar al mismo resultado.

Es necesario realizar futuras investigaciones con una muestra mayor, por equipos de múltiples profesionales especializados, para contrastar los

resultados de este proyecto de revisión y los realizados por autores anteriores. Por otro lado, existe una escasa cantidad de estudios que evalúen a nivel histológico los cambios en el proceso de cicatrización normal, y cuando se hace utilización de un protocolo de crioterapia, en humanos para validar o negar la existente evidencia de efectos nocivos observada en estudios con animales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alexander, J. et al. The effects of a 20 minute crushed ice application on knee joint position sense during a small knee bend. *Physical Therapy in Sport*. Junio 9, 2015. doi: 10.1016/j.ptsp.2015.06.004
2. Algafly, A. et al. The effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance. *British Journal of Sports Medicine*. Vol 41, (2007), pp 365 – 369. doi:
3. Bleakey, C. et al. Cryotherapy for acute ankle sprains: a randomized controlled study of two different icing protocols. *British Journal of Sports Medicine*; 40:700–705. Abril 12, 2006. doi: 10.1136/bjsm.2006.025932.
4. Bleakley, C., McDonough, S., & MacAuley, D. (2004). *The Use of Ice in the Treatment of Acute Soft-Tissue Injury*. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(1), 251–261. doi:10.1177/0363546503260757
5. Cameron, M. *Agentes físicos en rehabilitación*. 4ta ed. Oregon, USA. Elsevier. (2013).
6. Collins, N. et al. Is ice right? Does cryotherapy improve outcome for acute soft tissue injury?. *Departamento de Medicina de Emergencia, Hospital Universitario de Galway, Galway, Irlanda*. Agosto 11, 2014.
7. Janwantanakul, P. *The effect of quantity of ice and size of contact area on ice pack/skin interface temperature*. *Physiotherapy*, 95(2), 120–125. Bangkok, Tailandia (2009). doi: 10.1016/j.physio.2009.01.004
8. Kraeutler, M. J. et al. *Compressive cryotherapy versus ice—a prospective, randomized study on postoperative pain in patients undergoing arthroscopic rotator cuff repair or subacromial decompression*. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 24(6), 854–859, Colorado, Estados Unidos (2015). doi: 10.1016/j.jse.2015.02.004
9. Love, H. et al. *Cryotherapy Effects, Part 1: Comparison of Skin Temperatures and Patient-Reported Sensations for Different Modes of Administration*.

- International Journal of Athletic Therapy and Training*, 18(5), 22–30, Virginia, USA, (2013) doi:10.1123/ijatt.18.5.22
10. MacAuley, D. What is the role of ice in soft tissue injury management? , En: MacAuley (ed). *Evidence Based Sports Medicine*. Londres: British Medical Journal. 2002, p 45 – 66.
 11. Omnia, E. et al. Hand Grip Strength Following Cryotherapy on the Forearm for Tennis Players. *Current Science International*, vol 7, 2, p 257 – 265. Mayo 30, 2018.
 12. Otte, J, et al. Subcutaneous adipose tissue thickness alters cooling time during cryotherapy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(11), Noviembre (2002). doi:10.1053/apmr.2002.34833
 13. Selkow, N. et al. Microvascular perfusion and intramuscular temperature of the calf during cooling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol 44 (5): 850 – 856 pp. Mayo, 2012. doi: 10.1249/MSS.0b013e31823bced9
 14. Singh, D. et al. Effects of Topical Icing on Inflammation, Angiogenesis, Revascularization, and Myofiber Regeneration in Skeletal Muscle Following Contusion Injury. *Frontiers in Physiology*. 8:93. Marzo 7, 2017. doi:10.3389/fphys.2017.00093.
 15. Takagi, R. et al. Influence of icing on muscle regeneration after crush injury to skeletal muscles in rats. *Journal of Applied Physiology*. 110: 382–388. Diciembre 16, 2010. doi:10.1152/jappphysiol.01187.2010.
 16. Tomchuk, D. et al. *The Magnitude of Tissue Cooling During Cryotherapy With Varied Types of Compression*. *Journal of Athletic Training*, 45(3), 230–237. (2010). doi:10.4085/1062-6050
 17. Torres, R., et al. *The Acute Effect of Cryotherapy on Muscle Strength and Shoulder Proprioception*. *Journal of Sport Rehabilitation*, 26(6), 497–506. (2016). doi: 10.1123/jsr.2015-0215
 18. Van Wijk, G. et al. Perspective on diffuse noxious inhibitory controls as a model of endogenous pain modulation in clinical pain syndromes. *The Journal of Pain*, The Journal of Pain, Vol 11, No 5 (May), 2010: pp 408-419.