



**IGOR VALLI CLETO PINTO**

**Crioterapia na Recuperação Pós-Exercício: uma revisão  
bibliográfica**

**LAVRAS – MG**

**2021**

**IGOR VALLI CLETO PINTO**

**CRIOTERAPIA NA RECUPERAÇÃO PÓS-EXERCÍCIO: uma revisão bibliográfica**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Graduação em Educação Física, para obtenção do título de Bacharel.

Orientador Prof. Dr. Gustavo Puggina Rogatto

**LAVRAS – MG**

**2021**

**IGOR VALLI CLETO PINTO**

**CRIOTERAPIA NA RECUPERAÇÃO PÓS-EXERCÍCIO: uma revisão bibliográfica**  
**CRYOTHERAPY IN POST-EXERCISE RECOVERY: a literature review practice**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Graduação em Educação Física, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 18 de Novembro de 2021.

Prof. Dr. Gustavo Puggina Rogatto – UFLA

Prof. Dr. Priscila Carneiro Valim Rogatto - UFLA

Prof. Dr. Gustavo Puginna Rogatto  
Orientador.

**LAVRAS – MG**  
**2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pinto, Igor Valli Cleto.

Crioterapia na Recuperação Pós-exercício: : uma revisão  
bibliográfica / Igor Valli Cleto Pinto. - 2021.

48 p. : il.

Orientador: Gustavo Puginna Rogatto.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Crioterapia. 2. Lesão Muscular. 3. Recuperação.

## RESUMO

Dentro do esporte de alto rendimento, preparadores físicos e comissão técnica buscam técnicas terapêuticas que visam a recuperação rápida de seus atletas, devido as lesões que ocorrem durante treinamentos e jogos. Sendo assim, o uso da técnica de crioterapia é uma das utilizadas. O objetivo é revisar a literatura apresentando as respostas fisiológicas do corpo humano após a utilização da crioterapia favorecendo a recuperação pós-exercício. Foi realizada buscas nas plataformas de pesquisa Scielo e PubMed. Foi encontrado que a crioterapia favorece na recuperação pós exercício, porém há necessidade de mais estudos com foco em encontrar protocolos crioterápicos que favoreçam esta recuperação.

**Palavras-chave:** Crioterapia; Recuperação; Lesão Muscular.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	LESÃO .....	7
1.2	TERAPIAS PARA TRATAMENTOS DE LESÃO.....	8
1.3	CRIOTERAPIA.....	9
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>11</b>
3.1	Tipo de Pesquisa.....	11
3.2	Procedimentos de Coleta e Análise de Dados .....	12
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO E RESULTADOS .....</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Artigos da plataforma PubMed publicados entre os anos 2011 e 2021.....12

Quadro 2 - Artigos da plataforma Scielo publicados entre os anos 2011 e 2021.....14

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imersão em Água Fria.....	23
Figura 2 – Crioterapia de Corpo Inteiro.....	24
Figura 3 – PCM (Material de Mudança de Fase).....	31



## 1 INTRODUÇÃO

O processo de recuperação de atletas de alto rendimento consiste em restaurar os sistemas energéticos envolvidos em uma determinada prática esportiva, além de prevenir lesões. A recuperação pós-exercício visa restaurar o sistema corporal a sua condição basal. Sendo assim, é cada vez mais importante que o processo de recuperação seja previsto dentro do planejamento do programa de treinamento, visando trazer equilíbrio entre a competição, o treinamento e a recuperação.

A recuperação pós-exercício tem sido muito estudada e pesquisada, pois quanto mais rápido for o reestabelecimento do atleta, mais brevemente este estará apto a iniciar uma nova sessão de treinamento e/ou jogos.

Segundo Barroso e Thiele (2011), “a maior parte das lesões musculares ocorre durante atividade desportiva, correspondendo de 10 a 55% de todas as lesões. Os músculos mais comumente afetados são os isquiotibiais, quadríceps e gastrocnêmios, músculos estes biarticulares que estão mais sujeitos às forças de aceleração e desaceleração.”

Segundo Machado et al (2016), a utilização da imersão corporal em água fria é uma das formas de tratamento mais usadas na recuperação pós-esforço no contexto esportivo.

Segundo Barnett (citado por SILVA; OLIVEIRA; CAPUTO, 2013, p. 489), a recuperação pós-exercício é um ponto de extrema importância dentro de um plano de treinamento físico, tanto para atletas, como para treinadores e profissionais ligados à área da saúde.

Guirro, Abib, Máximo (1999, p. 164) afirmam que “a crioterapia é um método utilizado há mais de 100 anos para o tratamento das diversas patologias”.

O termo crioterapia é atribuído para exemplificar o uso do frio como método de tratamento terapêutico, que entre 0°C e 18,3°C de temperatura, resulta em uma redução do movimento molecular. Durante esse processo, o calor é extraído do corpo e absorvido, causando uma série de reações locais e sistêmicas (Freire et al., 2015).

A crioterapia local pode promover a recuperação de tais danos, e a vasoconstrição induzida pelo frio pode reduzir a formação de edema e a intensidade do dano celular local, reduzindo o sangramento e a demanda metabólica dos tecidos danificados (Matheus et al., 2007, p. 373).

Segundo Freire et al (2015), após a temperatura atingir 13,6 ° C, inicia-se a resposta causada pelo frio, a analgesia, seguido da diminuição da condução nervosa. A 12,5°C, a condução nervosa é reduzida em 10%. Cada vez que a temperatura é diminuída em um grau Celsius, a velocidade de condução nervosa diminui 2,4 m. Devido ao frio, o impulso nervoso gerado pela fenda sináptica também é reduzido e a liberação de acetilcolina (neurotransmissor) é minimizada. Entre 10°C e 11°C, a atividade metabólica enzimática é reduzida em 50%. Segundo HOWATSON; VAN SOMEREN, 2008; CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003 (citados por SILVA; OLIVEIRA; CAPUTO, 2013, p. 491), a diminuição da temperatura do tecido causa estimulação dos receptores da pele para ativar as fibras nervosas simpáticas adrenérgicas, resultando na contração das arteríolas e vênulas locais, redução do inchaço e diminuição da taxa metabólica, abreviando assim a inflamação, a permeabilidade dos vasos sanguíneos e a formação de edema.

Os efeitos fisiológicos da crioterapia incluem diminuição da frequência cardíaca e do débito cardíaco, aumento da pressão arterial e resistência periférica. O aumento da resistência periférica é o resultado do sangue sendo direcionado para a periferia para manter a temperatura corporal. O aumento do metabolismo e do oxigênio também ajuda a manter a temperatura (PASTRE et al. 2008).

O tratamento com crioterapia reduz a permeabilidade celular do sangue, vasos linfáticos e capilares devido à vasoconstrição causada pelo frio, resultando em diminuição da difusão do líquido no espaço intersticial. Todas essas reações são benéficas para reduzir a inflamação causada por danos aos tecidos, a dor, o edema e os espasmos musculares (PASTRE et al. 2008).

O resfriamento dos tecidos diminui a transmissão nervosa, reduzindo a liberação de acetilcolina e, possivelmente, estimulando células superficiais inibitórias a aumentar o limiar de dor (PASTRE et al. 2008, p. 140).

Pöyhönem e Avela (2002 citado por PASTRE et al. 2008, p. 140) chegaram à conclusão que temperaturas baixas diminuem a sensação de fadiga muscular, podendo ser um efeito

psicológico. Outra suposição é que a diminuição da fadiga pode estar relacionada à diminuição da resposta neuromuscular.

Silva et al. (2018) estudaram os efeitos da crioterapia na recuperação avaliando as concentrações de creatina quinase e conduzindo testes de força funcional e parâmetros isocinéticos de atletas de Jiu-Jitsu após o exercício. Como resultado, constatou-se que a crioterapia não alterou a expressão da creatina quinase, o desempenho do teste de função de força de membro superior e dos parâmetros isocinéticos (torque, trabalho e potência).

Freire et al. (2015) realizaram um estudo para avaliar o desempenho físico, frequência cardíaca e equilíbrio estático de jogadores de futsal com os olhos abertos. Participaram do estudo 32 voluntários. Os participantes foram divididos em dois grupos: grupo A, situação controle, consistiu em imersão em água a temperatura 24° C; e grupo B, submetido a imersão em água a 10° C. Inicialmente, foi avaliado o equilíbrio estático com os olhos abertos em apoio biopodal, antes e após a imersão nas duas temperaturas de água; realizou-se também teste de velocidade em linha reta e em ziguezague de 100m. Na segunda etapa, após o teste de velocidade em linha reta e ziguezague, os participantes do grupo A (controle) foram submetidos a imersão dos membros inferiores até altura do terço médio do fêmur, com água a 24°C durante 10 min. O grupo B (experimental) foi submetido a imersão dos membros inferiores até o terço médio do fêmur a uma temperatura de 10°C durante 10 min. Na última etapa foi feito o teste de velocidade em linha reta e ziguezague imediatamente após a imersão ou imersão. Depois avaliou-se o equilíbrio estático dos indivíduos do grupo A e B. O resultado encontrado foi que a crioterapia pode prejudicar o desempenho físico caso a atividade seja feita imediatamente após a aplicação da técnica, sendo recomendável não usar o gelo quando se deseja performance na atividade física. A frequência cardíaca na análise intragrupo apresentou diferenças significativas, mas quando comparado ao grupo controle e intervenção não apresentou diferenças. O equilíbrio estático não foi afetado após a imersão, provavelmente pelo fato de existirem outros associados que controlam o

equilíbrio suprirem a deficiência na propriocepção, já que a crioterapia prejudica a propriocepção.

O uso da técnica de Crioterapia é comumente utilizado para recuperação de atletas de alto rendimento, assim como outras técnicas terapêuticas que também visam a recuperação rápida. Porém, há vários estudos sobre a crioterapia e muitos apresentam divergências, dizendo que a técnica ajuda na recuperação e atrapalha no desempenho, enquanto outros dizem que não ajuda na recuperação e atrapalha no desempenho.

Bezerra et al. (2015) realizou um estudo com o objetivo de avaliar o efeito da crioterapia após o jogo de futebol e durante três dias de recuperação aos níveis de dor muscular. O resultado evidenciou que a crioterapia induz um efeito analgésico de curto prazo, sendo observado pela percepção subjetiva de dor, podendo ser uma estratégia de recuperação a ser utilizada e considerada no processo de recuperação após treinamentos e jogos.

Matheus et al (2008) realizaram um estudo com o objetivo de analisar as propriedades mecânicas do músculo gastrocnêmio lesionado por impacto direto e tratado com crioterapia. Foi utilizado 24 ratas e um equipamento para provocar a lesão por impacto direto no gastrocnêmio e logo após a produção da lesão aguda, foram submetidos ao tratamento usando a crioterapia. Como resultado, foi concluído que a sessão de crioterapia, imediatamente após a lesão, acarretou melhoras das propriedades mecânica analisadas (Carga no limite máximo, alongamento no limite máximo, rigidez) conseguindo ser benéfica no tratamento inicial em trauma agudo.

Já Freire et al. (2015) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o desempenho físico, a frequência cardíaca e o equilíbrio estático com os olhos abertos em atletas de futsal. Como resultado, inferiu-se que a crioterapia pré-atividade pode prejudicar o desempenho físico, sendo não aconselhável o uso de gelo quando se deseja desempenho. Em relação a frequência cardíaca não houve diferença significativa e, quanto ao equilíbrio estático não foi afetado após a utilização da crioterapia.

O preparador físico de futebol, segundo Hernández (2004), desempenha cada vez mais um papel importante dentro da comissão técnica. No plano de treinamento, o preparador físico é responsável por quantificar todo o treinamento, ou seja, ele controla todos os fatores que irão afetar a aquisição e manutenção da condição física do jogador de futebol. Portanto, terá controle total sobre o volume, intensidade, número de séries e repetições, interrupções, etc. Além do papel vital que é o excelente desempenho da equipe ao longo da temporada, o preparador físico também é responsável por treinar jogadores que tenham se machucado ao longo da temporada. A função de organizar cada sessão de treinamento para jogadores lesionados pode ser uma das chaves para o sucesso de qualquer equipe na temporada, especialmente quando o jogador lesionado específico é uma das referências da equipe. Sendo assim, o preparador físico também faz parte do processo de recuperação de atletas, que segundo Pastre et al. (2008) a recuperação após o exercício inclui a restauração do sistema do corpo ao seu estado basal, proporcionando equilíbrio e evitando o aparecimento de lesões. Neste sentido, tornou-se um aspecto importante dentro do planejamento de condicionamento físico, principalmente no nível de alto desempenho. Portanto, o uso de técnicas terapêuticas, como a crioterapia, auxiliam os preparadores físicos e departamento médico a acelerar a recuperação de atletas, buscando trazê-los o mais rápido possível aos treinamentos e jogos.

A importância do processo de recuperação está relacionada a alguns aspectos, como danos graves ocorridos durante uma prática esportiva onde o recrutamento muscular é altamente necessário, stress nos tendões e ligamentos, grande número de jogos e competições em um curto período de tempo.

Assim sendo, o uso de técnicas e métodos que visam recuperar o atleta o mais rápido possível para que se possa gerar um novo estímulo faz parte do programa de condicionamento físico, com a intenção de diminuir a fadiga muscular, a percepção de dor tardia e o cansaço, potencializando a volta aos treinos e competições.

Assim, o uso de técnicas como contraste, ultrassom terapêutico, massagem, antiinflamatórios, recuperação ativa e crioterapia são utilizados para acelerar a recuperação de atletas.

O contraste seria a mudança de temperatura entre frio e calor, visando aumentar o metabolismo.

A massagem é a manipulação mecânica dos tecidos corporais com movimentos cadenciados e rítmicos, dando a sensação de relaxamento.

O uso dos antiinflamatórios é uma estratégia que faz uso de produtos farmacológicos que visam ajudar no controle da dor.

A recuperação ativa é considerada um trabalho aeróbio e de baixa intensidade, sendo realizados exercícios ativos.

A crioterapia consiste em fazer uma imersão corporal no gelo, reduzindo a temperatura corporal por condução, utilizando-se do frio como tratamento. Essas são algumas das técnicas utilizadas por profissionais para a recuperação de atletas pós exercício intenso.

Quando se fala em atletas de alto rendimento, se pensa em treinamentos árduos e alto número de jogos. Porém há um ponto que é de extrema importância, a recuperação.

A recuperação do atleta visa trazer o corpo a sua forma basal, fazendo com que os sistemas energéticos sejam restaurados, as fibras musculares reconstruídas, diminuindo a percepção de dor, com isso, o atleta sente menos cansado e mais propício a receber outro estímulo árduo, seja no treinamento ou no jogo. Visando a recuperação de atletas são usadas técnicas terapêuticas para acelerar na recuperação do atleta, sendo a crioterapia uma das técnicas utilizadas.

Explorar as respostas fisiológicas acarretadas após o tratamento por crioterapia se torna um importante indicativo de como a técnica pode ajudar na recuperação de atletas pós-exercício.

Portanto, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre a crioterapia relacionada à recuperação de atletas de alto nível, explorando quais são as respostas

fisiológicas encontradas no corpo humano após o uso da técnica proporcionando uma recuperação rápida pós-exercício.

## 1.1 LESÃO

As lesões musculares são muito comuns e fazem parte da rotina de quem pratica esportes, principalmente quando falamos de atletas de alto rendimento. Neste caso, as lesões, na maioria das vezes, necessitam de tempo para serem tratadas e acabam por comprometer a participação do atleta no seu plano de treinamento ou jogo. As lesões musculares representam de 10 a 55% de todas as lesões. Alguns músculos são mais comuns em apresentar algum problema como é o caso dos isquiotibiais (“parte posterior da coxa”), gastrocnêmios (“panturrilha”) e quadríceps (“parte anterior da coxa”), devido ao fato destes músculos serem biarticulares e sujeitos a aceleração e desaceleração.

Existe um sistema de classificação de lesões que leva em consideração o tempo, a gravidade e a localização da lesão. Em relação ao tempo, a lesão pode ser considerada crônica ou aguda, sendo a aguda aquela com menos de três semanas. Em relação ao tipo, a lesão pode ser decorrente de fatores extrínsecos e intrínsecos. O fator extrínseco são as lesões que ocorrem por fator externo; já os fatores intrínsecos são as lesões por fatores internos, como disfunções musculares, rupturas e estiramentos.

Um bom exemplo de disfunção muscular é a câibra, que consiste numa rápida contração involuntária do músculo, causando dor.

As alterações biológicas que ocorrem no tecido muscular após a lesão possuem um determinado padrão e podem ser divididas em três camadas: destruição, reparo e regeneração. Na fase de destruição, as fibras musculares se rompem. Depois que a fase de destruição diminui, o reparo muscular começa com a regeneração das fibras musculares. Portanto,

quando a vascularização do local lesado começa a se recuperar, acaba este sendo o primeiro sinal de regeneração.

Para prevenir-se de lesões, é recomendado alongamentos antes e depois de atividade física. O aquecimento ativo e passivo das musculaturas também é uma estratégia junto ao fortalecimento das musculaturas.

## **1.2 TERAPIAS PARA TRATAMENTOS DE LESÃO**

A reabilitação de atletas faz parte do treinamento regular, e os técnicos e equipe técnica devem garantir que os atletas não se machuquem. Assim, são usados rotineiramente processos terapêuticos que visam diminuir a probabilidade de lesão. Algumas terapias como massagem, ultrassom terapêutico, contraste, uso de antiinflamatórios, recuperação ativa e passiva e crioterapia são algumas das técnicas utilizadas por preparadores físicos, fisioterapeutas e médicos que trabalham na área do esporte e recuperação de atletas.

A técnica de massagem é frequentemente utilizada, buscando trazer relaxamento naquela área muscular onde será aplicado. A massagem alivia a dor muscular, aumentando o fluxo sanguíneo na região e aumentando o fluxo linfático, diminuindo a sensação de dor, com isso, acelera na remoção de catabólicos reduzindo o tempo de recuperação.

A técnica de contraste consiste em alternar a temperatura corporal visando aumentar o metabolismo, melhorando a sensação de recuperação reduzindo o número de catabólicos produzidos devido ao exercício intenso, ocorrendo também o relaxamento da musculatura esquelética. A remoção do ácido lático produzido durante o exercício físico é acelerada devido ao efeito da vasodilatação e vasoconstrição, consequência da aplicação da técnica. Vale ressaltar que quanto mais rápido a remoção do lactato sanguíneo, mais eficaz e veloz a recuperação.

As técnicas de recuperação ativa e passiva são as mais antigas na recuperação pós-exercício. A recuperação ativa trata-se na realização de um exercício aeróbio submáximo após



exercício intenso, podendo ser um trote ou uma corrida moderada, dentro de uma faixa da frequência cardíaca; já a recuperação passiva trata-se do atleta ficar parado por um tempo, fazendo o corpo voltar ao estado de homeostase.

O ultrassom terapêutico consiste em uma corrente que passa por um cristal piezoelétrico (cristal que gera um campo elétrico quando é aplicada pressão), fixado em um transdutor que gera energia sonora; quando aplicado nos tecidos corporais, produz uma série de alterações celulares por meio dos efeitos mecânicos, sendo altamente utilizado para reparo tecidual. O ultrassom terapêutico pode produzir o reparo do tecido mole, angiogênese, regeneração do tecido (fechamento da falha do tecido ou substituição do tecido danificado pelo mesmo tipo de tecido), liberação de macrófagos, reparo do tecido mole, aumento do fluxo sanguíneo e alívio da dor.

O uso de antiinflamatórios, como Ibuprofeno por exemplo, ajuda no tratamento da inflamação, dor, edema e de distúrbios músculo-esquelético. Esta droga inibe a enzima ciclooxigenase (COX), que converte ácido araquidônico em tromboxanos, prostaciclina e prostaglandinas. A prostaglandina, chamada de ciclooxigenase, é uma glicoproteína da membrana do retículo endoplasmático, que atua na via metabólica da cascata do ácido araquidônico. Em mamíferos é encontrado duas isoformas: a COX-1 e a COX-2, estas enzimas fazem a formação de mediadores biológicos, chamados prostanóides. Com a inibição da COX pode haver o alívio dos sintomas de inflamação e da dor.

### **1.3 CRIOTERAPIA**

A crioterapia é um tratamento comumente utilizado para tratar lesões agudas. A crioterapia pode aliviar dores, edema, inflamação e doenças circulatórias.

O termo crioterapia é usado para descrever o frio como um tratamento para lesões, cuja temperatura varia entre 0 ° C e 18,3 ° C.

Durante o processo de tratamento, o calor é extraído e absorvido pelo corpo, causando reações locais e sistêmicas. O efeito do tratamento está relacionado à temperatura, duração do tratamento e grau da lesão.

Dentre as inúmeras técnicas utilizadas, a crioterapia consiste em fazer uma imersão corporal no gelo, reduzindo a temperatura corporal por condução, utilizando-se do frio como tratamento, promovendo respostas que está relacionada a termorregulação do corpo, aumentando ou diminuindo o metabolismo corporal.

O frio causa o que se chama de analgesia, que é a perda ou diminuição da sensibilidade de dor, essa analgesia ocorre após a temperatura chegar a 13,6°C, sendo seguido pelo decréscimo da condução do impulso nervoso pela fenda sináptica, proporcionando uma diminuição da liberação da acetilcolina (neurotransmissor) que diminui em 10% a 12,5°C. À medida que cada grau Celsius diminui, a velocidade de condução dos impulsos nervosos diminui 2,5 m. Entre 10°C e 11 °C, a atividade metabólica enzimática é reduzida em 50%.

O frio decorrente do uso de gelo promove vasoconstrição, que é causada pela estimulação das fibras nervosas simpáticas, e uma diminuição da pressão osmótica e da permeabilidade da membrana, o que resulta em uma diminuição do edema. A vasoconstrição também ocorre porque o fluxo sanguíneo no vaso lesado é reduzido.

No trauma mecânico, cubos de gelo são usados imediatamente após a lesão com o intuito de inibir o vazamento celular causado pela vasoconstrição, além de promover a redução do edema devido à queda do metabolismo e da permeabilidade, diminuindo assim a incidência de lesão.

O resfriamento local promove uma diminuição do metabolismo e do consumo de oxigênio muscular celular, sobrevivendo por um tempo maior em isquemia, evitando a morte da célula.

A aplicação do gelo promove a estimulação dos receptores térmicos, que usam a via espino-talâmico lateral para transmitir o estímulo doloroso. Portanto, o resfriamento leva a um incremento na duração do efeito potencial do nervo sensorial, aumentando assim o período refratário, resultando na diminuição do número de fibras que se despolimerizam ao mesmo

tempo, o que leva à conclusão de que reduz a velocidade dos impulsos nervosos e, portanto, da dor.

No sistema muscular, o gelo diminui a temperatura, promovendo assim uma redução no movimento e relaxamento muscular.

Porém, a diminuição da temperatura corporal pode interferir nas informações motoras e sensitivas. Com o atraso da velocidade de transmissão dos impulsos nervosos das fibras sensoriais e a diminuição da excitabilidade, os mecanorreceptores musculares irão causar alterações no nível de percepção muscular e ativação das unidades motoras, o que prejudica coordenação e estabilidade do movimento.

O uso da crioterapia é recorrente no esporte, sendo de importância a busca na literatura para investigar quais suas reações no corpo em relação a recuperação pós-exercício, suas limitações, contraindicações, protocolos existentes, etc. buscando entender pontos positivos da técnica crioterápica e auxiliando na hora de aplicá-la.

## **2 OBJETIVOS**

Investigar os estudos científicos que objetivam a recuperação do atleta após tratamento crioterápico.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1 Tipo de Pesquisa**

O presente estudo configura-se como sendo uma pesquisa de revisão bibliográfica com finalidade exploratória que procura observar as respostas fisiológicas em atletas acarretadas pelo uso da técnica de crioterapia com o intuito de favorecer o processo de recuperação muscular.

### 3.2 Procedimentos de Coleta e Análise de Dados

Foi realizada uma busca de publicações relacionadas ao tema nas plataformas de pesquisa PubMed e Scielo. PubMed é uma plataforma de livre acesso à base de dados MEDLINE de citações e resumos de artigos de investigação em biomedicina, oferecida pela Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos como parte da Entrez. Scielo é uma Biblioteca Eletrônica Científica Online de acesso livre e modelo cooperativo de publicação digital de periódicos científicos brasileiros. Os artigos utilizados foram experimentais, revisões bibliográficas, ensaios clínicos, revisões narrativas, estudo de casos, estudos cruzados, ensaios clínicos controlados, estudo de avaliação que estão na íntegra com acesso livre nos últimos 10 anos, sendo desde 2011 até 2021. No levantamento não foi considerada a classificação qualis dos periódicos. Foram selecionados periódicos nos idiomas inglês, português e espanhol. Os termos de busca utilizados foram cryotherapy, recovery, injury, sport e exercise.

## 4 DISCUSSÃO E RESULTADOS

Na plataforma de pesquisa PubMed foram encontrados 15 artigos desde o ano de 2011 até 2021 (Quadro 1), sendo utilizados aqueles que fazem referência a crioterapia e tratamento de lesão pós-exercício físico.

Quadro 1. Artigos da plataforma PubMed publicados entre os anos 2011 e 2021.

<b>TÍTULO</b>	<b>ANO DE PUBLICAÇÃO</b>	<b>AUTORES/AS</b>	<b>TIPO DE ARTIGO</b>
Cryotherapy Models and Timing-Sequence Recovery of Exercise-Induced Muscle Damage in Middle- and Long-Distance Runners	2020	Qu et al.	Estudo cruzado
Whole-Body Cryotherapy in Athletes: From Therapy to Stimulation. An Updated	2017	Lombardi, Ziemann, Banfi.	Revisão bibliográfica

---

 Review of the Literature.

Multiple Cryotherapy Attenuates Oxi-Inflammatory Response Following Skeletal Muscle Injury.	2020	Zembron-Lacny et al.	Ensaio clínico controlado
Don't Lose Your Cool With Cryotherapy: The Application of Phase Change Material for Prolonged Cooling in Athletic Recovery and Beyond	2020	Kwiecien, McHugh, Howatson.	Revisão bibliográfica
Cryotherapy: biochemical alterations involved in reduction of damage induced by exhaustive exercise.	2018	Furtado et al.	Estudo de Avaliação
Muscle cooling: too much of a good thing?	2018	Mawhinney, Allan.	Revisão bibliográfica
Cryotherapy Reinvented: Application of Phase Change Material for Recovery in Elite Soccer.	2018	Clifford et al.	Ensaio clínico controlado
Continuous Knee Cooling Affects Functional Hop Performance - A Randomized Controlled Trial.	2018	Tassignon et al.	Ensaio clínico controlado
Transient global amnesia following a whole-body cryotherapy session.	2017	Carrard, Lambert, Genné.	Relato de caso
Cold-Water Immersion for Hyperthermic Humans Wearing American Football Uniforms.	2015	Miller, Swartz, Long.	Ensaio clínico controlado
Management approaches to acute muscular strain and hematoma in National level soccer players: a report of two cases	2012	Stainsby, Piper, Gringmuth.	Relatos de caso
Contrast Baths, Intramuscular Hemodynamics, and Oxygenation as	2018	Shadgan et al.	Ensaio clínico controlado

---

---

Monitored by Near-Infrared Spectroscopy.

---

Na plataforma de pesquisa Scielo foram encontrados 17 artigos desde o ano de 2011 até 2021 (Tabela 2), sendo utilizados aqueles que fazem referência a crioterapia e tratamento de lesão pós-exercício físico, totalizando 10 artigos. Sendo os 7 artigos excluídos não havendo ligação com o tema proposto.

Quadro 2. Artigos da plataforma Scielo publicados entre os anos 2011 e 2021.

<b>TÍTULO</b>	<b>ANO DE PUBLICAÇÃO</b>	<b>AUTORES/AS</b>	<b>TIPO DE ARTIGO</b>
Análise da assimetria termográfica com crioterapia no kung fu	2018	Barros et al.	Estudo de Avaliação
Cryotherapy: biochemical alterations involved in reduction of damage induced by exhaustive exercise	2018	Furtado et al.	Estudo de Avaliação
Efeito da imersão em água fria sobre a recuperação pós-esforço em atletas de jiu-jitsu	2018	Silva et a.	Estudo de Avaliação
Efeito de diferentes métodos de recuperação sobre a remoção de lactato e desempenho anaeróbio de futebolistas.	2013	Ferrari et al.	Estudo de Avaliação

---

Effect of walking and resting after three cryotherapy modalities on the recovery of sensory and motor nerve conduction velocity in healthy subjects	2011	Herrera et al.	Estudo de Avaliação
Effects of cryotherapy methods on circulatory, metabolic, inflammatory and neural properties: a systematic review	2016	Freire et al.	Revisão Bibliográfica
Effects of cryotherapy on muscle damage markers and perception of delayed onset muscle soreness after downhill running: A Pilot study	2015	Rossato et al.	Estudo de Avaliação
Grip strength after forearm cooling in healthy subjects	2016	Pedro Henrique Reis Rabelo, Kárenn Klycia Pereira Botelho, Franassis Barbosa de Oliveira	Estudo de Avaliação
Influence of cryotherapy application time on skin sensitivity	2014	Gregório et al.	Estudo de Avaliação
Influence of cryotherapy on muscle damage markers in jiu-jitsu fighters after competition: a cross-over study	2014	Júnior et al.	Estudo Cruzado

---

A crioterapia é um tratamento terapêutico físico usado corriqueiramente na medicina esportiva, principalmente para recuperação de lesões (traumas e/ou uso excessivo da musculatura) e na recuperação pós-temporada de competição.

Ao se exercitar de forma vigorosa ou exaustiva, vários mecanismos bioquímicos agudos são acionados. Com base em suas propriedades anti-inflamatórias e analgésicas, a crioterapia (imersão em água fria) é amplamente utilizada para acelerar o processo de recuperação muscular. Stainsby, Piper e Gringmuth (2012) relataram o caso de duas jogadoras de futebol de elite do Canadá que apresentaram dor na parte anterior da coxa após ferimentos ocorridos durante o acampamento de treinamento. Ambas foram diagnosticadas com tensão muscular aguda e hematomas musculares. Os planos de manejo para recuperação incluíam repouso e afastamento do esporte, e o uso de crioterapia e corrente interferencial. Uma das jogadoras apresentava dor na coxa direita devido a chutes repetitivos no período de treinamento, sendo levada a um centro de saúde. No momento da apresentação, sua intensidade de dor foi avaliada em 7/10 em uma escala numérica de dor, sendo extensão e chutes como atividades mais dolorosas. No exame físico, nenhum defeito foi observado, porém a paciente não conseguia realizar agachamento devido à dor. Durante a palpação, a dor e a sensibilidade foram localizadas no vasto lateral direito distal e no reto femoral, sendo identificada uma distensão do vasto lateral direito e reto femoral. Em seu plano de tratamento foi incluída crioterapia na área de queixa de dor (10 minutos de gelo ligado/ 10 minutos de gelo desligado/ 10 minutos de gelo ligado) protocolo 10/10/10, corrente interferencial, terapia a laser frio por seis visitas (três vezes por semana por duas semanas). Posteriormente ao voltar para avaliação, a paciente apresentou diminuição da dor e aumento da amplitude de movimento, mas não era capaz de voltar ao treinamento. A crioterapia e corrente interferencial foram feitos novamente para o controle da dor, mas não era possível retornar aos treinos. Como a queixa ainda não havia sido resolvida na reavaliação a atleta foi encaminhada para ultrassom diagnóstico de acompanhamento que revelou uma diminuição no tamanho do hematoma, mas



incompleta cicatrização de uma ruptura de espessura parcial do reto femoral direito. Uma terceira ultrassonografia diagnóstica realizada uma semana depois demonstrou heterogeneidade do reto femoral (consistente com uma cicatriz residual), indicando que a laceração descrita anteriormente continuava a cicatrizar, mas não cicatrizou. Após uma semana de tratamento, a atleta acabou recebendo autorização para voltar a jogar e foi autorizado a competir na Copa do Mundo Sub-17.

No caso 2, jogadora de futebol de 16 anos, com dor na virilha direita a lesão ocorreu após exercícios repetitivos de chute no campo de treinamento. A jogadora se lembra de hematomas no momento do início da dor e relatou edema leve na área da queixa principal no momento da apresentação. A intensidade de sua dor foi avaliada como 7/10. A dor foi localizada na virilha direita. Chutar foi a única atividade agravante relatada. Ao exame físico, observou-se leve edema. As amplitudes de movimento ativas, passivas e resistidas do quadril eram completas, no entanto, a adução resistida recriou a dor na virilha direita. Durante a palpação, a sensibilidade foi localizada no adutor longo direito. O diagnóstico diferencial das cepas do adutor longo direito ou do pectíneo foi considerado, e a atleta foi encaminhado para ultrassonografia diagnóstica para identificação das estruturas envolvidas. Seu plano de tratamento incluía crioterapia para a área da queixa principal (protocolo 10/10/10), corrente interferencial com progressão para terapia de tecidos moles, neuromuscular proprioceptiva facilitação (PNF) em doze visitas (três vezes por semana durante 4 semanas) e remoção de treinamento específico para esportes e membros inferiores. Ao longo do plano de tratamento inicial, a dor e o inchaço do atleta diminuíram progressivamente e a função retornou. Ela pôde começar a usar um dispositivo isocinético pneumático para fortalecer seus adutores após oito tratamentos (nove dias). Após 10 tratamentos (duas semanas), imagens de acompanhamento foram realizadas e revelaram uma cicatrização indicando que a ruptura no adutor longo cicatrizou. A atleta foi então liberado para retomar o treinamento de campo e os treinos com a seleção nacional. Ela foi capaz de competir no torneio da Copa do Mundo Sub-17.

Segundo a discussão dos autores há poucas evidências de alta qualidade disponíveis para orientar os profissionais no tratamento adequado. Algumas revisões sobre tratamento manual para contusões e distensões do quadríceps não têm apoiado a eficácia do tratamento específico. O gelo, calor, compressão e fisioterapia combinadas têm sido sugeridos como tratamento úteis, mas isso é baseado nos resultados de pesquisas em animais, opinião de especialistas e observação empírica. A recomendação mais consistente na literatura é o repouso para evitar mais danos celulares e dor. A crioterapia tem sido defendida, pois cria vasoconstrição e pode limitar o desenvolvimento extenso do hematoma, mas as pesquisas foram focadas em estudos com animais.

Furtado et.al. (2018) realizaram um estudo em camundongos com objetivo de investigar os efeitos bioquímicos do tratamento por imersão em água fria. Os camundongos foram divididos em 4 grupos de tratamento: Grupo controle, grupo imersão em água fria (IAF), grupo protocolo exaustivo de natação (PEN) e grupo IAF + PEN. Os grupos de tratamento foram subdivididos em tempos de análise: 0,1,3 e 5 dias com objetivo de observar a avaliação dos biomarcadores em diferentes períodos após protocolo de exaustão e sessões únicas ou repetidas de tratamento com IAF. Os grupos de exaustão foram submetidos a uma sessão de PEN e os grupos de IAF a uma sessão de imersão (12 min a 12 °C) a cada 24 h. A produção de espécies reativas, inflamatórias, a viabilidade celular e o status antioxidante foram avaliados. O grupo PEN + IAF apresentou diminuição dos biomarcadores de dano inflamatório e produção de espécies reativas, além de apresentar aumento da viabilidade celular em relação ao grupo PEN. Além disso, o IAF aumentou a atividade da acetilcolinesterase nas duas primeiras sessões. O estudo mostrou que o IAF foi um tratamento eficaz após lesão muscular induzida por exercício. Aumentou a resposta anti-inflamatória, diminuiu a produção de espécies reativas, aumentou a viabilidade celular e promoveu o equilíbrio redox, o que poderia diminuir o tempo para o processo de recuperação.

Segundo os autores é bem sabido que o dano muscular induzido pelo exercício gera uma resposta inflamatória, que é seguida pela fase de recuperação muscular. Existem inúmeros

métodos utilizados pela medicina do esporte que visam acelerar o processo de recuperação muscular, como a crioterapia. Embora seja frequentemente utilizada como método de recuperação, permanecem controvérsias em torno dos reais benefícios desse tratamento. Pesquisadores anteriores demonstraram que indivíduos submetidos à crioterapia apresentam níveis mais elevados de antioxidantes, diminuição do estresse oxidativo e níveis mais baixos de biomarcadores de inflamação e disfunção mitocondrial. Por outro lado, outros estudos apontam que a crioterapia não é eficaz em biomarcadores de lesão muscular ou inflamação, ou na redução do estresse oxidativo induzido por lesões.

Um dos métodos mais populares de crioterapia é a imersão em água fria (IAF) que é conhecida por seus efeitos anti-inflamatórios e analgésicos obtidos pela exposição extrema ou moderada de segmentos corporais em água abaixo de 15° C. Além disso, estudos recentes mostraram que o IAF é mais eficiente do que outras formas de recuperação, pois causa vasoconstrição local que leva à redução da propagação de fluido no espaço intersticial. Assim, esse método favorece a redução do dano muscular, inflamação aguda, temperatura do tecido muscular, saturação venosa de O<sub>2</sub>, concentração plasmática de mioglobina e edema. Apesar das extensas pesquisas sobre o IAF, os resultados ainda são controversos, o que se explica pela diversidade dos protocolos utilizados nas pesquisas.

Furtado et.al. (2018) demonstram ainda um aumento na atividade da AChE (Atividade da acetilcolinesterase) nas duas primeiras sessões de tratamento com IAF e uma diminuição posteriormente, indicando uma modulação do sistema de inflamação. De acordo com os autores este é o primeiro estudo a demonstrar o uso do IAF por cinco dias consecutivos após uma única sessão de exercício exaustivo, o que mostra uma alteração significativa na recuperação muscular. A razão mais popular para o uso do IAF é que ele induz vasoconstrição, o que leva ao aumento do retorno venoso, remoção de metabólitos e diminuição da saturação de oxigênio do músculo, restringindo a infiltração de células inflamatórias no músculo. Esses mecanismos protegem o tecido não lesado de reações enzimáticas desencadeadas por danos induzidos pelo exercício. O protocolo exaustivo

proposto foi capaz de evocar alterações em marcadores bioquímicos que indicam claramente danos musculares, como aumento da atividade de CK (creatina-quinase) e produção de DCF-RS (Espécies reativas de diclorofluoresceína oxidada), embora o protocolo não tenha levado a danos excessivos, que podem ser equivalentes a situações esportivas reais. Os dados do estudo mostraram que o tratamento com IAF após uma sessão de exercícios intensos foi capaz de diminuir a formação e danos de espécies reativas de oxigênio (ROS), bem como aumentar a viabilidade celular. Os resultados apoiaram a hipótese de que o IAF é melhor do que a recuperação passiva após exercício exaustivo e corroboram outros estudos que sugerem que o tratamento com IAF é uma intervenção eficaz após exercício exaustivo.

Existem vários mecanismos envolvidos no estado oxidante / antioxidante durante o exercício. Níveis excessivos de ROS podem alterar o músculo, principalmente por meio de processos inflamatórios. Os níveis de DCF-RS (Espécies reativas de diclorofluoresceína oxidada) aumentaram no grupo PEN; entretanto, o grupo PEN + IAF não apresentou incremento, o que demonstrou que o IAF pode prevenir o aumento de DCF-RS causado pelo protocolo de exaustão induzida pelo exercício. Esse achado demonstrou claramente que o IAF foi eficaz em limitar a produção de ROS logo após o exercício.

A acetilcolina (ACh) é bem conhecida por inibir o fator de necrose tumoral- $\alpha$ , interleucina-1 $\beta$  e migração de macrófagos, o aumento da atividade da AChE (Atividade da acetilcolinesterase) pode indicar uma modulação nos níveis de ACh (acetilcolina) e em sua capacidade de regular processos inflamatórios. Furtado et.al. (2018 trazem ainda que a atividade da AChE foi aumentada no grupo IAF. Este resultado inesperado pode ser explicado, segundo os autores, pelas características termodinâmicas da AChE. Klichkhanov e Meilanov (citado por Furtado et al. 2018, p. 6) relataram que, *“quando as membranas dos eritrócitos de ratos são expostas à hipotermia, ocorre um aumento no grau de inibição do substrato da AChE. Por outro lado, quando exposto a situações de hipertermia, como 42- 48 ° C, 60% da AChE é inativada. Em relação à termodinâmica, a AChE aumentou no IAF, embora não na mesma magnitude que as situações de exercício (grupos PEN e PEN + IAF),*

*em decorrência da hipertermia induzida pelo exercício. Uma possível explicação é que o frio promoveu contrações isométricas como estratégia de adaptação nas duas primeiras aplicações do IAF. Em seguida, os animais foram adaptados e, portanto, essas contrações e a atividade da AChE diminuíram. Como o aumento foi observado nos grupos que foram submetidos apenas ao ICC, esse achado nos leva a crer que o exercício exaustivo inibiu parcialmente os efeitos adaptativos. Além disso, em relação apenas aos grupos PEN e PEN + IAF, o IAF diminuiu a atividade da AChE 24 h após o dano, o que mostrou que o processo inflamatório provavelmente estava diminuído.”*

Em relação a creatina-quinase (CK), os níveis de CK aumentaram em todos os dias no grupo PEN; entretanto, o mesmo padrão não foi observado no grupo PEN + IAF. Isso indicou que o PEN foi capaz de causar algum grau de dano muscular, o que foi limitado pelo protocolo IAF usado aqui. Esse resultado demonstrou que o IAF pode ser uma intervenção eficaz após dano induzido por exercício, mesmo nas fases mais agudas da inflamação.

Em relação a mitocôndria desempenha um papel fundamental no fornecimento de energia e atua como um indicador da viabilidade celular. A redução do MTT (measurement of methyltetrazolium) depende da atividade da família de enzimas oxidorreduzases, como as enzimas desidrogenase, e está localizada principalmente na mitocôndria. Apesar disso, o ensaio de redução de MTT pode ser usado como um indicador de viabilidade celular. Neste experimento, o IAF melhorou a viabilidade celular por meio do aumento dos níveis de redução de MTT imediatamente e durante as primeiras 24 horas. Este resultado provou que o tratamento com IAF pode atuar preservando a estrutura celular do músculo esquelético e melhorando a viabilidade celular mesmo após exercícios exaustivos. Estes resultados indicaram que as células do músculo esquelético poderiam ter uma recuperação mais rápida de qualquer dano sofrido durante o exercício, uma vez que a viabilidade celular seja preservada pelo IAF.

Os autores então concluíram que pela perspectiva bioquímica que o IAF é uma opção eficaz de tratamento após lesão muscular induzida por exercício. O IAF modulou a resposta

anti-inflamatória, diminuiu a produção de espécies reativas, aumentou a viabilidade celular e promoveu o equilíbrio redox, o que produziu uma melhora no processo de recuperação em comparação com uma recuperação passiva. Essa redução no dano muscular promovida pelo IAF é relevante e pode ser usada como base para pesquisas futuras e na prática clínica baseada em evidências. A comparação de metodologias em estudos futuros é necessária para concluir quais são as mais eficazes.

Qu C et.al. (2020) realizaram um estudo em laboratório com o objetivo de comparar os efeitos da imersão em água fria (IAF), terapia de contraste de água (TCA) e crioterapia de corpo inteiro (CCI) na recuperação por meio de danos musculares induzidos por exercício em corredores de média e longa distância da Beijing Sport University. Os participantes foram tratados com diferentes métodos de recuperação, sendo dividido em grupos: Grupo controle (GC), IAF, TAC e CCI, imediatamente após o exercício e 24, 48 e 72 horas após o exercício.

Segundo os autores, o dano muscular induzido por exercício é um resultado comumente da realização de exercícios não habituais ou exercícios com maior intensidade e/ou duração. Os sintomas mais comuns de danos musculares são: ruptura da estrutura muscular intracelular, sarcolema e matriz extracelular; comprometimento prolongado da função muscular; dor muscular de início tardio; aumento da dor muscular; presença de lesão muscular e de inflamação; rigidez; e inchaço. Uma série de causas, incluindo ácido láctico, espasmo muscular, danos no tecido conjuntivo, danos musculares, inflamação e fluxo enzimático, são condições para explicar a dor associada com o dano muscular induzido por exercício. Normalmente o dano muscular induzido por exercício aumenta a intensidade nas primeiras 24 horas pós-exercício, picos de 24 a 48 horas e diminui dentro de 5 a 7 dias. Apresenta também uma grande sensibilidade à palpação, movimento ou ambos e diminuição da flexibilidade. Corredores de média e longa distância completam sessões de treinamento a cada 1 e 2 dias, durante as quais realizam grande proporção de trabalho excêntrico que pode levar a danos musculares induzidos por exercício. Portanto, modalidades de recuperação aguda são um fato importante para após sessões de treinamentos e competições.

A crioterapia é comumente usada para aliviar a dor, principalmente de doenças inflamatórias, lesões e uso excessivo. O resfriamento do corpo para acelerar a recuperação diminui o dano muscular e os marcadores de inflamação. Entre as modalidades de recuperação por imersão em água, a imersão em água fria (IAF) envolve a submersão de uma parte ou de todo o corpo exceto a cabeça em um banho de água fria ( $<15^{\circ}\text{C}$ ) por 10 a 12 minutos. A terapia de contraste de água (TCA) envolve a imersão de uma parte ou de todo o corpo, exceto a cabeça, alternando água fria ( $15^{\circ}\text{C}$  por 1 minuto) e quente ( $38^{\circ}\text{C}$  por 1 minuto) por 12 a 14 minutos por 6 a 7 ciclos. A crioterapia de corpo inteiro (CCI) expõe o corpo a ar extremamente frio ( $-110^{\circ}\text{C}$  a  $-195^{\circ}\text{C}$ ) em uma específica sala projetada ou câmara criostática por 3 a 4 minutos. Todos esses modelos de crioterapia podem afetar positivamente humanos em condições fisiológicas e psicológicas. IAF, TCA e CCI reduzem a dor muscular, o dano muscular e a marcadores de inflamação sistêmica, que estão intimamente associados aos danos musculares induzidos por exercício, acelerando assim a recuperação de danos musculares. Essas estratégias de recuperação também afetam o desempenho no esporte após a lesão muscular.

Figura 1 – Imersão em Água Fria



Fonte: Google Imagem (2021)

Figura 2 – Crioterapia de Corpo Inteiro



Fonte: Google Imagem (2021)

Os resultados encontrados pelos autores foram que a crioterapia de corpo inteiro (CCI) pode reduzir a percepção de dor muscular em corredores de média e longa distância; reduzir o aumento dos marcadores de dano muscular, como atividade de CK (creatina-quinase) plasmática; e inibir o aumento da atividade PCR plasmática. A recuperação da capacidade atlética dos membros inferiores foi reestabelecido após o programa de danos musculares induzidos por exercício. A crioterapia de corpo inteiro (CCI) afetou positivamente a pontuação VAS (escala visual analógica), atividade CK (creatina-quinase), atividade CRP (proteína C-reativa) e VJH (altura do salto vertical) associado ao dano muscular induzido por exercício. Portanto, para corredores de média e longa distância com dano muscular induzido por exercício, a CCI exerceu melhor efeitos de recuperação do que IAF, TCA e grupo controle. Recuperação usando IAF e TCA também afetou positivamente a pontuação VAS, atividade de CK, Atividade CRP, e VJH associado com dano muscular induzido por exercício em corredores de média e longa distância, mas a extensão de sua ação e os efeitos durante um período de tempo foram mais pobres do que os de CCI.



Lombardi G, Ziemann E e Banfi G (2017) realizaram uma revisão de literatura sobre crioterapia de corpo inteiro em atletas. Os autores levantaram pontos em sua pesquisa como “Aspectos técnicos”; “Hematologia”; “Concentrações de lípidios”; “Metabolismo ósseo e saúde esquelética”; “Marcadores inflamatórios”; “Função endócrina e perfil hormonal”; “Equilíbrio redox”; “Parâmetros de dano muscular, recuperação de fadiga e dor”; “Recuperação de desempenho”; “Exposição” e “Conclusão”.

De acordo com os autores a crioterapia de corpo inteiro é uma prática médica que deve ser realizada em instalações sob supervisão de um profissional bem treinado; há contraindicações para a realização do procedimento que devem ser considerados, como crioglobulinemia (doença vascular devido a presença de proteínas anormais na corrente sanguínea, chamada de crioglobulinas (anticorpos); essas proteínas anormais ficam mais espessas e sólidas em temperaturas baixas), intolerância ao frio, doença de Raynaud (síndrome que é caracterizada por uma alteração na circulação sanguínea nas extremidades do corpo: mãos, pés, nariz, orelhas devido a vasoconstricção, que diminui o fluxo sanguíneo e conseqüentemente a oxigenação na área), distúrbios agudos do sistema respiratório, doenças cardiovasculares (exemplo: insuficiência cardíaca), lesões cutâneas purulentas-gangrenadas, neuropatias do sistema nervoso simpático, distúrbios do fluxo sanguíneo local, caquexia (perda de tecido adiposo e músculo ósseo, comum em vários tipos de câncer) e hipotermia, bem como claustrofobia e distúrbios mentais que dificultam a cooperação com os pacientes durante o tratamento.

As mudanças de temperatura, mostraram sofrer influência do índice de massa corporal (IMC). Em uma pesquisa citada pelos autores mostraram que mudanças médias de temperaturas se correlacionaram com o IMC. Em um voluntário magro a temperatura diminuiu para 8,1°C e 7,9°C (IMC < 25kg/m<sup>2</sup>) enquanto que em um voluntário obeso (IMC > 30kg/m<sup>2</sup>) a temperatura diminuiu para 4,8° C e 5,5° C, nas regiões do tórax e das costas, respectivamente. Os autores também relatam que mais precisamente do que o IMC, o índice de massa livre de gordura (FFMI: massa livre de gordura/ altura<sup>2</sup>) e o percentual de gordura

corporal em homens se correlacionaram com as mudanças na temperatura da pele após a crioterapia. A composição corporal então foi apontada como um dos principais e determinantes pontos cruciais do potencial de mudanças de temperatura e eficácia do tratamento crioterápico.

Lombardi G, Ziemann E e Banfi G (2017) relataram também que a eficácia do tratamento difere entre homens e mulheres. Apesar das mulheres apresentarem níveis mais elevados de adiposidade do que os homens, elas estão mais suscetíveis a maiores mudanças de temperaturas média em comparação com os homens. As mulheres apresentam 20% menos de massa corporal, 14% a mais de gordura, 33% menos de massa corporal magra e área de superfície 18% menor e proporção maior de gordura subcutânea para visceral e uma proporção menor de índice de massa gorda (IMG) para FFMI (índice de massa livre de gordura), em comparação aos homens. Nas mulheres a proporção da área de superfície corporal é maior do que nos homens, e a perda de calor aumenta proporcionalmente a essa proporção da área de superfície corporal. As mulheres têm uma periferia mais extensamente vasoconstrita, com maiores perdas de calor na superfície e mostram uma sensibilidade significativamente reduzida à resposta ao tremor. Juntas, essas evidências poderiam explicar a discrepância na eficiência de resfriamento entre os sexos.

Lombardi G, Ziemann E e Banfi G (2017) relataram sobre os efeitos anti-inflamatórios da crioterapia de corpo inteiro. Em seu estudo foi encontrado que a crioterapia de corpo inteiro induz efeitos anti-inflamatórios. De acordo com os autores, em um estudo citado pelos mesmos, o fator de necrose tumoral (TNF $\alpha$ ), interleucina 6 (IL-6) e interleucina 10 (IL-10) não sofreu alterações em 11 corredores, que foram submetidos a um protocolo de dano muscular induzido por exercício de 48 min e foram tratados quatro vezes com crioterapia de corpo inteiro a -110° C ou recuperação passiva. Pelo contrário, teve um aumento no marcador pró-inflamatório IL-1 $\beta$  24 horas após o tratamento e a proteína C reativa (CRP) 96 horas após a crioterapia de corpo inteiro foram fortemente acentuados em relação a recuperação passiva. Em paralelo, a crioterapia de corpo inteiro teve um maior efeito indutor no antagonista do

receptor de IL-1 antiinflamatório (IL-1ra) 1 hora após o tratamento, sendo assim, chegou a se a conclusão que uma única sessão de crioterapia de corpo inteiro (3 min a  $-110^{\circ}$  C), realizada imediatamente após o exercício, melhorou a recuperação muscular ao diminuir o processo inflamatório.

Lombardi G, Ziemann E e Banfi G (2017), Stainsby BE, Piper SL e Gringmuth R (2012), Qu C et.al. (2020), Furtado ABV et.al. (2018), corroboram em seus estudos que a crioterapia ajuda na recuperação pós exercício físico, ajudando na recuperação muscular, diminuindo a dor e o processo inflamatório.

Kwiecien SY, McHugh MP, Howatson G (2020) relataram que o exercício físico causa estresse físico e fisiológico de alta intensidade que resulta em danos estruturais ao músculo esquelético. Existem três etapas durante o exercício que resultam no dano estrutural do músculo: o aumento da temperatura muscular resultante da geração de calor induzida pelo exercício, o estresse metabólico provocado por exercícios de alta intensidade e/ou exercícios de longa duração e/ou estresse mecânico direto no músculo. Esta fase do dano muscular é conhecida como resposta ao dano secundário. O dano muscular secundário agrava os sintomas de dano muscular induzido pelo exercício e resulta em função muscular prejudicada nas horas e dias após o exercício. Se não forem gerenciados de maneira correta, esses efeitos podem ser prejudiciais à recuperação do atleta e do desempenho. Sendo assim, acelerar a recuperação de atletas após exercícios intensos tem sido o foco de muitas pesquisas, principalmente quando há recuperação inadequada entre as sessões de treinamento. Neste caso, a implantação rápida de uma estratégia de recuperação é importante para que os atletas acelerem o retorno ao desempenho ideal.

Kwiecien SY, McHugh MP, Howatson G (2020) relatam que a exposição do músculo danificado ao frio (crioterapia) retarda o processo de lesão secundária. A crioterapia, a redução de temperatura do tecido pela retirada do calor do corpo, refere-se a uma gama de modalidades de resfriamento, como: aplicação de gelo no local na pele, imersão em água fria (IAF) de uma grande parte do corpo, crioterapia de corpo inteiro (CCI) e, mais recente,

material de mudança de fase (PCM), que são utilizados em vários contextos. A modalidade de crioterapia mais popular usada após o exercício é o IAF que envolve a imersão de uma grande área de superfície do corpo, normalmente de pelo menos as pernas até o umbigo, em água fria. O mais comum, é o IAF em temperatura da água de 15° C ou menos por uma duração de 15 minutos ou menos. As evidências apoiam o uso do IAF para acelerar a recuperação da dor. Há algumas evidências para apoiar o IAF na aceleração e recuperação de marcadores sanguíneos de dano muscular e inflamação, bem como recuperação funcional após o exercício. Porém, as evidências que seu uso acelera a recuperação da perda de força após o exercício permanecem ambíguas. Em comparação, alguns estudos sugerem que a crioterapia de corpo inteiro pode ser benéfica para acelerar a recuperação subjetivo da dor. No entanto, permanecem poucas evidências para apoiar melhorias na recuperação funcional. Ao contrário, a aplicação local de gelo não melhora os sintomas associados à dor ou perda de força. Assim, a aplicação local de gelo geralmente não é eficaz no tratamento de danos estruturais após o exercício. Em última análise, a falta de evidências identificando diretrizes específicas sobre a aplicação do tratamento tradicional de crioterapia, temperatura, duração e frequência, bem como a variabilidade nos modelos de exercício utilizados em toda a literatura, provavelmente contribuem para a controvérsia em torno da eficácia e praticidade da crioterapia para acelerar a recuperação para o exercício seguinte. Como resultado, não existe consenso para os critérios ideais de tratamento de crioterapia e permanece uma grande lacuna na base científica para administrar a crioterapia para qualquer coisa que não seja a recuperação subjetiva após o exercício.

Kwecien SY, McHugh MP, Howatson G (2020) relatam em sua revisão narrativa evidências recentes sugerem que as mudanças fisiológicas que ocorrem após a crioterapia são principalmente dependentes da redução da temperatura intramuscular e apenas secundariamente dependentes da vasoconstrição que leva a uma diminuição do fluxo sanguíneo que pode diminuir o metabolismo muscular e a inflamação, resultando em uma redução na proliferação de danos secundários. Evidências de modelos animais sugerem que a

faixa ideal de temperatura muscular para reduzir a atividade metabólica celular e a demanda de oxigênio sem causar danos aos tecidos é de 10-15° C. No entanto, temperaturas intramusculares in vivo abaixo de 20 ° C durante a aplicação da crioterapia tradicional em humanos não foram relatadas. Para sustentar uma redução clinicamente relevante na temperatura intramuscular, a duração da crioterapia teria que ser prolongada. No entanto, a duração do tratamento geralmente não excede 30 minutos porque estender a duração da crioterapia pode resultar em maior desconforto, particularmente em temperaturas mais baixas ou pode ser inseguro. Reduções rápidas na temperatura da pele, antes que as temperaturas musculares e centrais possam se recuperar, podem resultar em lesões na pele relacionadas ao frio porque a pele é mais propensa a irreversíveis danos. Manter uma redução na temperatura muscular sem causar lesão cutânea relacionada ao frio só poderia ser alcançada pela administração de modalidades tradicionais de crioterapia (gelo, pacotes de gel, IAF, crioterapia de corpo inteiro, etc.) de forma intermitente. Em humanos, a magnitude da mudança na temperatura do tecido foi positivamente correlacionada com métodos de crioterapia que sofrem uma mudança de fase. Especificamente, Merrick et al. (2003 citado por Kwiecien SY, McHugh MP, Howatson G 2020, p.3) demonstraram que modalidades como gelo que mudam de fase enquanto derretem (por exemplo, de sólido para líquido) causam temperaturas cutâneas e intramusculares mais baixas do que modalidades de crioterapia, como pacotes de gel que não possuem essas propriedades. Uma mudança de fase é importante porque aumenta muito a capacidade de uma modalidade de crioterapia de absorver calor. A mudança de fase está relacionada a uma propriedade chamada “entalpia de fusão”, que é a quantidade de calor necessária para fazer o material mudar de fase. A entalpia de fusão aumenta muito a capacidade de uma modalidade fria de absorver calor ao prolongar a fase latente e, portanto, resulta em uma maior capacidade de reduzir a temperatura intramuscular. Quando uma substância muda de fase, ocorre apenas uma mudança de fase, mas nenhuma mudança de temperatura. Essa energia “oculta” é definida como a fase latente. Pelo contrário, o calor sensível é aquele que pode ser sentido e medido por um termômetro. Nem os pacotes

de gelo nem crioterapia de corpo inteiro passam por uma mudança de fase, o que significa que ambas as modalidades só experimentam perda de calor sensível quando sua temperatura se equilibra com a temperatura ambiente. Da mesma forma, o IAF não muda de fase, mas sua temperatura pode ser mantida artificialmente em uma constante, criando um período de fase latente artificial. Ao contrário, quando o gelo é aquecido pela exposição ao corpo humano, sua temperatura aumenta e ele sofre uma mudança de fase à medida que derrete. Enquanto passa pela mudança de fase, o gelo sofre perda de calor latente durante a qual a temperatura permanece constante. Portanto, as modalidades que vivenciam a fase latente têm uma vantagem sobre as modalidades que só podem vivenciar uma fase de calor sensível, por fornecer um maior potencial de resfriamento.

Embora o gelo seja o PCM (material de mudança de fase) mais comumente utilizado para a recuperação do exercício, sua fase latente de 0° C o impede de manter a capacidade de resfriamento por períodos prolongados. Felizmente, a fase latente de qualquer PCM pode ser manipulada, podendo ser prolongada à medida que a temperatura da mudança de fase aumenta acima de 0° C. O efeito de resfriamento de qualquer PCM depende da capacidade de absorver calor durante os períodos em que a carga de calor externa ou a produção de calor corporal excede a perda de calor. Portanto, a duração da fase latente é variável e dependente do gradiente de temperatura entre a pele e o PCM, o ponto de transição de fase do PCM, a área coberta e o volume. Por exemplo, os PCMs derreterão mais rápido se a pele estiver mais quente, o PCM com um ponto de transição de fase de 10° C não manterá essa temperatura enquanto os PCMs com um ponto de ajuste de 15° C e um pequeno volume derreterá mais rápido do que um volume maior.

Figura 3 – PCM (Material de Mudança de Fase)



Fonte: Google Imagem (2021)

Semelhante ao gelo, os materiais de mudança de fase (PCM) de 15° C são firmes e se parecem com cera quando em seu estado sólido congelado e se parecem com óleo vegetal quando atingem seu estado líquido derretido. Um PCM com fase latente de 15° C é capaz de prolongar e manter com segurança a duração do resfriamento por 3 h, evitando a necessidade de aplicações repetidas. Se houver necessidade de estender a duração da aplicação além de 3 h, um novo conjunto de pacotes de PCM “congelados” pode ser administrado por mais 3 h. Aplicar pacotes de PCM de 15 ° C diretamente na pele sob uma roupa pode ser menos demorado, logisticamente mais simples de implementar do que outras modalidades de crioterapia e é mais prático, especialmente porque eles podem fornecer simultaneamente um tratamento de resfriamento enquanto o indivíduo continua as atividades da vida diária. Além disso, os pacotes de PCM de 15° C podem ser aplicados simultaneamente a vários atletas ou até mesmo a equipes inteiras de uma vez. Prolongar a duração do resfriamento por três a 6 h é bem tolerado por atletas recreativos e profissionais que podem acelerar mais do que apenas a recuperação subjetiva após o exercício.

Utilizando resfriamento de PCM em pontos de transição de fase variando entre 10 e 31 ° C enfocou seu efeito regulador de temperatura e a capacidade do PCM de obter conforto térmico da deformação de calor ocorrendo durante atividades extenuantes entre duas sessões de exercício ou exercício seguinte. Nesse contexto, grande parte das pesquisas aplicou a PCM por meio de bolsos em coletes usados no peito na tentativa de reduzir as elevações da temperatura central, para durações de tratamento superiores ao IAF. Após atividades extenuantes, coletes de PCM de 24 °C mostraram-se mais eficazes no resfriamento da pele do

que coletes de 28 ° C, mas nenhum dos dois afetou a temperatura central. Um PCM com um ponto de fusão <24 ° C pode reduzir a temperatura central de forma mais eficaz. Em indivíduos em repouso, a aplicação local de 15° C de PCM no quadríceps por 3 h reduziu a temperatura central em 0,28° C em comparação com uma redução de 0,2 ° C de 15 min de 15° C em IAF. Embora a diferença na redução na temperatura central de ambos PCM e IAF fosse insignificante, o IAF reduziu a temperatura central mais rápido do que o tratamento de PCM, mas a redução na temperatura central foi mantida durante 3 h de aplicação PCM de 15° C. Em comparação, após o exercício, uma análise de dados agrupados de 13 estudos descobriu que o IAF reduziu a temperatura central em 0,84° C. Após o exercício, espera-se que a crioterapia induza uma magnitude maior na redução da temperatura central do que em repouso devido à hipertermia induzida pelo exercício, resultando em um gradiente térmico maior. Os efeitos do resfriamento de 15° C de PCM na temperatura central e muscular ainda precisam ser elucidados após o exercício.

A fim de induzir reduções na demanda metabólica local e a resposta inflamatória que ocorre após o trauma estrutural agudo no local da lesão ou lesão muscular, a temperatura intramuscular deve cair para níveis suficientemente baixos (10-15°C). Uma vez que a resposta à lesão secundária se estende por várias horas após o exercício, um único tratamento com IAF de 15 minutos pode ser uma dose inadequada para influenciar a recuperação. Além disso, estender a duração de um único tratamento com IAF não seria bem tolerado. A única maneira de sustentar uma redução na temperatura intramuscular sem causar lesão cutânea relacionada ao frio era por meio de aplicações repetidas de modalidades tradicionais de crioterapia em intervalos frequentes. No entanto, essa prática não é comum entre os atletas, pois é improvável que eles cumpram um cronograma de tratamento tão exigente, pois isso significaria que os atletas devem permanecer no local por um longo período, e há grandes desafios logísticos para tratar equipes inteiras de uma só vez. Como resultado, a duração pela qual a temperatura muscular é reduzida durante o tratamento tradicional de crioterapia é provavelmente muito curta para provocar reduções significativas na temperatura muscular por



períodos longos o suficiente para serem clinicamente relevantes (10-15°C). Embora as temperaturas intramusculares relatadas a partir de 3 h de resfriamento de 15°C PCM não estejam nem perto das necessárias para reduzir o metabolismo muscular local, a redução foi mantida com segurança por uma duração prolongada e contínua em indivíduos em repouso. Além disso, essas temperaturas foram comparáveis às que ocorrem a partir de 15 min de 15°C IAF, embora dois pacotes de PCM tenham sido administrados localmente e colocados diretamente na pele sobre o quadríceps de cada perna, enquanto o tratamento com IAF envolveu a imersão de todo o corpo até o umbigo. Portanto, prolongar a duração do tratamento usando resfriamento PCM de 15°C oferece aos atletas a oportunidade de receber tratamento de crioterapia com segurança por um período prolongado, com a capacidade de deixar as instalações de treinamento e retomar suas rotinas normais.

Kwiecien SY, McHugh MP, Howatson G (2020) dizem que estudos recentes que estão examinando os efeitos do resfriamento prolongado de 15°C PCM nos índices de recuperação em indivíduos não treinados e treinados descobriram que 6 h de resfriamento PCM não apenas acelerou a recuperação da dor, mas também acelerou a recuperação da perda de força nos dias após o exercício. 3 h de resfriamento PCM de 15°C também demonstrou acelerar a recuperação da força do quadríceps após partidas de futebol e força de rotação interna do ombro e força de preensão após arremesso de beisebol. Aliviar a perda de força em um ritmo mais rápido do que o normal pode permitir que os atletas estejam mais bem preparados para o desempenho subsequente, dando-lhes uma vantagem competitiva sobre os adversários. Os efeitos benéficos do resfriamento PCM na recuperação da perda de força após o exercício estão em contraste com os resultados da pesquisa utilizando o IAF para a recuperação, que geralmente mostrou pouco ou nenhum benefício para a recuperação da perda de força após o exercício. No geral, esses resultados sugerem que o prolongamento da duração da crioterapia pode reduzir com sucesso a proliferação de dano muscular secundário e diminuir a magnitude do reparo necessário para atingir a integridade funcional pré-exercício, encurtando assim o tempo necessário para atingir a recuperação total da força muscular.

Embora o resfriamento prolongado usando 15°C PCM tenha demonstrado sucesso na recuperação acelerada após exercício excêntrico, futebol e arremesso de beisebol, nenhum benefício da recuperação acelerada do resfriamento PCM de 15°C foi encontrado quando administrado por 3 h em corredores após uma maratona. É possível que a eficácia do resfriamento prolongado usando 15°C PCM seja dependente do modo de estresse do exercício, resultando em dano muscular, ou seja, estresse mecânico vs. metabólico. A falta de efeito na recuperação após uma maratona pode ser devido à combinação da longa duração do exercício e do atraso na aplicação de PCM aos atletas. Os tempos de chegada da maratona foram em média de mais de 4 h, e foi mais de uma hora após a conclusão da corrida antes que os pacotes de resfriamento PCM fossem aplicados ao quadríceps. Assim, o tratamento começou mais de 5 horas após o início do estresse por exercício. Por outro lado, nos estudos de futebol, os pacotes de resfriamento PCM foram aplicados 30 minutos após a interrupção do exercício, o que corresponderia a aproximadamente 2 h após o início do exercício. Embora as evidências apoiem o uso retardado de IAF (administrado 3h pós-exercício) para acelerar a recuperação da inflamação e melhorar o desempenho no dia seguinte, a sessão de exercícios realizada antes do tratamento de crioterapia durou uma duração total de apenas 24 min. Portanto, embora a modalidade de crioterapia retardada não tenha sido administrada imediatamente após a interrupção do exercício, a duração do exercício foi significativamente menor do que uma corrida de maratona. Além disso, a resposta inflamatória no grupo controle aumentou apenas 4,1% 24 horas após a sessão de exercícios intervalados de alta intensidade realizada pelos atletas treinados, enquanto a maratona induziu a resposta inflamatória por 8,6%, indicando uma maior magnitude do estresse por exercício.

Ferrari et.al (2013) realizou um estudo com o objetivo de comparar tipos de método de recuperação sobre remoção de Lactato (La) sanguíneo e desempenho anaeróbico em jogadores de futebol. Participaram do estudo 23 atletas de futebol entre 16 e 17 anos do sexo masculino, sendo dividido em três grupos: Recuperação ativa (RA), recuperação passiva (RP) e com gelo (RG). Para avaliar a capacidade anaeróbica foi utilizado o teste de RAST

(Running-based Anaerobic Sprint Test), composto por seis tiros máximos de 35 metros com intervalos de 10 segundos entre um tiro e outro, sendo que por meio da massa corporal do avaliado e dos tempos de cada tiro é possível calcular potência pico, média e mínima, além do índice de fadiga. Para comparar o desempenho, o teste foi aplicado antes e depois dos intervalos de recuperação. As dosagens de Lactato sanguíneo ocorreram nos minutos dois, quatro, seis, oito e 10 durante a recuperação. A ANOVA two-way foi realizada para a comparação entre os valores pico e mínimo de La- sanguíneo e o desempenho anaeróbio no T1 e T2 para as três condições de recuperação. Como resultado, foi encontrado que não houve diferença significativa entre o teste de RAST realizado antes (T1) e depois (T2) da recuperação. Foi verificado que a remoção de lactato foi maior para o grupo de recuperação ativa (RA) quando comparado a recuperação com gelo (RG) e recuperação passiva (RP). Concluiu-se que os três métodos de recuperação são eficazes para a manutenção do desempenho anaeróbio de jogadores de futebol sub-17, sendo a recuperação ativa a mais eficaz para a remoção do lactato sanguíneo quando comparado a RG e RP.

Silva et. al (2013) realizou um estudo com o objetivo de investigar os efeitos da IAF (imersão em água fria) depois de uma sessão de treinamento de atletas de jiu-jitsu, sobre creatina quinase (CQ), testes funcionais de força e parâmetros isocinéticos. Participaram do estudo doze atletas de jiu-jitsu. Os participantes foram divididos em dois grupos experimentais: Grupo controle (CON), no qual os atletas não foram submetidos à IAF e Grupo IAF, no qual os atletas foram submetidos à IAF (~12° C) durante seis minutos. O esforço físico foi realizado em uma sessão de treino com simulação de lutas de jiu-jitsu, com quatro lutas de cinco minutos cada e intervalo de três minutos entre elas. As variáveis CQ (creatina quinase) plasmática, protocolo estático e dinâmico do Kimono Grip Strength Test e parâmetros isocinéticos (pico de torque, trabalho e potência) foram avaliadas antes e depois dos procedimentos experimentais de recuperação. O resultado encontrado foi que o efeito do tempo ao comparar CQ plasmática e teste estático do KSGT antes e depois dos procedimentos experimentais de recuperação, porém, sem efeito do tratamento. Os parâmetros isocinéticos

não foram influenciados, portanto, chegou-se à conclusão de que a IAF não promoveu recuperação pós-esforço em atletas de jiu-jitsu.

Os estudos de Ferrari et. al (2013) e Silva et.al (2013) mostraram que a crioterapia não apresentou como o método mais eficaz na recuperação pós exercício, isso mostra que há estudos onde o método terapêutico não teve reações positivas. No estudo de Ferrari et. al (2013) a recuperação com gelo junto com a recuperação passiva teve um desempenho menor do que a recuperação ativa na remoção de lactato sanguíneo. Sobre a recuperação de gelo, pode se dizer, que como não há protocolos bem definidos sobre tempo e temperatura da água para recuperar atletas, o protocolo utilizado pode não ter sido o suficiente para melhorar e recuperar da melhor forma possível em relação a recuperação ativa. Já no trabalho de Silva et. al (2013) a imersão em água fria não teve efeito no tratamento. O não efeito do tratamento pode ser por algumas questões, como: o protocolo utilizado de IAF não foi o suficiente para promover reações benéficas, principalmente, pelo tempo de exposição e temperatura da água; o esforço físico realizado não levou a uma exaustão máxima provocando lesões consideráveis na musculatura, levando a um resultado inesperado.

Pinho Júnior et.al. (2014) realizou um estudo cruzado com o objetivo de investigar os efeitos agudos da crioterapia na expressão da enzima creatina fosfoquinase (CPK), no lactato desidrogenase (LDH), percepção de dor e a força muscular dos membros superiores em competidores de jiu-jitsu. Participaram do estudo 10 atletas altamente treinados, que realizaram duas sessões de competição simulada compostas por quatro combater com intervalos de 15 minutos entre eles. Os atletas foram deslocados aleatoriamente para receber imersão em água fria ( $5 \pm 1$  ° C por 19 minutos) ou nenhuma intervenção (grupo controle) após a simulação de competição.

O dano muscular causado pelo exercício é um artifício importante para verificar a intensidade do treinamento o que afeta o período de recuperação. Creatina fosfoquinase (CPK) e lactato desidrogenase (LDH), dor muscular e medidas de desempenho como potência e força, são utilizados como marcadores indiretos de lesão muscular após o exercício. O

tempo de recuperação depende do tipo de treinamento, duração, intensidade e familiaridade do atleta com o exercício proposto. Exercícios físicos de alta intensidade estão relacionados a alto catabolismo de substratos, hipertermia, lesão muscular, estresse oxidativo e fadiga do sistema nervoso central. Esforço intermitente de alta intensidade supostamente tem alta mecânica e custos metabólicos, enquanto o exercício excêntrico requer apenas elevada sobrecarga mecânica. As estratégias de recuperação devem considerar as abordagens e as características do estresse associado ao exercício aplicado.

Os autores tiveram os seguintes resultados: Para CPK, houve um efeito do tempo de medição, para valores mais baixos no pré em relação ao pós competição, no entanto, uma diferença significativa foi observada quando o delta CPK foi comparado entre as condições, com valores mais baixos observadas na crioterapia em comparação a condição de controle. LDH era afetado pela condição e pelo tempo. Em relação ao efeito da condição, os valores foram menores para a condição de crioterapia versus controle. Para o desempenho de força de resistência isométrica e dinâmica, somente o momento da medição foi afetado, o desempenho de força isométrica, com valores mais elevados medido na pré momento em comparação ao pós momento. Um resultado similar foi observado pela resistência de força dinâmica (ou seja, não houve efeito do momento), com maior número de repetições no pré momento em comparação com o pós-momento. O valor de dor percebida foi afetada pela condição e momento. A crioterapia obteve valores inferiores aos da condição de controle. Em relação ao efeito do momento de medição, a pré-competição os valores foram menores do que os valores medidos após a competição pós-recuperação e após os testes de força. Além disso, os valores pós-competição foram maiores do que esses valores medidos após a recuperação e testes pós-força. A temperatura corporal do epitélio teve valores medidos antes da competição, com valores menores do que os valores medidos após a competição.

Segundo a discussão dos autores, estudos recentes têm investigado estratégias para auxiliar na recuperação de atletas após treinos, jogos e competições. No entanto, não há estudos investigando a imersão em água fria após competição em esportes de combate. O

atual estudo indicou que a competição de jiu-jitsu resultou em concentrações aumentadas de CPK e LDH, desempenho reduzido em testes de resistência de força de preensão isométrica e dinâmica, e aumento da dor percebida. O uso da crioterapia foi eficaz na alteração da temperatura após o período de recuperação em comparação ao controle. O LDH foi encontrado em níveis mais baixos na condição de crioterapia em comparação ao controle, embora o delta desse aumento a enzima não diferiu entre as condições. A intervenção da crioterapia resultou em um aumento menor da concentração de CPK e um valor de dor percebido mais baixo em comparação ao controle. No, entanto mesmo com os efeitos positivos, o desempenho de testes de resistência de força de preensão isométrica e dinâmica não diferem entre as condições. Uma recuperação mais curta é desejável para competidores pois devem retornar aos treinamentos imediatamente após as competições. O aumento observado nos marcadores de lesão muscular é devido a intensidade do esforço realizado durante lutas de jiu-jitsu. A crioterapia atenuou a liberação de LSH no sangue, indicando menor comprometimento da integridade do músculo esquelético em comparação ao repouso passivo (controle). A diminuição da dor percebido após o exercício pode ser explicada que há uma diminuição da pressão osmótica do exsudato (metabólitos resultantes da inflamação), que resulta em menor sinalização neural e propagação de estímulos de dor. Associado a este efeito, a vasoconstrição tende a diminuir o transbordamento de líquido, que por sua vez diminui a inflamação. Sendo assim, os autores chegaram à conclusão que a imersão após a competição resulta em menor temperatura corporal, hipoalgesia, menor LDH sérica e menor elevação de CPK quando comparada à situação de controle, embora o desempenho em tarefas que envolvem resistência de força de preensão isométrica ou dinâmica não foram afetados.

Silva et al. (2018) estudaram os efeitos da crioterapia na recuperação sobre creatina quinase, teste de força funcional e parâmetros isocinéticos de atletas de Jiu-Jitsu após o exercício. Como resultado, constatou-se que a crioterapia não alterou a expressão da creatina quinase, o desempenho do teste de função de força de membro superior, o desempenho do

teste de função de força de membro superior e não houve parâmetros isocinéticos (torque, trabalho e potência).

É notável que o trabalho de Silva et al. (2018) obteve um desfecho adverso em comparação ao trabalho de Pinho Junior et al. (2014), levando em consideração que a concentração de creatina quinase (CPK) teve um resultado favorável após o uso da crioterapia no estudo de Pinho Junior et al. (2014), enquanto que no estudo de Silva et al. (2018) esse resultado não foi encontrado. Sabe-se que a creatina quinase (CPK) é associado a dano muscular e dor muscular de início tardio em atletas pós exercício físico. Acredita-se que a crioterapia é dependente do grau de lesão muscular, ou seja, o dano muscular induzido pelo exercício deve ser alto o suficiente para que a técnica crioterápica possa surtir algum efeito favorável na recuperação, sendo assim, pode se acreditar que o protocolo adotado por Silva et al. (2014) para realizar uma simulação de lutas não foi o suficiente para gerar tais danos musculares, fazendo com que a crioterapia não trouxesse um resultado favorável na recuperação pós esforço.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A crioterapia é um dos métodos terapêuticos utilizados para o tratamento de atletas na recuperação pós-exercício visando reestabelecer o mais rápido possível o corpo a sua condição homeostática, reduzindo dor, cansaço, etc.

Neste trabalho, com intuito de realizar uma revisão bibliográfica sobre a crioterapia e suas respostas fisiológicas, foi demonstrado que a técnica possui pontos positivos, auxiliando na recuperação pós-exercício, principalmente nas questões bioquímicas envolvendo marcadores de danos musculares presentes no corpo humano. Porém, alguns estudos apresentados mostraram que a técnica crioterápica deve ser controlada por profissionais e que há contraindicações. Foi apresentado também que a técnica de crioterapia, em alguns casos, não foi benéfica na recuperação pós-esforço, sendo isso explicado pelo fato de que alguns

protocolos propostos pelos autores não foram suficientes para induzir lesões significativas, fazendo com que o resultado esperado não fosse observado. Isso os levou a concluir que a técnica não foi o suficiente para ser benéfica. Além de protocolos para induzir lesões musculares não serem o ideal para a técnica ser benéfica, os protocolos de crioterapia seguem nessa mesma linha, ou seja, não há um protocolo ideal, com eficácia totalmente comprovada. Os protocolos utilizados, na maioria das vezes, não são eficazes devido ao tempo de exposição e a temperatura utilizada.

Sendo assim, este trabalho recolheu informações bibliográficas para apresentar sobre a crioterapia, seus benefícios, seus protocolos, suas alterações fisiológicas. Contudo, são necessários estudos mais direcionados a crioterapia, afim de chegar a um protocolo que seja eficaz para a recuperação pós-exercício.



## 6 REFERÊNCIAS

- AGUIRRO, Rinaldo; ABIB, Carla; MÁXIMO, Carla. Os Efeitos Fisiológicos da Crioterapia: uma revisão. **Revista de Fisioterapia da Universidade de São Paulo**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 164-170, 2009.
- BARROSO, Guilherme Campos; THIELE, Edilson Schwansee. Lesão muscular nos atletas. **Rev. bras. ortop.**, São Paulo, v. 46, n. 4, p. 354-358, 2011.
- BEZERRA, J. A. et al. Respostas da crioterapia na sensação subjetiva de dor muscular após jogo de futebol. **Revista Brasileira de Futebol (The Brazilian Journal of Soccer Science)**, v. 8, n. 1, p. 54-61, 2016.
- CARRARD, Justin; LAMBERT, Anne Chantal; GENNÉ, Daniel. Transient global amnesia following a whole-body cryotherapy session. **Case Reports**, v. 2017, p. bcr-2017-221431, 2017.
- CLIFFORD, Tom et al. Cryotherapy reinvented: application of phase change material for recovery in elite soccer. **International journal of sports physiology and performance**, v. 13, n. 5, p. 584-589, 2018.
- DE SOUZA CAVINA, Allysiê Priscilla et al. EFEITOS DA IMERSÃO EM ÁGUA FRIA NA RECUPERAÇÃO DE ÍNDICES ESPECTRAIS DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA PÓS-EXERCÍCIO. In: **Colloquium Vitae. ISSN: 1984-6436**. 2016. p. 21-28.
- DIAS, Fernando Milanez. Efeitos da fonoforese com ibuprofeno associado a nanopartículas de ouro em modelo animal de lesão muscular traumática. 2019.
- FARCIC, Thiago Saikali *et al.* Aplicação do ultrassom terapêutico no reparo tecidual do sistema musculoesquelético. **Arquivos Brasileiros de Ciências da Saúde**, [S. l.], v. 37, n. 3, p. 149-153, 2013.
- FERRARI, Homero Gustavo et al. Efeito de diferentes métodos de recuperação sobre a remoção de lactato e desempenho anaeróbio de futebolistas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 19, p. 423-426, 2013.
- FERRARI, Ricardo José *et al.* PROCESSO DE REGENERAÇÃO NA LESÃO MUSCULAR: uma revisão. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 63-71, jun. 2005.
- FREIRE, Bruno et al. Effects of cryotherapy methods on circulatory, metabolic, inflammatory and neural properties: a systematic review. **Fisioterapia em Movimento**, v. 29, p. 389-398, 2016.
- FREIRE, Thiago Rocha *et al.* ANÁLISE DO DESEMPENHO FÍSICO E DO EQUILÍBRIO SOB INFLUÊNCIA DA CRIOTERAPIA EM ATLETAS DE FUTSAL. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S. l.], v. 21, n. 6, p. 480-484, dez. 2005.
- FURTADO, A. B. V. et al. Cryotherapy: biochemical alterations involved in reduction of damage induced by exhaustive exercise. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 51, 2018.
- HERNÁNDEZ, Víctor Paredes. Papel del preparador físico durante la recuperación de lesionados en el fútbol profesional. **Lecturas: Educación física y deportes**, n. 77, p. 7, 2004.
- JÄRVINEN, Tero AH et al. Muscle strain injuries. **Current opinion in rheumatology**, v. 12, n. 2, p. 155-161, 2000.
- KWIECIEN, Susan Y.; MCHUGH, Malachy P.; HOWATSON, Glyn. Don't Lose Your Cool with Cryotherapy: the application of phase change material for prolonged cooling in athletic recovery and beyond. **Frontiers in Sports and Active Living**, v. 2, p. 118, 2020.

- LOMBARDI, Giovanni; ZIEMANN, Ewa; BANFI, Giuseppe. Whole-body cryotherapy in athletes: from therapy to stimulation. An updated review of the literature. **Frontiers in physiology**, v. 8, p. 258, 2017.
- MATHEUS, João Paulo Chieregato *et al.* Análise Biomecânica dos Efeitos da Crioterapia no Tratamento da Lesão Muscular Aguda. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 372-375, 2008
- MAWHINNEY, C.; ALLAN, Robert. Muscle cooling: too much of a good thing?. **The Journal of physiology**, v. 596, n. 5, p. 765, 2018.
- MILLER, Kevin C.; SWARTZ, Erik E.; LONG, Blaine C. Cold-water immersion for hyperthermic humans wearing American football uniforms. **Journal of athletic training**, v. 50, n. 8, p. 792-799, 2015.
- OLIVEIRA BARROS, Gilvandro *et al.* Análise da assimetria termográfica com crioterapia no kung fu. **Motricidade**, v. 14, n. 1, 2018.
- PASTRE, Carlos Marcelo *et al.* Métodos de recuperação pós-exercício: uma revisão sistemática. **Rev Bras Med Esporte**, Niterói, v. 15, n. 2, p. 138-144, Apr.2009
- QU, Chaoyi *et al.* Cryotherapy Models and Timing-Sequence Recovery of Exercise-Induced Muscle Damage in Middle-and Long-Distance Runners. **Journal of athletic training**, v. 55, n. 4, p. 329-335, 2020.
- ROSSATO, Mateus *et al.* Effects of cryotherapy on muscle damage markers and perception of delayed onset muscle soreness after downhill running: A pilot study. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 8, n. 2, p. 49-53, 2015.
- SILVA, Luan Pinho Ortiz; OLIVEIRA, Mariana Fernandes Mendes; CAPUTO, Fabrizio. MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO PÓS-EXERCÍCIO. **Revista de Educação Física/UEM**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 489-508, 2013
- SILVA, Paulo Roberto Gonçalves *et al.* EFEITO DA IMERSÃO EM ÁGUA FRIA SOBRE A RECUPERAÇÃO PÓS-ESFORÇO EM ATLETAS DE JIU-JITSU. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 31-35, fev. 2018.
- SHADGAN, Babak *et al.* Contrast baths, intramuscular hemodynamics, and oxygenation as monitored by near-infrared spectroscopy. **Journal of athletic training**, v. 53, n. 8, p. 782-787, 2018.
- STAINSBY, Brynne E.; PIPER, Steven L.; GRINGMUTH, Robert. Management approaches to acute muscular strain and hematoma in national level soccer players: a report of two cases. **The Journal of the Canadian Chiropractic Association**, v. 56, n. 4, p. 262, 2012.
- TASSIGNON, Bruno *et al.* Continuous knee cooling affects functional hop performance—a randomized controlled trial. **Journal of sports science & medicine**, v. 17, n. 2, p. 322, 2018.
- ZEMBRON-LACNY, Agnieszka *et al.* Multiple Cryotherapy Attenuates Oxi-Inflammatory Response Following Skeletal Muscle Injury. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 21, p. 7855, 2020.
- ZOPPI, Cláudio César *et al.* ALTERAÇÕES EM BIOMARCADORES DE ESTRESSE OXIDATIVO, DEFESA ANTIOXIDANTE E LESÃO MUSCULAR EM JOGADORES DE FUTEBOL DURANTE UMA TEMPORADA COMPETITIVA. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 119-130, dez. 2003.