

Efeitos Fisiológicos e Terapêuticos da Imersão em Água Fria Pós Exercício:
uma Revisão de Literatura.

Physiological and Therapeutic Effects of Post-Exercise Cold Water Immersion:
A Literature Review.

Efeitos Fisiológicos Pós Imersão Na Água Fria

Andrea Ferian¹, Adriano Jonathas Perdão² (RA: G53FEH7)

Adriano Jonathas Perdão

Rua: Antonio Francisco, 55 - Vila Livieiro - São Paulo

(11) 95938-1591

adriano.perdo@aluno.unip.br

1. Mestre em Ciências Morfofuncionais pela Universidade de São Paulo (USP);
Docente do Curso de Fisioterapia da Universidade Paulista (UNIP);
2. Graduando do Curso de Fisioterapia da Universidade Paulista (UNIP).

Os autores declararam não haver conflitos de interesse.

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA INTERDISCIPLINAR

NOME	RA	REGIME*	CAMPUS
Adriano Jonathas Perdão	G53FEH7	Regular	Anchieta

*Regular ou Tutelado

Orientador: Andrea Ferian

Título do trabalho: Efeitos Fisiológicos e Terapêuticos da Imersão em Água Fria Pós Exercício: uma Revisão de Literatura.

Tipo de trabalho: (x) REVISÃO () PESQUISA DE CAMPO

Tipo de apresentação: (x) BANNER () TEMA LIVRE

	Nota Orientador	Nota Apresentação	Nota PTCI	Nota Final
Banner	8,50 <i>Andrea Ferian</i> Fisioterapeuta	9,5	9,0	9,0

	Nota Orientador	Média Apresentação	Nota PTCI	Nota Final
Tema Livre				

Coordenação do Curso de Fisioterapia

RESUMO

A imersão em água fria é amplamente utilizada como recurso terapêutico e de recuperação física, promovendo diversas respostas fisiológicas e hormonais. Entre seus principais efeitos estão a vasoconstrição periférica, a diminuição da temperatura corporal e a redução da condução nervosa, o que auxilia no controle da dor, na inflamação e na recuperação muscular. Além dos efeitos físicos, o frio também estimula respostas neuroendócrinas, com liberação de hormônios e neurotransmissores relacionados ao bem-estar, melhora do humor e redução do estresse. Em atletas, a técnica tem sido aplicada após o exercício para atenuar danos musculares e acelerar a recuperação, embora os resultados variem conforme a temperatura, o tempo e a frequência de uso. Quando aplicada de forma contínua e excessiva, pode reduzir os processos de adaptação e hipertrofia muscular. O presente estudo é uma revisão de literatura, sendo realizado entre os meses de maio a novembro de 2025. Foram utilizados artigos publicados nos últimos 13 anos, extraídos das bases de dados: Pubmed, PEDro, Lilacs e Scielo. Foram encontrados 130 artigos, sendo que somente 9 atingiram os critérios e foram incluídos na pesquisa. De modo geral, os estudos mostram que, embora alguns marcadores de dano muscular não se alterem com a crioterapia, há melhora subjetiva da dor percebida. No entanto, seu uso deve ser restrito quando o foco principal for o estímulo máximo de hipertrofia muscular, em razão de sua interferência nos processos moleculares de crescimento tecidual.

Descritores: imersão em água fria, crioterapia, recuperação muscular, fisiologia.

ABSTRACT

Cold water immersion is widely used as a therapeutic and physical recovery resource, promoting various physiological and hormonal responses. Among its main effects are peripheral vasoconstriction, decreased body temperature, and reduced nerve conduction, which helps control pain, inflammation, and muscle recovery. In addition to physical effects, cold also stimulates neuroendocrine responses, releasing hormones and neurotransmitters related to well-being, improved mood, and reduced stress. In athletes, the technique has been applied after exercise to mitigate muscle damage and accelerate recovery, although results vary according to temperature, time, and frequency of use. When applied continuously and excessively, it can reduce muscle adaptation and hypertrophy processes. This study is a literature review, conducted between May and November 2025. Articles published in the last 13 years were used, extracted from the following databases: PubMed, PEDro, LILACS, and SciELO. 130 articles were found, but only 9 met the criteria and were included in the research. In general, the studies show that, although some markers of muscle damage do not change with cryo-immersion, there is a subjective improvement in perceived pain. However, its use should be restricted when the main focus is the maximum stimulation of muscle hypertrophy, due to its interference in the molecular processes of tissue growth.

Descriptors: cold-water immersion, cryotherapy, hormones, muscle recovery, physiology.

INTRODUÇÃO

A imersão em água fria, também conhecida como crioterapia por imersão, tem sido amplamente utilizada como um recurso terapêutico para auxiliar na recuperação muscular, alívio da dor e melhora do desempenho físico, sobretudo no contexto esportivo e fisioterapêutico.¹ Esta técnica promove uma série de reações fisiológicas sistêmicas, com destaque para a ativação do sistema nervoso autônomo e a modulação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, resultando na liberação de diversos hormônios, como adrenalina, noradrenalina, cortisol e endorfinas.^{2,3}

Os efeitos hormonais da imersão em água fria têm despertado interesse crescente, especialmente devido às suas possíveis implicações na regulação do estresse, na resposta inflamatória e na recuperação pós-exercício.⁴ Estudos recentes sugerem que a exposição ao frio induz alterações significativas em marcadores hormonais e metabólicos, como o aumento transitório do cortisol e das catecolaminas, além da modulação do eixo HHA (hipotálamo-hipófise-adrenal), que contribui para efeitos positivos na imunorregulação, analgesia e melhora do bem-estar.^{5,6,7} Pesquisas também indicam que a repetição controlada do estímulo frio pode favorecer adaptações neuroendócrinas, ampliando os benefícios clínicos da prática.^{8,9}

Segundo Guyton e Hall (2021),¹ a estimulação do sistema nervoso simpático durante o frio intenso leva à secreção de catecolaminas pelas glândulas adrenais, promovendo efeitos sistêmicos como vasoconstrição periférica, aumento da frequência cardíaca e mobilização de substratos energéticos.

Do ponto de vista metabólico, a crioterapia contribui para a redução da inflamação e do edema, além de atenuar o estresse oxidativo por meio do controle da atividade enzimática e liberação de citocinas anti-inflamatórias.¹² McArdle et al.² (2022) destacam que as respostas hormonais ao estresse térmico estão diretamente relacionadas à regulação da gliconeogênese, lipólise e imunomodulação, sendo especialmente relevantes em situações de sobrecarga muscular e recuperação de lesões.

Adicionalmente, estudos apontam que a imersão em água fria melhora os marcadores inflamatórios e o estado oxidativo após exercícios intensos,

beneficiando a recuperação muscular.^{10,11,12} A repetição regular da exposição ao frio também tem sido associada à melhora da homeostase hormonal e imunológica,^{10,12} além de promover regulação neuropsíquica por meio da elevação de beta-endorfina, dopamina e serotonina.^{6,9} Hjorth et al.⁷ e Shevchuk⁵ observaram efeitos positivos em pacientes com sintomas depressivos, o que reforça a hipótese de que a crioterapia pode atuar como um recurso complementar na saúde mental.

Apesar dos benefícios relatados, a crioterapia por imersão ainda apresenta algumas controvérsias quanto à padronização de protocolos, temperatura ideal, tempo de exposição e frequência das sessões.³ Knight e Draper³ (2016) enfatizam a necessidade de individualização da terapia e o conhecimento aprofundado dos mecanismos fisiológicos para garantir sua eficácia e segurança. De modo semelhante, revisões sistemáticas e ensaios clínicos demonstram variações nos resultados em função das diferenças metodológicas, reforçando a necessidade de mais estudos controlados e padronizados.^{10,11,12}

Além dos benefícios fisiológicos, os efeitos psicológicos e adaptativos da crioterapia também têm sido descritos como positivos, promovendo sensações de relaxamento, melhora da qualidade do sono regulando hormônios como melatonina e cortisol, melhorando a disposição geral.⁶ Portanto, é fundamental compreender a fisiologia envolvida e os mecanismos hormonais ativados por essa técnica para promover seu uso responsável e com embasamento científico.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo geral realizar uma revisão de literatura com foco nos efeitos fisiológicos da imersão em água fria, especialmente na recuperação pós exercício. Como objetivos específicos, busca-se: (1) identificar os indicadores mais comumente afetados pela crioterapia por imersão; (2) analisar os efeitos clínicos terapêuticos associados induzidos pela exposição ao frio.

A relevância deste estudo reside no fato de que o uso da imersão em água fria vem sendo incorporado de forma crescente em protocolos de reabilitação, medicina esportiva e estratégias de recuperação funcional. Compreender de forma clara os efeitos hormonais dessa prática permitirá aos profissionais da saúde e da fisioterapia tomar decisões mais embasadas e eficazes. Além disso, a sistematização dos achados poderá contribuir para a

padronização de protocolos terapêuticos e para a consolidação do uso seguro da crioterapia, ampliando seu impacto na promoção da saúde e do bem-estar.

MÉTODO

Este estudo foi conduzido por meio de uma revisão bibliográfica, com a finalidade de investigar e examinar os principais efeitos fisiológicos e terapêuticos da imersão em água fria.

As pesquisas por publicações científicas ocorreram nas bases de dados: Pubmed, PEDro, Lilacs e Scielo. Os descritores utilizados para nortear a busca foram retirados do DeCS (Descritores em Ciências da Saúde): “imersão em água fria” e “resposta fisiológica ao frio”, “crioterapia”, além de seus respectivos termos em inglês: “cold water immersion”, “cryotherapy”, “cold therapy and endocrine system”.

O estudo foi conduzido entre os meses de maio a novembro de 2025. O processo de seleção dos estudos seguiu duas fases. Inicialmente, foi realizada uma análise dos títulos e resumos para verificar se atendem aos critérios definidos. Na sequência, os artigos previamente selecionados foram lidos por completo, a fim de confirmar sua adequação e pertinência com os objetivos propostos. Foram inclusos trabalhos publicados entre os anos de 2012 a 2025, nos idiomas inglês ou português, que tratem dos efeitos fisiológicos, metabólicos e terapêuticos da crioimersão.

Excluimos da análise: publicações repetidas nas bases consultadas, estudos que abordem exclusivamente crioterapia localizada, artigos de revisão, editoriais, cartas ao editor, resumos de eventos científicos, dissertações, textos publicados em outros idiomas que não sejam português ou inglês, fora do intervalo temporal estipulado, e que não se relacionassem ao tema da investigação.

Após a leitura completa dos estudos selecionados, coletamos informações relevantes: delineamento da pesquisa, número de participantes, protocolo de imersão em água fria, variáveis investigadas e principais achados. Os dados coletados foram organizados em tabela, permitindo a análise e discussão temática conforme os objetivos desta revisão.

RESULTADOS

Na base de dados foram encontrados 130 artigos. Foram excluídos 121 artigos por terem mais de 12 anos, por serem revisão de literatura e/ou por não se encaixarem no tema abordado. O estudo foi realizado com base em 9 artigos que estão descritos no quadro 1.

Quadro 1. Extração de dados

Autor/Ano	Tipo de Estudo	Amostra	Intervenção	Variáveis Avaliadas	Resultados Significativos
Wellauer et al. ¹³ (2025)	Ensaio Clínico Randomizado (Desenho de grupos paralelos)	30 mulheres saudáveis e ativas (23,3 ± 2,9 anos). - CWI: n=10 - HWI: n=10 - GC: n=10	Protocolo de Exercício: 5 x 20 saltos box para induzir dano muscular. - CWI: 10 ± 0,5 °C. - HWI: 40 ± 0,5 °C. - GC: ACT em posição supina em temperatura ambiente (21 ± 2°C). Intervenções pós eventos por 10min.	- Amostras; Pré. 10min, logo após, 24h, 48h, 72h. - CIVM -Inchaço Muscular -DMTI -CK (Amostra Sangue) As medições foram realizadas nos dias 2,3,4,5.	CIVM e Dor não foram influenciados em CWI e HWI HWI elevou o inchaço muscular em 72h - CWI; Não houve redução significativa de CK comparado com HWI e CON. Reduziu significamente Smo2 (em 20 e 30min) e Tskin. - HWI;
Pinheiro et al. ¹⁴ (2024)	Ensaio Clínico Randomizado Controlado.	23 jogadores de futebol masculino semi-profissionais sub-20. -CWI (10 pessoas) -GC (10 pessoas)	Intervenções diariamente, após as sessões de treino durante uma pré-temporada de 9 dias. - CWI a 10° C por 10 min, - GC: Repouso sentado por 10min.	- Desfecho primário: Concentração de CK - Desfecho secundário: Desempenho de salto vertical, força e percepção de recuperação após intervenção. Amostra; 10min pós intervenção. Dinamometro, TQRp, FIVM	Múltiplas imersões em água fria diminuem a concentração de CK, mas não alteram marcadores clínicos e neuromusculares de dano muscular ou desempenho.
Horgan et al. ¹⁵ (2024)	Ensaio Clínico Randomizado Cruzado Controlado	18 Jogadores (masculinos) da academia de Super Rugby (Idade: 19,9 ± 1,5 anos): -GC -CWI -HWI	- RT, 2 vezes por semana durante 12 semanas Intervenções 15min pós exercícios. - GC: Alongamento estático à temperatura ambiente - CWI: 15,1 - 0,1°C, 15	Amostra; pré exercícios e 36h pós intervenção - Dano muscular (CK) - Citocinas Pré e Pós anti-inflamatórias Proteína de Choque Térmico Fatores de Crescimento Hormonios	CK; Houve uma redução em CWI e HWI comparação com GC. Mas sem alteração significativa entre eles. Nenhuma alteração significativa em Citocinas anti e pró-inflamatórias Proteína de

			minutos - HWI: 39,3 - 0,6°C, 15 min.	(Testosterona, Cortisol, Razão T/C).	Choque Térmico: CWI apresentou aumento comparado a HWI
Fakhro et al. ¹⁶ (2022)	Ensaio Clínico Randomizado	60 participantes (adultos 19-44 anos, média 24±2,9 anos) 2 Grupos de 30 pessoas: - CWI - IM	Intervenção; - CWI - IM Protocolo DMIE; Legpress, Salto sobre caixa 60 cm e extensão de joelhos com carga máxima 15kg.	Amostras; Antes, 2h, 24, 48h e 72h pós - CK -Força Muscular: (1-RM). -Potência Muscular. - DMTI (EVA)	A CWI foi mais eficaz comparada à IM na recuperação do DMIE em 72h reduziu valores de CK. CWI; os indicadores de força muscular, Potência Muscular e DMTI, apresentaram sinais de recuperação em 48h, normalizando em 72h
Qu et al. ¹⁷ (2020)	Ensaio clínico randomizado cruzado	12 corredores de média e longa distância do sexo masculino (Idade média: 21,00 ± 0,95 anos). -GC -CWI -CWT -WBC	Intervenções realizadas pós exercício de corrida: - GC: Participantes sentados em repouso por 12 min. - CWI: 15°C por 12 min. - CWT: 6 ciclos, totalizando 12 min. - WBC: -110°C a -140°C por 3 min.	Amostra; Pré, 1, 24, 48, 72 e 96h após o exercício. - DMIE - Dor: EVA - CK - PCR	O WBC afetou positivamente todas as variáveis (EVA, CK, PCR) associadas ao DMIE, apresentando melhores efeitos de recuperação do que o CWI, GC e o CWT.
Fyfe et al. ¹⁸ (2019)	Ensaio de Treinamento randomizado e controlado.	16 homens (média: 22,9 ± 4,6 anos; 85,1 ± 17,9 kg) 2 grupos; 8 - CWI 8 - GC	Ambos os grupos: Treino de força de corpo inteiro por 7 semanas (3 sessões/sem) -CWI: a 10°C, - ACT; sentada em uma sala a 23°C. Ambas as intervenções foram feitas 5min pós exercício, por 15min.	Amostras; Biopsia muscular pré e pós (1h e 48h) exercícios. - 1-RM Leg Press e Supino.. - Fibra Muscular Tipo I e Tipo II. - Sinalização anabólica - Degradação de proteínas - Proteínas de Choque Térmico.	CWI diminuiu ou impediu hipertrofia das Fibras Tipo II e Sinalização anabólica. No entanto não atrapalhou o ganho de força máxima. Demosntrou indícios de catabolismo basal e diminuição de proteínas de choque termico em comparação GC.
Ahokas et al. ¹⁹ (2019)	Estudo de medidas repetidas e desenho randomizado cruzado.	9 Homens ativos (Idade média pm DP: 26 \pm 3,7 anos). Amostra unica, quatro intervenções (Cruzado).	Protocolo de exercícios (salto e sprint máximo), 10min bicicleta ergométrica. - CWI(10 °C) - CWT (10° a 36°C)	Amostras; Pré em jejum, 5, 40 e 60 min / 24, 48 e 96 horas pós treino - Marcadores Fisiológicos: Lactato Sanguíneo, (CK),	CWI; Não apresentou diferença significativa, e em alguns caso nenhum comparado as outras intervenções.

			<ul style="list-style-type: none"> - TWI em agua 24°C - ACT Sentados em banheira vazia <p>Intervenção pós exercícios</p>	<p>Cortisol, Testosterona, Epinefrina e Norepinefrina.</p>	
Peake et al. ²⁰ (2017)	Estudo experimental agudo, randomizado e cruzado.	<p>N=9 homens jovens fisicamente ativos. Idade média 22 anos.</p> <p>Todos realizaram ambas intervenções</p>	<p>Intervenções;</p> <p>RT membros inferiores</p> <p>- CWI; por 10 min a 10,3 ± 0,5°C</p> <p>- ACT; Ciclismo por 10min</p>	<p>Amostras; Pré e pós exercício, Pós Intervensão; 5min, 1, 2, 24 e 48 horas</p> <p>- Ck, Citocinas Plasmática</p> <p>- Biópsia Musculares, antes do exercício, pós 2, 24, 48h.</p> <p>- Celulas inflamatórias, Citocinas, Proteína de choque</p>	O estudo sugere que não houve alterações significativas para os marcadores, sendo assim não houve diferença nas intervenções de CWI ou Recuperação ativa.
Roberts LA et al. ²¹ (2015)	Estudo 1: Ensaio clínico randomizado e controlado	<p>21 homens fisicamente ativos. Idade média 22 anos</p> <p>-Grupo ACT (n=10)</p> <p>-Grupo CWI (n=11).</p>	<p>- RT para MMII por 12 semanas, 2x na semana.</p> <p>- ACT 5min após o exercício;</p> <p>- CWI; 10min a 10.1±0.3° C</p> <p>- GC; 10 min cicloergômetro estacionário baixa in tensidade.</p>	<p>Amostras; 4 a 5 dias antes / 6 a 7 dias Pós.</p> <p>- Massa Muscular: Volume do quadríceps (por RM). 48h pós exercícios</p> <p>- Força Muscular: dinamômetro isocinético. 48h pós exercícios</p> <p>- Biópsia analisou; CSA tipo I, Tipo II Número de Mionucleos</p>	<p>- Massa Muscular; Ganho menor no grupo CWI comparado com GC</p> <p>- Força Muscular: Aumento significativo em GC.</p> <p>- Biópsia: O GC aumentou a CSA Tipo II e o número de mionúcleos por fibra, não ocorreu em CWI.</p>
Roberts LA et al. ²¹ (2015)	Estudo 2: Estudo randomizado e cruzado	<p>9 homens jovens fisicamente ativos. Idade média 22 anos</p> <p>Amostra unica, duas condições (Cruzado).</p>	<p>- RT de MMII (Legpress, extensão de joelho, agachamento) Submetidos em duas condições em dias separados.</p> <p>- Primeiro dia CWI 10min (10.3±0.5° C)</p> <p>- Segundo dia ACT 10min. (Bicicleta)</p>	<p>Amostras; pré exercícios e 2, 24 e 48h Pós.</p> <p>- Biópsias; Sinalização anabólica, células satélites</p>	CWI suprimiu e/ou atrasou a atividade das células satélites e sinalização anabólica. O que é prejudicial para hipertrofia muscular.

Legenda: CIVM - Contração máxima voluntária, Smo2 - Saturação de oxigênio muscular, TSKin - Temperatura pele, DMTI - Dor muscular inicio tardio, TQRp - Percepção de recuperação, IM - Massagem gelo, CWT – Terapia com Contraste em Água, CWI - Imersão em Água Fria, HWI - Imersão em Água Quente, GC - Grupo Controle, CK - Creatina quinase, WBC - Crioterapia de corpo inteiro, PCR - Proteína C reativa, DMIE - Dano muscular induzido exercício, ACT - Recuperação Ativa, RT - resistance training, MMII - Membros inferiores, CSA - Fibras musculares, FIVM - Força isométrica voluntária máxima

DISCUSSÃO

O processo de adaptação muscular após o exercício é regulado por um conjunto de marcadores que atuam no crescimento, reparo e resposta ao estresse celular. As células satélites são as células-tronco cruciais, ativadas para se fundir às fibras musculares e doar núcleos, sendo essenciais tanto para o reparo do dano quanto para a hipertrofia de fibra muscular. Molecularmente, o sinal de construção é dado pela via de sinalização mTOR/p70S6K, considerada o principal regulador do anabolismo e da síntese proteica, resultando, a longo prazo, em aumento da força. Paralelamente, a resposta inflamatória, marcada pelo aumento de citocinas como IL-6 e TNF-alpha, indica o dano agudo, enquanto as HSP27 e HSP70 (Proteínas de Choque Térmico) atuam como um mecanismo de proteção e reparo interno, mantendo a integridade celular contra o estresse induzido pelo exercício. Em suma, o equilíbrio entre a modulação da inflamação (IL-6 e TNF-alpha) e a ativação anabólica (mTOR/p70S6K e Células Satélites) determina a qualidade e a velocidade da recuperação e da adaptação muscular.

Os estudos de Roberts LA et al.²¹ (2015) Fyfe et al.¹⁸ (2019) Peake et al.²⁰ (2017) investigaram as respostas celulares e moleculares do músculo ao CWI, especificamente após treinamento de força com foco na hipertrofia muscular. Os marcadores mais importantes foram as proteínas envolvidas nas vias de sinalização anabólica e ativação de células satélites, que são fundamentais para o crescimento muscular. Roberts et al.²⁰ (2015) e Fyfe et al.¹⁸ (2019) apresentam achados notavelmente congruentes e complementares. Ambos sugerem que CWI após o treinamento atenua ou "embota" as respostas agudas de sinalização anabólica, como a via mTOR/p70S6K, essenciais para o crescimento muscular. Roberts et al.²⁰ (2015) detalha essa atenuação ao nível das células satélites e da sinalização, enquanto Fyfe et al.¹⁸ (2019) expande o achado para demonstrar que, embora a CWI atenuasse a hipertrofia da fibra muscular (o ganho de massa em si), ela não comprometeu o ganho de força ao longo de um programa de treinamento. O estudo de Peake et al.²⁰ (2017) adiciona novos achados ao investigar como o CWI modula a inflamação e as HSPs. Ele demonstrou que a CWI reduziu a inflamação muscular aguda (menor IL-6 e TNF-alpha) e as respostas de estresse celular, que são mecanismos que

podem estar ligados à supressão da resposta hipertrófica vista nos outros dois artigos. Juntos, esses estudos fornecem uma base molecular sólida para a preocupação de que, embora a CWI possa acelerar a recuperação funcional, ela pode prejudicar a meta de ganho de massa muscular a longo prazo.

Fakhro et al.¹⁶ (2022) e Qu et al.¹⁷ (2020) utilizam marcadores bioquímicos clássicos, como a CK e a lactato desidrogenase (LDH), para quantificar o dano muscular após a atividade física. Quando ocorre lesão nas fibras musculares, essas enzimas são liberadas do interior das células para a corrente sanguínea, elevando seus níveis séricos. O aumento da CK indica especialmente microlesões nas fibras musculares resultantes de esforços intensos ou excêntricos, enquanto a LDH reflete tanto o dano muscular quanto o metabolismo energético alterado. Fakhro et al.¹⁶ (2022) compararam CWI total e massagem com gelo. Eles encontraram que, apesar de ambos serem eficazes na redução da dor, o CWI total não foi melhor que à massagem com gelo na recuperação da força ou na redução dos marcadores de CK e LDH. Qu et al.¹⁷ (2020) revisou as evidências sobre a crioterapia, enfatizando a importância do momento e da duração da aplicação. Eles reforçam a ideia de que a crioterapia é mais eficaz na redução da DOMS (dor muscular de início tardio) e na recuperação funcional, mas que a redução de CK é menos consistentemente demonstrada. Ambos os estudos, portanto, validam a crioterapia como uma ferramenta de recuperação, especialmente para aliviar a dor e o desempenho funcional, mas levantam questões sobre sua real capacidade de reduzir o dano celular medido bioquimicamente.

Horgan et al.¹⁵ (2024) investigaram os efeitos da CWI, HWI e de CON sobre marcadores inflamatórios, de dano muscular e hormonais em 18 jogadores de rugby após treino de força. As amostras sanguíneas analisaram CK e mioglobina, citocinas inflamatórias e anti-inflamatórias (IL-1ra, IL-1b, IL-4, IL-6, IL-8, IL-10, IL-17a e TNF- α), HSP-72, fatores de crescimento (IGF-1, IGFBP-3 e PDGF-BB) e hormônios (testosterona, cortisol e relação testosterona/cortisol). Os resultados mostraram que a HWI reduziu moderadamente o CK e a IL-1ra em comparação ao controle, indicando menor resposta inflamatória crônica. A CWI, por sua vez, elevou levemente os níveis de HSP-72, refletindo uma resposta adaptativa ao estresse térmico. Não houve diferenças significativas nas concentrações crônicas de cortisol, testosterona ou

na relação testosterona/cortisol entre os grupos. Conclui-se que tanto a imersão fria quanto a quente modula o perfil inflamatório e hormonal de maneira distinta, sendo estratégias eficazes para favorecer respostas adaptativas durante períodos de alta carga competitiva em atletas treinados.

Pinheiro et al.¹⁴ (2024) investigaram os efeitos de múltiplas sessões de CWI durante a pré-temporada em jogadores de futebol sub-20. O estudo demonstrou que a CWI foi eficaz na redução dos níveis séricos de CK, indicando menor dano aos músculos ao longo do período de treinamento. Contudo, não foram observadas alterações significativas nos parâmetros funcionais e neuromusculares, como salto vertical, força isométrica ou desempenho de sprint.

Apesar de não melhorar diretamente o desempenho físico, a CWI mostrou-se útil para atenuar respostas bioquímicas associadas ao estresse muscular, sem prejudicar a adaptação ao treino. Além disso, os autores relataram que, em alguns dias específicos, os atletas do grupo CWI apresentaram uma menor percepção subjetiva de recuperação quando comparados ao grupo controle, sugerindo que a intervenção pode contribuir para uma melhor sensação de recuperação psicofisiológica durante períodos de alta carga de treino.

Analisando esses achados em conjunto, eles sugerem que, se a meta principal for a modulação inflamatória e adaptativa sistêmica — medida pela alteração de biomarcadores como as citocinas Pré e Pós inflamatórias, HSP-72 e os Fatores de Crescimento, CWI ou HWI pós-exercício é uma ferramenta potente. Esta modulação pode ser benéfica, dado que a CWI demonstrou aumentar a HSP-72 e a HWI aumentar IGF-1 e PDGF-BB, ambos considerados parte das respostas adaptativas. No entanto, os efeitos da CWI no dano muscular agudo, medido pela CK, permanecem incertos ou modestos em alguns contextos, apesar de Pinheiro et al.¹⁴ (2024) ter observado uma redução significativa na CK no seu grupo CWI. Estes resultados sustentam que a crioterapia deve ser periodizada para melhorar as respostas adaptativas inflamatórias em atletas

Wellauer et al.¹³ e Ahokas et al.¹⁹ (2019) representam a aplicação prática da pesquisa em recuperação. Seus marcadores principais são o desempenho físico (força, sprint, salto) e DOMS.

Wellauer et al.¹³, focado em mulheres, avaliou CWI versus HWI após dano muscular induzido por exercício. A conclusão foi que nenhuma das imersões acelerou significativamente os níveis dos marcadores de CK, LDH ou da força (MVC) em comparação com o grupo controle. Isso sugere que a eficácia do CWI e do HWI pode ser limitada ou depender fortemente do protocolo. Ahokas et al.¹⁹ (2019) adicionou uma perspectiva única ao incluir a avaliação do desempenho mental e cognitivo. Embora o CWI tenha melhorado consistentemente a sensação de recuperação e a DOMS, os efeitos no desempenho físico real (sprint e salto) foram mínimos. O estudo sugere que o benefício maior do CWI pode ser psicológico ou de alívio da dor, o que permite que o atleta se sinta e se recupere melhor, mesmo que os indicadores fisiológicos/bioquímicos não mudem drasticamente.

Em conjunto, esses estudos levantam a questão de que a melhora percebida após a CWI é um achado mais robusto do que a melhora medida objetivamente, e o benefício pode se estender ao bem-estar mental do atleta.

CONCLUSÃO

A revisão dos artigos que investigaram o efeito da CWI e outras formas de crioterapia na recuperação muscular revela um complexo panorama de benefícios físicos e funcionais.

Os nove estudos analisados evidenciam um dilema central na aplicação da CWI como estratégia de recuperação pós-exercício. Os achados indicam que o método apresenta eficácia consistente na melhora da recuperação subjetiva e funcional em curto prazo; entretanto, há indícios de que seu uso contínuo possa comprometer as adaptações celulares de longo prazo, especialmente aquelas relacionadas à hipertrofia muscular.

Embora a CWI promova diminuição da dor muscular e modulação dos níveis de cortisol, seu potencial de atenuar as vias anabólicas (incluindo os mecanismos mediados por mTOR/p70S6K e pela ativação de células satélites) sugere que sua aplicação deve ser criteriosamente ajustada conforme os objetivos específicos e a periodização do treinamento. Dessa forma, a técnica configura-se como uma ferramenta eficaz para o alívio rápido da fadiga em fases de elevada carga competitiva, mas seu uso deve ser restrito quando o foco principal for o estímulo máximo de hipertrofia muscular, em razão de sua interferência nos processos moleculares de crescimento tecidual.

REFERÊNCIAS

- 1 - Guyton AC, Hall JE. Tratado de Fisiologia Médica. 14ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2021.
- 2 - McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2022
- 3 - Knight KL, Draper DO. Terapias Físicas: Crioterapia, Termoterapia, Luz e Hidroterapia. 2ª ed. Barueri: Manole; 2016.
- 4 - Tortora GJ, Derrickson BH. Princípios de Anatomia e Fisiologia. 15ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017.
- 5 - Shevchuk NA. Adapted cold shower as a potential treatment for depression. Med Hypotheses. 2008;70(5):995-1001.
- 6 - Kelly, John & Bird, Ellis. Improved mood following a single immersion in cold water. Lifestyle Med . 2022 ; 3 :e53.
- 7 - Hjorth P, Sikjær MG, Løkke A, Jørgensen AM, Jørgensen N, et al. Cold water swimming as an add-on treatment for depression: a feasibility study. Nord J Psychiatry. 2023;77(7):706-711.
- 8 - Teległów A, Maciejczyk M, Klimek A, Bielczyk-Maczyńska E, Szyguła Z, et al. Hormonal and psychological responses to a single cold-water immersion in regular winter swimmers. Appl Sci. 2025;15, 7107.
- 9 - Yankouskaya A, Williamson R, Stacey C, Totman JJ, Massey H. Short-term head-out whole-body cold-water immersion facilitates positive affect and increases interaction between large-scale brain networks. Biology (Basel). 2023;12(2):211.

10 - Podstawski R, Choszcz D, Klimczak J, Wójcik Z, Gronek P, et al. Endocrine effects of repeated hot thermal stress and cold water immersion on young adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(21):11523.

11 - Kelly KR, Williamson K, Holton M, Costello JT, Laursen PB, et al. Prolonged extreme cold-water diving and the acute physiological and salivary stress biomarker responses. *Front Physiol*. 2022;13:842612.

12 - Eimonte M, Poderiene K, Kriščiūnas A, Skurvydas A, Kamandulis S. Residual effects of short-term whole-body cold-water immersion on physiological and hormonal stress markers. *Eur J Appl Physiol*. 2021;121(12):3461-73.

13 - Wellauer V, Clijsen R, Bianchi G, Riggi E, Hohenauer E. No acceleration of recovery from exercise-induced muscle damage after cold or hot water immersion in women: a randomised controlled trial. *PLoS One*. 2025;20(5):e0322416.

14 - Pinheiro SM, Dantas GAF, Silva LDR, Trajano GS, Barbosa GM, et al. Effects of multiple cold-water immersion during pre-season on recovery performance in under-20 male soccer players: a randomized controlled trial. *J Bodyw Mov Ther*. 2024;40:563-8.

15 - Horgan BG, McKenna MJ, O'Brien J, Kelly VG, Hayes PR, et al. Effect of repeated post-resistance exercise cold or hot water immersion on inflammatory and hormone responses in athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2024;124(5):1237-49.

16 - Fakhro MA, AlAmeen F, Fayad R. Comparison of total cold-water immersion's effects to ice massage on recovery from exercise-induced muscle damage. *J Exp Orthop*. 2022;9(1):59.

17 - Qu C, Wu Z, Xu M, Qin F, Dong Y, et al. Cryotherapy models and timing-sequence recovery of exercise-induced muscle damage. *J Athl Train*. 2020;55(4):329-35.

18 - Fyfe JJ, Broatch JR, Trewin AJ, Hanson ED, Argus CK, et al. Cold water immersion attenuates anabolic signalling and skeletal muscle fibre hypertrophy, but not strength gain, following whole-body resistance training. *J Appl Physiol.* 2019;127(5):1403-12.

19 - Ahokas EK, Ihalainen JK, Kyröläinen H, Mero AA. Effects of water immersion methods on postexercise recovery of physical and mental performance. *J Strength Cond Res.* 2019;33(3):687-96.

20 - Peake JM, Roberts LA, Figueiredo VC, Egner I, Krog S, et al. The effects of cold-water immersion and active recovery on inflammation and cell stress responses in human skeletal muscle after resistance exercise. *J Physiol.* 2017;595(3):695-711.

21 - Roberts LA, Raastad T, Markworth JF, Figueiredo VC, Egner IM, et al. Post-exercise cold water immersion attenuates acute satellite cell and signalling responses related to muscle hypertrophy. *J Physiol.* 2015;593(18):4285-301.