

Efeito da crioterapia de imersão sobre níveis de força e potência muscular

The effects of immersion cryotherapy on levels of muscle strength and power

Júlia da Silveira Gross¹, André Luiz Lopes^{1,2}, Renata Lopes Krüger¹, Gustavo dos Santos Ribeiro^{2,3}, Régis Radaelli¹, Randhall Bruce Kreismann Carteri¹, Bruno Costa Teixeira^{1,4}, Álvaro Reischak-Oliveira¹

1. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

2. Instituto Sul-Brasileiro de Curso e Qualificações, Faculdades QI, Porto Alegre, RS, Brasil.

3. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil.

4. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, São Luiz Gonzaga, RS, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Verificar a influência da crioterapia de imersão na força isométrica e potência de membros inferiores. **Métodos:** A amostra foi composta por 14 atletas utilizando o modelo de randomização cruzada. O consumo máximo de oxigênio (VO_{2MAX}) foi mensurado durante o teste de esforço. A potência de membros inferiores foi avaliada pelo teste de impulsão vertical e a força pelo pico de torque isométrico da musculatura extensora de joelhos. As avaliações de força e potência foram realizadas em três momentos: (1) em situação basal; (2) após o protocolo de fadiga; e (3) após o protocolo de recuperação: crioterapia ou controle. O protocolo de fadiga consistia em correr na velocidade correspondente a 120% do VO_{2MAX} até a falha motora. O protocolo de crioterapia foi composto pela imersão dos membros inferiores em tanque com gelo e água (10°C) por 10 minutos. Procedimento semelhante foi adotado para recuperação passiva, exceto pela não adição de água e gelo. Os dados foram analisados no GraphPAD Prism ($p < 0,05$). **Resultados:** Nossos dados indicam redução de 18% na altura do salto após a crioterapia (33,0±2,8 versus 27,0±2,8 cm; $p < 0,05$) e incremento de 7,1% após a recuperação passiva (32,5±6,4 versus 34,8±2,1 cm; $p < 0,05$). Em relação ao pico de torque isométrico, observou-se redução de 3,7% após a crioterapia (295±71 versus 285±68 Nm; $p < 0,05$) e de 9,6% após o repouso passivo (297±73 versus 268±72 Nm; $p < 0,05$). **Conclusão:** A crioterapia de imersão parece afetar a potência de membros inferiores e auxiliar na recuperação da força isométrica quando comparada a recuperação passiva.

Palavras-chave: Fisioterapia, Crioterapia, Recuperação de função fisiológica, Regeneração, Força muscular.

ABSTRACT

Aim: To verify the influence of immersion cryotherapy on isometric strength and lower limb power of athletes. **Methods:** The sample consisted of 14 athletes using the cross-randomization model. Maximum oxygen consumption (VO_{2MAX}) was measured during the exercise test. The power of the lower limbs was assessed by the jump test and the strength by the peak isometric torque of the knee extensor muscles. The strength and power assessments were carried out in three moments: (1) at baseline; (2) after fatigue protocol; and (3) after recovery protocol. Fatigue protocol was composed by running at a speed corresponding to 120% of VO_{2MAX} until voluntary failure. The cryotherapy protocol consisted of immersing the lower limbs in a tank with ice and water (10°C) for 10 minutes. A similar procedure was adopted for passive recovery, except for not adding water and ice. Data were analyzed using GraphPAD Prism ($p < 0.05$). **Results:** Our data indicate an 18% reduction in heel height after cryotherapy (33.0±2.8 versus 27.0±2.8 cm; $p < 0.05$) and an increase of 7.1% after recovery passive (32.5±6.4 versus 34.8 ± 2.1 cm; $p < 0.05$). Concerning the peak isometric torque, a reduction of 3.7% was observed after cryotherapy (295±71 versus 285±68 Nm; $p < 0.05$) and 9.6% after passive rest (297±73 versus 268±72 Nm; $p < 0.05$). **Conclusions:** Immersion cryotherapy seems to affect the power of lower limbs and assist in the recovery of isometric strength when compared to passive recovery.

Key-words: Physical therapy specialty, Cryotherapy, Recovery of function, Regeneration, Muscle strength.

Recebido em: 6 de fevereiro de 2020; Aceito em: 27 de julho de 2020.

Correspondência: André Luiz Lopes, Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX), Rua Felizardo, 750, Jardim Botânico, 90035-003 Porto Alegre RS, Brasil. andregym23@gmail.com

Introdução

A crioterapia é uma técnica frequentemente usada na medicina esportiva para tratar lesões musculoesqueléticas ou acelerar a recuperação de atletas [1]. A crioterapia de imersão consiste em submergir um corpo ou segmento corporal em recipiente com água e gelo combinados por um tempo pré-determinado. Bleakley *et al.* [2] mencionam que a temperatura resultante desta combinação pode variar de 10 a 15°C, ainda que alguns estudos tenham utilizado temperatura mais fria [3]. Em relação ao tempo de exposição, são utilizados protocolos contínuos (5 a 24 minutos) ou intervalados (séries de 2 a 15 minutos) para resfriar o tecido corporal na tentativa de minimizar a inflamação em músculos e articulações [1].

Do ponto de vista fisiológico, a aplicação do frio estimula os receptores cutâneos causando a ativação simpática das fibras musculares, reduzindo o quadro hemorrágico ao atingir 13,8°C. O menor fluxo sanguíneo local estimula a redução da taxa metabólica e, conseqüentemente, a demanda de oxigênio e o risco de morte celular por necrose secundária [1,4]. Além disso, Herrera *et al.* [5] citam que há uma relação entre temperatura e condução nervosa, principalmente nos nervos mais superficiais. Esses autores mencionam que a velocidade de condução dos nervos motores apresenta uma relação direta com a redução da temperatura do tecido, podendo afetar a produção de força e potência muscular.

Neste sentido, Pritchard & Saliba [6] mencionam que a crioterapia aplicada por pequenos intervalos não intervém negativamente no desempenho de salto vertical, testes de agilidade e *sprints*. Por outro lado, Douris *et al.* [7], Howatson *et al.* [8] e Sellwood *et al.* [9] observaram que a crioterapia aplicada antes do exercício de força pode diminuir o desempenho muscular e aumentar o risco de lesão em resposta à maior duração do potencial de ação e menor velocidade de transmissão do impulso, ocasionando a redução na velocidade de contração. Deste modo, não há consenso se a crioterapia prévia a uma sessão de treino seria benéfica ao desempenho do atleta. Portanto, este estudo tem como objetivo verificar se a crioterapia de imersão impacta na força e na potência muscular dos membros inferiores de atletas.

Métodos

Amostra

Foram recrutados 18 atletas de rúgbi do sexo masculino, com idade entre 20-40 anos, aparentemente saudáveis, com pelo menos dois anos de experiência no esporte. Esses atletas foram selecionados de modo intencional mediante explicação dos procedimentos e objetivos da pesquisa. Os atletas não poderiam estar ou terem se lesionado nos seis meses que antecederam as avaliações e deveriam estar treinando regularmente em sua equipe.

Todos os procedimentos foram previamente aprovados pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (parecer 21.708/2011), respeitando as recomendações da resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os participantes receberam as orientações pertinentes às etapas da pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Ainda que a nossa amostra tenha sido selecionada intencionalmente, utilizamos os dados publicados por Rowsell *et al.* [10], ao investigarem o impacto da crioterapia de imersão na potência de membros inferiores em jogadores de futebol, para calcular o tamanho amostral necessário para satisfazer um poder estatístico de 90%

com 95% de confiança (BioEstat 5.0, Instituto Mamirauá, Brasil). De acordo com o tamanho amostral, a diferença média e o desvio padrão da potência de membros inferiores identificou-se a necessidade mínima de 12 sujeitos.

Procedimentos metodológicos

O presente estudo é caracterizado como pesquisa transversal do tipo *crossover*, usando o modelo comparativo de intervenção randomizada e cruzada. Para minimizar os efeitos do aprendizado nas avaliações, os atletas foram randomizados aleatoriamente em blocos usando envelopes opacos para definir a ordem dos procedimentos: controle ou intervenção (crioterapia). Todos os participantes realizaram os dois procedimentos, sendo o controle deles mesmos. O desenho do estudo foi composto por três visitas ao laboratório espaçadas por cinco e sete dias, respectivamente. Na primeira visita foram ministrados os testes de caracterização da amostra: avaliação antropométrica, teste de esforço cardiopulmonar e recordatório alimentar, além do processo de randomização.

Na segunda e na terceira visita foram realizados os testes de impulsão vertical e dinamometria isocinética para avaliar a potência e a força dos membros inferiores em três momentos: (1) em situação basal – previamente ao protocolo de fadiga – PE; (2) após o protocolo de fadiga – PF; e (3) após o protocolo de recuperação – PT: repouso ativo (controle) ou crioterapia de imersão. Todos os testes foram realizados no turno da manhã por um mesmo avaliador, com o tempo de deslocamento padronizado entre os procedimentos de avaliação. A Figura 1 ilustra o desenho metodológico do estudo.

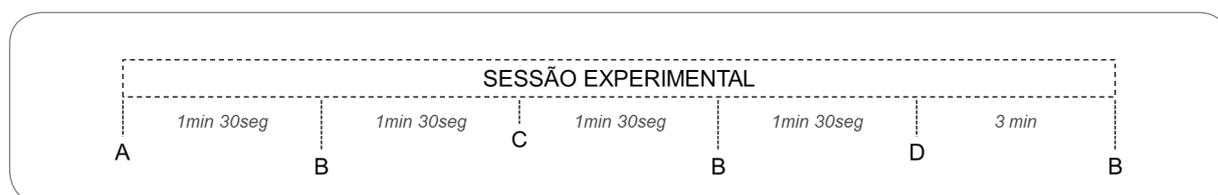


Figura 1 - Desenho da sessão experimental. A: aquecimento. B: avaliação de potência e força de membros inferiores. C: protocolo de fadiga. D: protocolo de recuperação: crioterapia de imersão ou repouso ativo (controle). 1min 30seg: período de espera entre a realização de um procedimento e outro.

Avaliação antropométrica

Para estimativa da composição corporal foram mensuradas as dobras cutâneas, os diâmetros ósseos, os comprimentos e perímetros corporais. Para tal, utilizou-se um plicômetro científico modelo *harpenden*, um paquímetro curto e longo, um segmômetro (Cescorf, Brasil) e uma fita métrica metálica (Sanny, Brasil), respectivamente. Todas as técnicas seguiram as recomendações da Sociedade Internacional para o Avanço da Cineantropometria – ISAK [11]. Um antropometrista experiente (ISAK Nível II) realizou todas as medidas. A massa corporal e estatura foram mensuradas em balança mecânica com estadiômetro acoplado (Tânita, Brasil). A composição corporal foi predita pela metodologia de cinco componentes [12,13].

Teste de esforço cardiopulmonar

Para análise da capacidade cardiorrespiratória e determinação da intensidade de esforço para o protocolo de fadiga utilizou-se o teste incremental em esteira rolante (Inbramed, Brasil) com análise de gases (CPX-D, MedGraphics, Minnesota, USA). O protocolo iniciava a 6 km/h com incrementos de 1 km/h a cada minuto até a exaustão do participante ou identificação dos critérios de interrupção: 1) quociente

respiratório $\geq 1,15$; 2) frequência cardíaca $\geq 95\%$ da frequência cardíaca predita; ou 3) presença de platô no consumo de oxigênio - VO_{2MAX} [14]. Durante todo o teste a inclinação se manteve fixa em 1%. Os dados foram coletados pelo método *breath by breath* e analisados por dois avaliadores experientes. Previamente à realização dos testes, o analisador de gases era calibrado segundo as recomendações do fabricante.

Recordatório alimentar

Para evitar que o consumo calórico pudesse causar um viés na análise, cada participante foi orientado a registrar todas as bebidas e alimentos consumidos nas 24h que antecederam os testes. As refeições foram descritas com alimentos consumidos, horários, quantidades em medidas caseiras e, quando necessário, a marca do produto. Para o devido preenchimento, foi entregue um álbum fotográfico de medidas caseiras, cujo conteúdo é um compilado de fotos de utensílios e porções de alimentos, baseado no Álbum Fotográfico de Porções Alimentares [15,16].

O recordatório de 24h (R24) da primeira sessão foi devolvido aos participantes, os quais foram instruídos a repetir a mesma alimentação nas 24h prévias à segunda e à terceira sessão. Os participantes foram instruídos a não consumir bebidas alcoólicas e/ou que contivessem cafeína nas 24h anteriores aos testes. Para análise do R24 foi utilizado o software Dietwin® (Brubins, Brasil).

Teste de impulsão vertical

A potência de membros inferiores relacionada à força elástica foi avaliada pelo salto contra movimento (*countermovement jump* - CMJ) utilizando um tapete de contato que registrava o tempo de voo de cada salto (*Jump Test, Hidrofit, Brasil*). Utilizou-se o protocolo de Bosco *et al.* [17,18]. Em suma, os participantes foram posicionados em pé, com as mãos na cintura e os pés paralelos, levemente afastados (largura dos ombros). Ao sinal do software, os sujeitos flexionaram rapidamente as articulações do quadril, joelhos e tornozelos (movimento similar ao agachamento 90°) para saltarem o mais alto possível na sequência. Neste momento, solicitou-se que os mesmos não levantassem os joelhos ou levassem as pernas à frente. As mãos deveriam permanecer na cintura. Cada participante realizou de três a cinco saltos, com espaçamento de 30 segundos. Utilizou-se o maior valor para fins de análise.

Dinamometria isocinética

A força de membros inferiores foi avaliada pelo pico de torque isométrico dos extensores de joelho durante o teste máximo no dinamômetro isocinético posicionado na função de cadeira extensora (CYBEX 7000, Ronkonkoma, USA) [19]. Resumidamente, os participantes foram posicionados sentados no equipamento (85° de flexão de quadril e 60° de flexão de joelho), estabilizados por meio de cintos e faixas. O epicôndilo lateral do fêmur foi alinhado com o eixo de rotação do dinamômetro e o braço mecânico do equipamento foi ajustado para cada sujeito, de modo a obter a distância adequada entre o joelho e o braço de alavanca. Foram realizadas cinco contrações isométricas máximas de extensão de joelho para determinar a força máxima dos atletas no ângulo de 60°. Foram fornecidos incentivos verbais padronizados e um intervalo de um minuto entre cada tentativa. Registrou-se o maior valor do pico de torque.

Protocolo de fadiga

O protocolo para indução à fadiga foi realizado na mesma esteira ergométrica utilizada no teste de esforço cardiopulmonar. Em suma, os atletas foram submetidos a

uma atividade com intensidade 20% superior a correspondente a capacidade aeróbia máxima indicada no teste de esforço, ou seja, eles precisavam correr a uma velocidade relacionada a 120% do VO_{2MAX} (mantendo a inclinação da esteira em 1%). O protocolo encerrava quando o atleta solicitava ou quando o pesquisador percebia falha motora.

Protocolo de recuperação

A crioterapia de imersão foi realizada em um tanque com capacidade para 100 litros, preenchido com 70% de sua capacidade com uma combinação de água e gelo. A temperatura da água foi monitorada usando um termômetro subaquático ($10 \pm 1^\circ\text{C}$). Os participantes entraram no tanque submergindo os membros inferiores até o nível das gônadas, permanecendo na posição ortostática por 10 minutos [20]. Procedimento semelhante foi adotado para recuperação passiva (placebo), exceto pela não adição de água e gelo no tanque.

Análise estatística

Para análise dos dados utilizou-se o software *GraphPAD Prism 5* (GraphPad Inc, San Diego, USA). Os testes Shapiro-Wilk, análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, seguida do *post hoc* de Bonferroni, e o teste Mann-Whitney foram aplicados para verificar a normalidade dos dados, a diferença entre os momentos de cada grupo (pré-exercício, pós-protocolo de fadiga e pós-terapia) e o valor energético do R24 entre os dias de teste, respectivamente. Os dados são expressos em média \pm desvio-padrão ou valores percentuais. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

Resultados

A amostra final do estudo foi composta por 14 adultos jovens (22 ± 2 anos), com boa capacidade cardiorrespiratória (VO_{2MAX} $44,1 \pm 6,7$ $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e um percentual de gordura elevado ($27,8 \pm 4,4\%$) para o desporto de alto rendimento. Quatro atletas tiveram seus dados excluídos por estarem em processo de recuperação (lesão não decorrente do protocolo de pesquisa). Não houve diferença no consumo calórico entre os dois dias de avaliação (2.893 ± 802 versus 2.915 ± 746 kcal; $p = 0,949$).

Teste de impulsão vertical

Nossos dados indicam redução de 10,9% na altura do CMJ entre os momentos PE e PF, aproximadamente 8,2% entre os momentos PF e PT, e cerca de 18,2% entre os momentos PE e PT ($p < 0,05$). Em relação ao repouso ativo, observou-se redução de 2,2% na altura do CMJ entre os momentos PE e PF, incremento de 9,4% entre os momentos PF e PT, e incremento de 7,1% entre os momentos PE e PT ($p < 0,05$). A Figura 2 demonstra o desempenho do CMJ em ambas as intervenções: crioterapia de imersão e repouso ativo (controle).

Dinamometria isocinética

Nossos dados indicam redução de 7,4% no pico de torque isométrico entre os momentos PE e PF, incremento de aproximadamente 4,0% entre os momentos PF e PT, totalizando uma redução de 3,7% entre os momentos PE e PT após a crioterapia de imersão ($p < 0,05$). Em relação ao repouso ativo, observou-se redução de 5,9% no pico de torque isométrico entre os momentos PE e PF, nova redução de 3,9% entre os momentos PF e PT, totalizando um desempenho 9,6% menor entre os momentos PE e PT ($p < 0,05$). A Figura 3 ilustra o desempenho do pico de torque isométrico em ambas as intervenções: crioterapia em imersão e repouso ativo (controle).

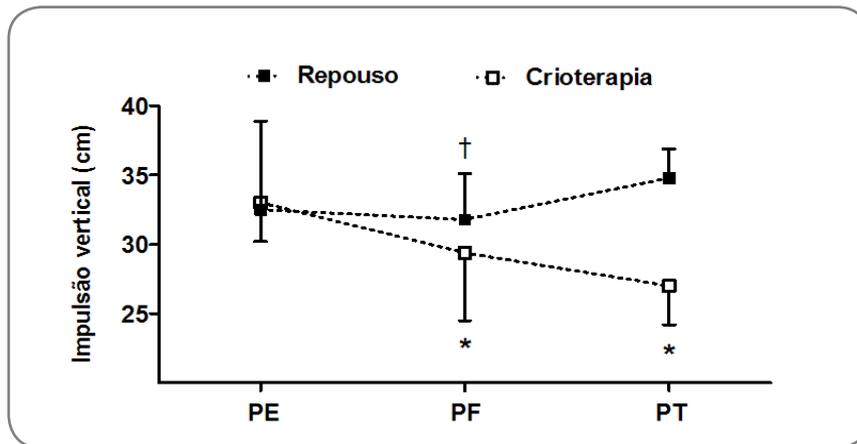


Figura 2 - Potência de membros inferiores após a crioterapia de imersão e o repouso ativo. PE: pré-exercício. PF: pós-protocolo de fadiga. PT: pós-protocolo de recuperação. * $p < 0,05$ versus PE (protocolo crioterapia). † $p < 0,05$ versus PE e PT (protocolo repouso). Teste de Bonferroni.

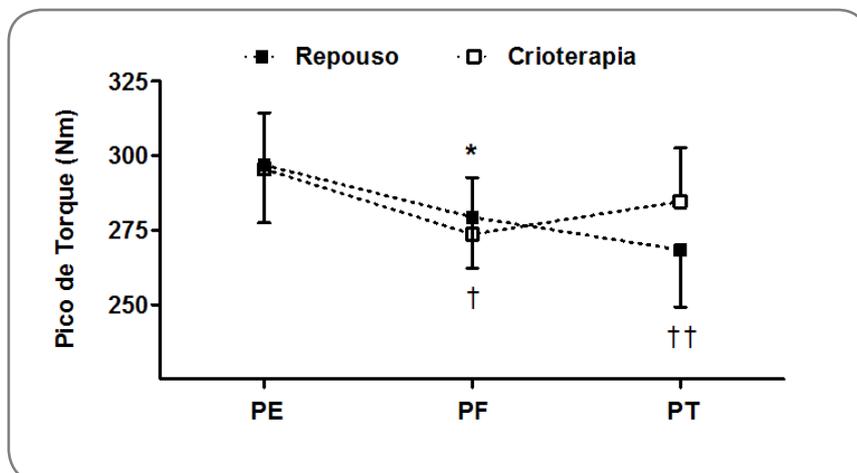


Figura 3 - Pico de torque isométrico após a crioterapia em imersão e o repouso ativo. PE: pré-exercício. PF: pós-protocolo de fadiga. PT: pós-protocolo de recuperação. * $p < 0,01$ versus PE (protocolo crioterapia). † $p < 0,01$ versus PE (protocolo repouso). †† $p < 0,05$ versus PF e PE (protocolo repouso). Teste de Bonferroni.

Discussão

Nosso objetivo foi verificar se a crioterapia de imersão poderia causar impacto negativo na produção de força isométrica ou potência de membros inferiores de atletas submetidos a um protocolo de fadiga muscular. Curiosamente, nossos dados indicaram um comportamento antagônico destas variáveis. A crioterapia de imersão se mostrou mais eficiente que o repouso ativo para recuperar a força isométrica. Entretanto, para a potência muscular, o repouso ativo apresentou melhor resultado quando comparado à crioterapia. Dois fatores podem justificar estes achados: 1) a menor capacidade elástica em ambientes frios comprometendo a potência muscular; e 2) o efeito não proposital do CMJ como aquecimento para dinamometria pode ter auxiliado no reestabelecimento da capacidade contrátil dos participantes.

De fato, Pritchard & Saliba [6] já haviam mencionado que existe variabilidade no desenho experimental dos estudos que investigaram o efeito da crioterapia podendo gerar um viés interpretativo, principalmente no que se refere ao período de espera para realização dos testes. Kinzey *et al.* [21] afirmam que é preciso aguardar 15

minutos após a aplicação de crioterapia para que a produção de força e/ou a potência muscular retornem aos níveis basais. Ainda que o período de espera do presente estudo tenha sido padronizado e monitorado (180 seg), não foi realizada a randomização da coleta das variáveis dependentes, ou seja, o CMJ era realizado antes do teste de força. Isso pode justificar parte da divergência observada. O efeito não proposital dos saltos como aquecimento pode ter influenciado positivamente a produção de força isométrica após a crioterapia. Rhodes & Alexander [22] respaldam esta hipótese ao demonstrarem um efeito prejudicial no desempenho quando os testes são realizados imediatamente após a crioterapia.

De forma semelhante, Tassignon *et al.* [23] observaram redução na distância do salto em participantes que eram expostos ao protocolo de crioterapia a 10°C. Fato que não era observado no desempenho dos mesmos participantes quando a técnica era aplicada a uma temperatura de 18°C, sugerindo que a temperatura do tratamento é determinante para resposta desejada. Além disso, os autores observaram uma redução na atividade eletromiográfica durante o teste no dinamômetro isocinético, o que sugere um menor recrutamento de fibras musculares (menor velocidade de condução dos nervos motores). Complementarmente, Hauptenthal *et al.* [24] observaram que a aplicação de gelo reduzia a capacidade proprioceptiva dos músculos dorsiflexores do tornozelo, inibindo a produção de força isométrica. Todos estes fatores corroboram o resultado encontrado no presente estudo. Entretanto, o mecanismo responsável pela redução do desempenho quando o músculo é submetido a baixas temperaturas ainda não está totalmente elucidado. Curiosamente, Fuchs *et al.* [25] observaram que a imersão em água fria (8°C) durante a recuperação de exercícios de força reduzia a capacidade do músculo de absorver e/ou direcionar aminoácidos para a síntese e recuperação de miofibrilas quando comparadas à imersão em água neutra (30°C). Interessantemente, os autores usaram como controle o membro contralateral do próprio participante, ou seja, enquanto um membro era exposto à crioterapia o outro era exposto à água neutra. Para chegar à esta conclusão, Fuchs *et al.* [25] utilizaram marcadores isotópicos e realizaram biópsias musculares.

A metodologia aplicada em nosso trabalho limita maiores inferências por não termos feito análises mais robustas acerca dos mecanismos fisiológicos envolvidos nesta resposta. Especulamos que a aplicação do frio possa induzir a vasoconstrição, reduzindo a taxa metabólica e, por consequência, a demanda de oxigênio celular, o que pode ser justificado pelos achados de Fuchs *et al.* [25] Esse processo faz com que o risco de morte celular por necrose secundária seja menor, diminuindo o dano nas propriedades contráteis do músculo. Curiosamente, o menor rendimento na força isométrica após o repouso ativo poderia estar atrelado ao estado “fadiga muscular”, uma vez que o teste de saltos era realizado antes da dinamometria.

Este estudo apresenta algumas limitações como não termos randomizado o processo de avaliação dos participantes (teste de saltos *versus* dinamometria), termos investigado apenas uma temperatura de crioterapia e termos utilizado uma amostra composta exclusivamente por atletas amadores, inviabilizando a extrapolação dos nossos achados para outras populações.

Conclusão

Com base nos resultados encontrados, pode-se concluir que a crioterapia de imersão impacta negativamente na produção de força explosiva dos membros inferiores, mas por outro lado parece auxiliar na recuperação da força isométrica dos atletas. Deste modo, a crioterapia de imersão precisa ser aplicada com cautela

para acelerar a recuperação em períodos curtos de intervalo, como por exemplo, entre rounds de combate e/ou intervalos de jogos, uma vez que pode não melhorar o desempenho do atleta.

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fontes de financiamento

Não houve fontes de financiamento externas para este estudo.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Reischak-Oliveira A, Lopes AL e Gross JS. Aquisição de dados: Lopes AL, Gross JS, Krüger RL, Carteri RBK, Radaelli R, Teixeira BC. Análise e interpretação dos dados: Reischak-Oliveira A, Teixeira BC, Krüger RL, Ribeiro GS, Lopes AL e Gross JS. Análise estatística: Ribeiro GS e Teixeira BC. Obtenção de financiamento: Reischak-Oliveira A. Redação do manuscrito: Lopes AL, Gross JS, Carteri RBK, Ribeiro GS e Teixeira BC. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Reischak-Oliveira A, Lopes AL, Carteri RBK, Ribeiro GS e Teixeira BC.

Referências

1. Freire B, Geremia J, Baroni B, Vaz M. Effects of cryotherapy methods on circulatory, metabolic, inflammatory and neural properties: a systematic review. *Fisioter Mov* 2016;29(2):389-98. <https://doi.org/10.1590/0103-5150.029.002.AO18>
2. Bleakley C, McDonough S, Gardner E, Baxter G, Hopkins J, Davison G. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;15(2):CD008262. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092433>
3. Baroni B, Leal Junior E, Generosi R, Grosselli D, Censi S, Bertolla F. Efeito da crioterapia de imersão sobre a remoção do lactato sanguíneo após exercício. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2010;12(3):179-185. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2010v12n3p179>
4. Gregson W, Black M, Jones H, Milson J, Morton J, Dawson B, Atkinson G, Green D. Influence of cold water immersion on limb and cutaneous blood flow at rest. *Am J Sports Med* 2011; 39(6):1316-23. <https://doi.org/10.1177/0363546510395497>
5. Herrera E, Sandoval M, Camargo D, Salvini T. Motor and sensory nerve conduction are affected differently by ice pack, ice massage, and cold water immersion. *Phys Ther* 2010;90(4):581-91.
6. Pritchard KA, Saliba SA. Should athletes return to activity after cryotherapy? *J Athl Train* 2014;49(1):95-6.
7. Douris P, Mckenna R, Madigan K, Cesarski B, Costiera R, Lu M. Recovery of maximal isometric grip strength following cold immersion. *J Strength Cond Res* 2003;17(3):509-13. <https://doi.org/10.1519/00124278-200308000-00014>
8. Howatson G, Gaze D, Van Someren K. The efficacy of ice massage in the treatment of exercise-induced muscle damage. *Scand J Med Sci Sports* 2005;15(6):416-42. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00437.x>
9. Sellwood KL, Brukner P, Williams D, Nicol A, Hinman R. Ice water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med* 2007;41(6):392-7. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.033985>
10. Rowsell G, Coutts A, Reaburn P, Hill-Haas S. Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. *J Sports Sci* 2009;27(6):565-73. <https://doi.org/10.1080/02640410802603855>
11. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, De Ridder H. International Standards for Anthropometric Assessment. A manual for teaching materials for accreditation. 3rd South Africa: ISAK; 2011.
12. Ross W, Kerr D. Fraccionamiento de la masa corporal: nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva. *Apunts* 1991;28(109):175-88.
13. Ribeiro G, Lopes A. Análise da composição corporal: evolução histórica do modelo anatômico de análise tecidual. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício* 2017;11(68):620-5.

14. Pereira U, Ribeiro G, Lopes A. Can heart rate variability predict the second metabolic threshold in young soccer players? *Int J Exerc Sci* 2018;11(2):1105-11.
15. Zabotto C. Registros fotográficos para inquéritos dietéticos: utensílios e porções. Unicamp: São Paulo; 1996.
16. Batista P, Dias M, Dalamaria T, Ramalho A. Álbum fotográfico de porções alimentares: aspectos metodológicos. *DêCiência em Foco* 2018; 2(2):141-9.
17. Bosco C, Luhtanen P, Komi P. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol* 1983;50(2):273-82.
18. Vitória M, Lopes A, Garlipp D, Ribeiro G. Área muscular da coxa não prediz altura do salto vertical em atletas de futebol profissional. *Revista Brasileira de Futsal e Futebol* 2018;10(40):577-82.
19. Cunha G, Vaz MA, Herzog W, Geremia, JM, Leites G, Reischak A. Maturity status effects on torque and muscle architecture of young soccer players. *J Sports Sci* 2019:1-10. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1589908>
20. Bailey D, Erith S, Griffin PJ, Dowson A, Brewer D, Gant N, Williams C. Influence of cold water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *J Sports Sci* 2007;25(11):1163-70. <https://doi.org/10.1080/02640410600982659>
21. Kinzey S, Cordova L, Gallen K, Smith J, Moore J. The effects of cryotherapy on ground-reaction forces produced during a functional task. *J Sport Rehab* 2000;9(1):3-14. <https://doi.org/10.1123/jsr.9.1.3>
22. Rhodes D, Alexander J. The effect of knee joint cooling on isokinetic torque production of the knee extensors: considerations for application. *Int J Sports Phys Ther* 2018;13(6):985-92.
23. Tassignon B, Serrien B, De Pauw K, Baeyens J, Meeusen R. Continuous knee cooling affects functional hop performance - a randomized controlled trial. *J Sports Sci Med* 2018;17(2):322-9.
24. Haupenthal D, Noronha M, Haupenthal A, Ruschel C, Nunes G. Skin cooling and force replication at the ankle in healthy individuals: a crossover randomized controlled trial. *J Athl Train* 2015;50(6):621-8.
25. Fuchs CJ, Kouw IWK, Churchward-Venne TA, Smeets JSJ, Senden JM, Wouter D, Lichtenbelt WDVM, et al. Postexercise cooling impairs muscle protein synthesis rates in recreational athletes. *J Physiol* 2019;598(4):755-772. <https://doi.org/10.1113/JP278996>