



Junta de Andalucía
Consejería de Educación y Deporte

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://ws072.juntadeandalucia.es/ojs>



Original

Efeitos da crioterapia por imersão sobre o desempenho sensório-motor de esportistas após protocolo de fadiga muscular



A. P. Anghinoni^a, J. J. Gaspar-Júnior^b, F. Silva-Barbosa^{b,c}, P. F. Martinez^{a,b,d},
S. A. de Oliveira-Júnior^{a,b,d*}

^a School of Physical Therapy, Federal University of Mato Grosso do Sul—UFMS, Brazil

^b Graduate Program in Health and Development in the Midwest Region, Federal University of Mato Grosso do Sul—UFMS, Brazil

^c Department of Education Sciences, Federal University of Rondônia—UNIR, Brazil

^d Graduate Program in Movement Sciences, Federal University of Mato Grosso do Sul—UFMS, Brazil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO: Recebido a 18 de maio de 2021, aceite a 19 de julho de 2021, online a 19 de julho de 2021

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da crioterapia por imersão (CI) sobre o desempenho sensório-motor de esportistas após protocolo para indução de fadiga muscular localizada.

Método: O presente estudo teve caráter experimental e delineamento prospectivo e teve participação de 36 esportistas universitários que foram divididos em três grupos: grupo recuperação passiva (RP), grupo crioterapia por imersão a 5°C (CI5°) e grupo crioterapia por imersão a 10°C (CI10°). Todos os grupos foram submetidos a protocolo de fadiga de membro inferior dominante em cadeira extensora. Posteriormente, o RP foi mantido em repouso, enquanto os demais grupos foram submetidos à imersão em água gelada a 5°C e 10°C, respectivamente, durante 10 minutos. Para avaliação do desempenho sensório-motor, foi utilizado o teste de equilíbrio (YBT), que foi realizado antes e no decorrer de 120 minutos após indução de fadiga.

Resultados: Embora os resultados absolutos tenham sido similares entre os grupos, em termos relativos (%), o CI5° mostrou menor desempenho sensório-motor do que RP, o que foi mais acentuado no membro não-dominante. Todos os grupos obtiveram maior desempenho no YBT após 120 minutos de recuperação, quando comparado aos primeiros momentos de análise.

Conclusão: Em conclusão, o protocolo de CI de 5°C durante 10 minutos aplicado após indução de fadiga neuromuscular resultou em menor desempenho sensório-motor no YBT, em comparação com o método de RP.

Palavras-chave: Fadiga Muscular; Crioterapia; Equilíbrio.

Efectos de la crioterapia de inmersión sobre el rendimiento sensoriomotor en deportistas después de un protocolo de fatiga muscular

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este trabajo es evaluar los efectos de la crioterapia (CI) por inmersión sobre el rendimiento sensoriomotor de deportistas tras un protocolo de inducción de fatiga muscular localizada.

Método: El presente estudio tuvo un carácter experimental y diseño prospectivo y contó con la participación de 36 deportistas universitarios que se dividieron en tres grupos: grupo de recuperación pasiva (PR), grupo de crioterapia a 5°C (IC5°) y grupo de crioterapia a 10°C (IC10°). Todos los grupos se sometieron a un protocolo de fatiga de miembros inferiores dominante en una silla de extensión. Posteriormente, la PR se mantuvo en reposo, mientras que los otros grupos se sumergieron en agua helada a 5°C y 10°C, respectivamente, durante 10 minutos. Para evaluar el desempeño sensoriomotor se utilizó la prueba de equilibrio (YBT), que se realizó antes y durante 120 minutos después de la inducción de fatiga.

Resultados: Aunque los resultados absolutos eran similares entre grupos, en términos relativos (%), el IC5° mostró un menor rendimiento sensoriomotor que el PR, que se acentuó más en la extremidad no dominante. Todos los grupos lograron un mayor rendimiento en los YBT 120 minutos de recuperación, en comparación con los primeros momentos de análisis.

Conclusión: En conclusión, el protocolo de CI de 5°C durante 10 minutos aplicado después de la inducción de fatiga neuromuscular resultó en un menor rendimiento sensoriomotor en YBT, en comparación con el método de recuperación pasiva.

Palabras clave: Fatiga muscular; Crioterapia; Equilíbrio.

* Autor para correspondência.

Correios eletrónicos: silvio.oliveira-jr@ufms.br (S. A. de Oliveira-Júnior).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2021.07001>

e-ISSN: 2172-5063/ © 2022 Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Effects of cold-water immersion on sensorimotor performance of sportsmen after muscle fatigue protocol

ABSTRACT

Objective: The objective of this investigation was to evaluate the effects of cold-water immersion (CWI) on the sensorimotor performance of young athletes in response to local muscle fatigue.

Method: The present study had prospective experimental design and involved 36 university sportsmen who were divided into three groups: passive recovery group (PR), cryotherapy group at 5°C (CI5°) and cryotherapy group at 10°C (CI10°). All groups were submitted to a dominant lower limb fatigue protocol in an extension chair. Subsequently, the PR was kept at rest, while the other groups were immersed in cold-water at 5°C and 10°C, respectively, for 10 minutes. To assess sensorimotor performance, the Y balance test (YBT) was used, which was performed before and during 120 minutes after fatigue induction.

Results: Although the absolute results had been similar among groups, in relative terms (%), the CI5° showed less sensorimotor performance than PR, which was more accentuated in the non-dominant limb. All groups achieved greater performance in the YBT after 120 minutes of recovery, when compared to the first moments of analysis ($p < 0.05$).

Conclusion: In conclusion, postexercise CWI to 5°C for 10 minutes resulted lower sensorimotor performance in YBT, compared to the PR method.

Keywords: Muscle fatigue; Cryotherapy; Balance.

Introdução

A fadiga pode ser caracterizada como redução da força muscular ou diminuição do desempenho durante atividades físicas e/ou cognitivas¹. Por muito tempo, acreditou-se que a fadiga fosse algo repentino quando, na verdade, desenvolve-se progressivamente até o músculo não ter mais capacidade de manter a tarefa solicitada². Por isso, tornou-se objeto de estudo de muitos pesquisadores, principalmente, pela importância representada para esportistas de competição. A fadiga tem caráter multifatorial e sua origem depende de diversos fatores, entre eles, características da atividade que está sendo executada³.

De fato, no processo da fadiga muscular, ocorre redução do potencial elétrico das fibras musculares, o que pode acarretar declínio do desempenho muscular⁴⁻⁶. Por sua vez, a recuperação pós-esforço (RPE) consiste em reestabelecer a condição de homeostase do corpo, na busca de aperfeiçoar o desempenho físico-motor para uma nova carga de estímulos⁷. Entre os métodos de RPE, a crioterapia por imersão (CI) consiste na imersão de um ou mais segmentos em água gelada sob diferentes temperaturas, incluindo-se valores de 5° e 10°C⁸.

Considerando-se efeitos da CI, pode-se destacar a redução na atividade metabólica e na velocidade de condução nervosa (VCN), além da diminuição de espasmos musculares e edema inflamatório⁹. No entanto, os efeitos da CI no contexto de RPE ainda são pouco compreendidos, principalmente, em razão da variedade de protocolos utilizados em termos de tempo e temperaturas utilizadas. Além disso, há importante evidência de que o resfriamento pode ocasionar alterações na condução neural, tanto nas aferências quanto nas eferências de comando motor¹⁰, podendo prejudicar o desempenho do exercício e estabilidade sensório-motora.

A estabilidade ou equilíbrio sensório-motor pode ser caracterizado como a capacidade de manter o centro de massa sobre a base de suporte ortostático. Em geral, o equilíbrio sensório-motor é modulado por três sistemas de controle: sistema sensorial (visual, vestibular e somatossensorial), sistema musculoesquelético e sistema nervoso central¹¹. Nessa perspectiva, o *Y Balance Test* (YBT) é um teste utilizado para avaliar o desempenho e estabilidade sensório-motor, por meio de mensurações da distância de alcance de cada membro inferior, obtida em três direções (anterior, pósteromedial e pósterolateral)¹². Entretanto, ainda não estão bem esclarecidos os efeitos da CI sobre o equilíbrio sensório-motor, utilizando-se o YBT como ferramenta principal de avaliação.

Sob essas considerações, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da CI sobre o desempenho sensório-motor de esportistas após protocolo de fadiga muscular localizada de membros inferiores. Tem-se por hipótese inicial que a CI prejudica

a manutenção da estabilidade sensório-motora durante a execução do YBT.

Método

Casística e delineamento de grupos

Este estudo teve caráter experimental e os procedimentos de análise foram realizados durante duas semanas. A casística foi constituída por 36 atletas do sexo masculino praticantes de basquete e futebol. Como critérios de inclusão, foram considerados idade entre 15 e 30 anos, ausência de contraindicação para crioterapia, prática esportiva superior a um ano e estar atuando em treinamentos e competições regularmente. Como critérios de exclusão e não inclusão, foi considerada presença de lesão musculoesquelética no MI dominante nos dois meses antecedentes à coleta, doença de Raynaud ou alergias ao frio e atividade laboral que exija nível de esforço em intensidade que impossibilitasse que o participante esteja em condição orgânica de homeostase no momento de participação da pesquisa.

Os participantes foram distribuídos em três grupos de forma aleatória estratificada pela idade, considerando-se o tipo de intervenção recuperativa a ser realizada após o estabelecimento de fadiga: grupo Recuperação Passiva (RP), preenchido por participantes que foram mantidos em repouso pós-esforço; grupo CI a 5°C (CI5°), composto por participantes submetidos a protocolo de imersão em água gelada a 5±2°C; e grupo de crioterapia a 10°C (CI10°), com participantes submetidos a protocolo de imersão em água gelada a 10±2°C. O protocolo de indução à fadiga foi similar a todos os grupos e os protocolos recuperativos tiveram duração de 10 min. Os participantes dos grupos CI5° e CI10° foram mantidos em posição ortostática, no interior de um recipiente com capacidade de 240 litros, preenchido com água até a altura das gônadas. Para o resfriamento da água, foram utilizados cubos de gelo e a temperatura controlada por um termômetro flutuante. A escolha dos valores de temperatura e tempo foram feitas, considerando-se a maior frequência de uso em protocolos similares que visam a RPE em estudos previamente publicados^{13, 14, 15}.

Toda a pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Estudo do Músculo Estriado (LEME), situado na Clínica Escola Integrada (CEI), do Instituto de Integrado de Saúde (INISA/UFMS). As coletas de dados foram realizadas em ambiente com temperatura entre 21±2°C e umidade de 40 a 60%. Os participantes com 18 anos ou mais e os responsáveis assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); já os participantes legalmente incapazes assinaram um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética

em Pesquisa Unidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) sob o parecer número 2.920.457 e foi registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC; ID Number: RBR-2z73q5).

Procedimentos

Na primeira semana, foi realizada caracterização geral, avaliação antropométrica e familiarização do participante com o ambiente, equipamentos, instrumentos, posições, movimentos adequados do YBT e execução de esforços máximos e submáximos. Na segunda semana, os participantes retornaram para a realização do estudo experimental. Como procedimento padrão, para a familiarização e teste de exaustão, cada participante foi posicionado numa cadeira extensora, mantendo-se com o joelho flexionado a 90°, sendo estabilizado por duas fitas: uma na região proximal dos membros inferiores (MMII) e a outra no nível do tronco^{16,17,18}.

No teste de exaustão, primeiramente, foi determinada a força isométrica máxima, mediante a execução de um teste de contração isométrica voluntária máxima de extensão de joelho em cadeira extensora. A força isométrica máxima representou o máximo esforço exercido a partir de três esforços máximos, os quais foram realizados contra uma célula de carga¹⁶. Cada contração durou três segundos com intervalo de cinco minutos cada repetição, de forma a permitir recuperação dos músculos avaliados. Em seguida, cumpriu-se o protocolo de indução à exaustão, em que o participante realizava um esforço correspondente a 40% da força máxima até a exaustão. Esta condição foi determinada quando houvesse oscilação maior do que 5% no esforço a ser mantido ou até que o participante relatasse ser incapaz de continuar o protocolo de exaustão^{17,18}. Para a comprovação de fadiga e análise do desempenho neuromuscular, foi utilizada eletromiografia de superfície dos músculos *rectus femoris* (RF), *vastus lateralis* (VL) e *vastus medialis* (VM)¹⁶. Todos esses procedimentos foram feitos de forma unilateral, utilizando-se do membro inferior dominante. O eletromiógrafo utilizado foi da marca Miotec (Miotec Equipamentos Biomédicos LTDA, Porto Alegre, RS, Brasil), equipado com quatro canais aos quais foram conectados sensores e a célula de carga. Para análise do sinal eletromiográfico e confirmação de fadiga, foi utilizado o *software* MiotecSuite 1.0.

Para avaliar o equilíbrio e propriocepção, foi utilizado o YBT que consiste em linhas concêntricas dispostas no solo, separadas por uma angulação de 45°, cada uma medindo 120 cm, marcadas em uma escala de um centímetro. O teste foi realizado bilateralmente e tinha início sempre que o participante retirava um membro inferior (MI) do chão e então era realizado o alcance. O apoio bipodal só era permitido ao término de cada alcance, sendo realizadas três repetições de cada MI em cada uma das três direções, obedecendo sempre a sequência: anterior, pósteromedial e pósterolateral¹². O YBT foi realizado antes (momento pré-exaustão), imediatamente após o protocolo de fadiga (exaustão), aos 15 minutos (Rec15), 30 minutos (Rec30), 60 minutos (Rec60), 90 minutos (Rec90) e 120 minutos (Rec120) após a exaustão. Antes da primeira coleta do YBT, os participantes executavam o teste como forma de preparação e, somente na terceira, foram coletados os valores referentes aos alcances (Figura 1).

Análise estatística

As variáveis independentes do estudo foram: intervenção de RPE, distribuída em três níveis (RP, CI5°, CI10°) e momento de análise, formatado em até sete níveis de comparação. Já as variáveis dependentes foram idade, massa corporal, estatura, histórico de treinamento esportivo e carga horária semanal, que foram utilizadas na caracterização dos grupos estudados, além das medidas de desempenho no YBT em valores absolutos e relativos (%), considerando-se o momento pré-exaustão como referência.

As medidas de massa corporal e idade foram analisadas a partir do teste de Kruskal-Wallis (*Kruskal-Wallis One-Way ANOVA*),

complementado com o teste de Dunn. As outras características gerais foram avaliadas mediante emprego da análise de variância (*One-Way ANOVA*). Para a análise dos resultados do YBT, considerando a combinação entre grupo e momento da análise, foi utilizada variância de duas vias, de medidas repetidas (*Two-Way RM ANOVA*), complementada com teste de Bonferroni. O nível de significância considerado foi de 5%.

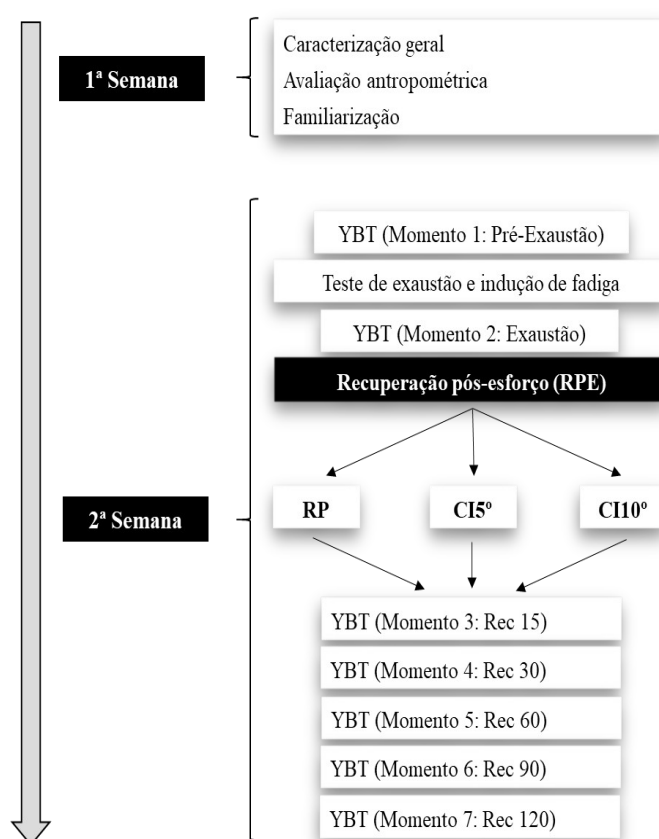


Figura 1. Fluxograma das etapas do estudo de acordo com o grupo e momento de avaliação; YBT, teste de equilíbrio Y; RP, grupo Recuperação Passiva (RP); (CI5°), grupo de crioterapia por imersão a 5±2°C; CI10°, grupo de crioterapia por imersão a 10±2°C; Rec 15, momento de recuperação de 15 minutos após fadiga; Rec 30, momento de recuperação de 30 minutos após fadiga; Rec 60, momento de recuperação de 60 minutos após fadiga; Rec 90, momento de recuperação de 90 minutos após fadiga; Rec 120, momento de recuperação de 120 minutos após fadiga.

Resultados

As características demográficas dos participantes da pesquisa são apresentadas na [Tabela 1](#). Não foram observadas diferenças significativas nas comparações entre grupo.

Tabela 1. Características gerais dos participantes

Variável	Grupo		
	RP	CI5°	CI10°
Idade (anos)	17,0 (16,0–17,5)	17,0 (16,0–17,5)	16,0 (16,0–17,5)
Massa corporal (kg)	66,1 (61,8–80,8)	68,0 (63,8–76,9)	69,1 (63,2–83,8)
Estatura (cm)	176,9±6,1	177,8±8,0	180,5±7,6
H.Prática (anos)	5,58±2,91	5,92±2,91	6,42±4,54
C.H.Sem. (h)	12,0±9,2	12,3±6,2	11,2±5,3

H.Prática, histórico de prática esportiva; C.H.Sem., carga horária semanal de prática esportiva. Valores de idade e massa corporal expressos em mediana e semi-amplitude; Kruskal-Wallis One Way ANOVA. Outras variáveis são apresentadas em média ± desvio-padrão; One Way ANOVA (p>0,05).

Na [Tabela 2](#), constam os resultados de YBT segundo lado, grupo e momento de avaliação. Não foi verificada interação entre os fatores avaliados (p>0,05). Além disso, não foram encontradas

diferenças significativas no lado dominante quando considerada a combinação entre intervenção de RPE e momento de análise ($p=0,254$ e $p=0,057$, respectivamente). Por outro lado, quando fixado o grupo, o RP obteve menor escore no YBT no lado não-dominante no momento pré-exaustão, se comparado aos momentos Rec30, Rec60, Rec90 e Rec120 ($p=0,002$). Ademais, não foram constatadas diferenças estatisticamente significativas nas comparações entre grupos.

Os resultados relativos (delta) de YBT para membro dominante e não-dominante, levando-se em conta o momento pré-exaustão como referência, estão apresentados nas Figuras 2 e 3. Considerando-se o membro inferior dominante, no momento

Rec60, o grupo CI5° apresentou maior escore relativo de YBT do que RP (Figura 2B). Na análise de momento de forma isolada, o desempenho no YBT foi maior no momento Rec120, quando comparado aos momentos Exaustão e Rec15 (Figura 2C).

Em relação aos resultados de membro inferior não-dominante, o grupo CI5° mostrou menor performance de YBT do que o RP (Figura 3A). Levando-se em conta a combinação entre grupo e momento, o grupo CI5° apresentou menores escores relativos de YBT do que RP nos momentos Rec15, Rec30 e Rec90 (Figura 3B). Quanto ao efeito de momento, o desempenho no YBT foi maior no momento Rec120, quando comparado aos momentos Exaustão e Rec15 (Figura 3C).

Tabela 2. Medidas descritivas de escore do Y Balance Test, segundo membro inferior; grupo e momento de análise.

Membro inferior	Grupo	Momento							P-Valor		
		Pré-exaustão	Exaustão	Rec15	Rec30	Rec60	Rec90	Rec120	Grupo	Momento	Interação
D	RP	67,6±8,7	67,7±10,0	68,2±9,5	68,7±10,0	69,4±9,2	69,4±9,1	69,7±9,1	0,254	0,057	0,085
	CI5°	64,9±5,3	64,4±5,2	63,4±5,3	63,4±5,3	63,2±5,3	63,8±5,5	64,6±6,1			
	CI10°	66,0±5,6	64,3±5,1	64,7±5,6	65,8±6,1	65,8±6,3	65,7±6,7	65,9±7,0			
ND	RP	67,6±7,6	69,0±7,6	69,1±8,4	69,9±8,0 *	70,2±8,5 *	70,2±7,8 *	70,8±7,6 *	0,355	0,002	0,074
	CI5°	66,7±5,5	65,6±5,8	64,6±5,5	65,4±5,1	65,8±5,1	65,5±5,1	66,6±5,0			
	CI10°	67,2±5,9	66,8±6,0	67,3±6,5	67,0±6,0	67,7±7,0	68,9±7,2	68,8±6,5			

D, membro inferior dominante; ND, membro não-dominante. Pré-exaustão, momento pré-exaustão (antes da fadiga); Exaustão (após fadiga); Rec15, momento de recuperação de 15 minutos; Rec30, momento de recuperação de 30 minutos; Rec60, momento de recuperação de 60 minutos; Rec90, momento de recuperação de 90 minutos; Rec120, momento de recuperação de 120 minutos. Valores expressos em média±desvio-padrão. * $p<0,05$ vs. momento Pré-exaustão (dentro do grupo). Two-Way RM ANOVA e teste de Bonferroni.

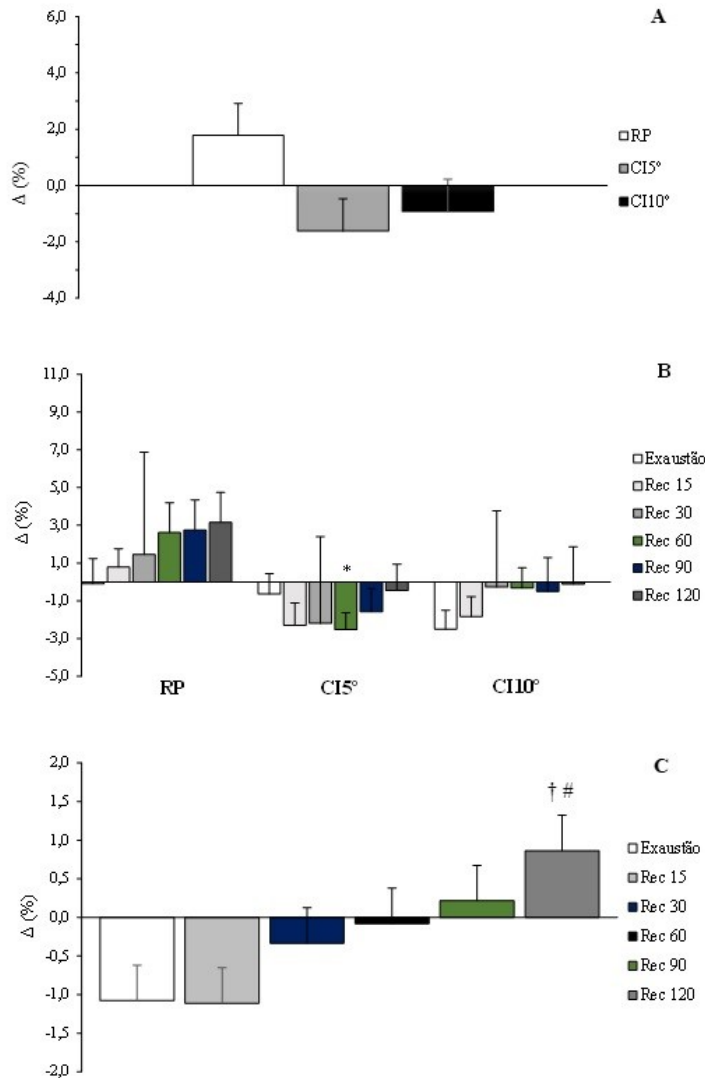


Figura 2. Valores relativos ($\Delta\%$) de escores do Y Balance Test, considerando-se o momento pré-exaustão para o membro inferior dominante. (A) Efeito de grupo; (B) Efeito da combinação entre grupo e momento, * $p<0,05$ vs. RP; (C) Efeito de momento, † $p<0,05$ vs. Exaustão; # $p<0,05$ vs. Rec 15; Two-Way ANOVA e teste de Bonferroni.

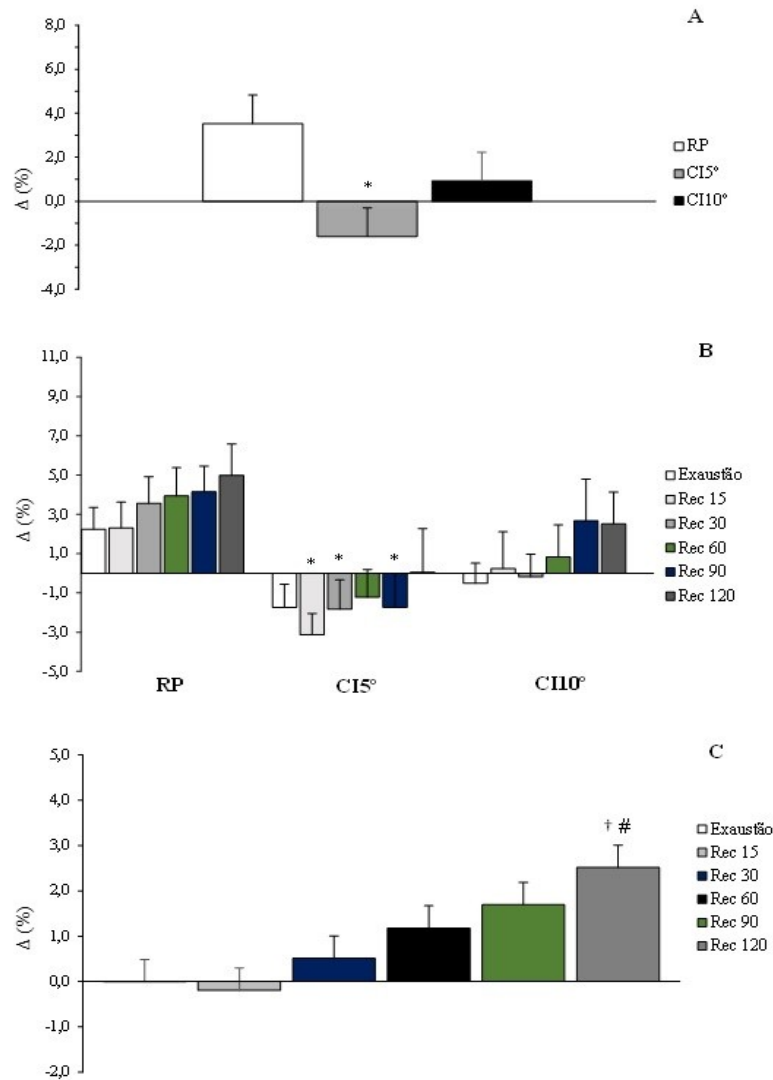


Figura 3. Valores relativos ($\Delta\%$) de escores do Y Balance Test, considerando-se o momento pré-exaustão para o membro inferior não-dominante, submetido apenas a recuperação. (A) Efeito de grupo, * $p < 0,05$ vs. RP; (B) Efeito da combinação entre grupo e momento, * $p < 0,05$ vs. RP; (C) Efeito de momento, † $p < 0,05$ vs. Exaustão; # $p < 0,05$ vs. Rec 15; Two-Way ANOVA e teste de Bonferroni.

Discussão

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da CI no desempenho sensório-motor de esportistas amadores, em resposta a um protocolo unilateral de fadiga muscular localizada. Em termos absolutos (Tabela 2), foram identificadas mudanças estatisticamente significativas apenas no grupo submetido a recuperação passiva (RP) no lado não dominante, o que foi sustentado por aumento progressivo do desempenho no YBT durante o período de recuperação. Considerando-se os valores relativos (delta), verificou-se que o desempenho funcional foi menor no grupo CI5°C em comparação ao RP ($p < 0,05$) no membro não-dominante (Figura 3); em geral, os resultados se normalizaram com 120 min após a exaustão em ambos os MMII, sem diferenças entre os grupos (Figura 3C).

Segundo a hipótese inicial, a administração de CI reduz a manutenção da estabilidade sensório-motora, o que foi comprovado, principalmente, em resposta ao protocolo de 5°C quando comparado à RP (Figuras 2 e 3). Previamente, autores^{19, 20} reportaram que o desempenho funcional e controle neuromotor foram afetados adversamente após resfriamento. Giemza et al.²¹ verificaram que a intervenção crioterápica de corpo todo alterou a capacidade de adaptação e automação do controle postural; a menor estabilidade anteroposterior se associaria com maior

resfriamento segmentar, especialmente, de joelhos e tornozelos. Nesse contexto, maiores valores de desempenho e de estabilidade sensório-motora do grupo RP seriam decorrentes de maior recrutamento muscular e controle motor em relação aos demais grupos, principalmente, ao grupo CI5°.

De fato, o controle neuromuscular é baseado em informação subconsciente a partir de mecanorreceptores e processos internos ao sistema nervoso central (SNC), os quais permitem controle de movimento por meio de atividade muscular coordenada. Essa resposta é mediada a partir de complexa interação entre mecanismos de controle por *feedback* e *feedforward*². Entre diversos efeitos, a crioterapia reduz a temperatura do tecido e a VCN¹⁰, conforme a hipótese inicial do presente trabalho. Contudo, reduções na temperatura superficial e profunda dependem do procedimento de aplicação, temperatura inicial, tempo de aplicação, tamanho área e localização anatômica²².

Em termos de aplicação, os métodos mais comuns de crioterapia envolvem diferentes tipos de intervenção, como embalagem de gelo picado, imersão em água, pacotes de gel, ar frio, spray de evaporação ou líquido vaporizado²³. A imersão em água gelada é o protocolo terapêutico mais efetivo para indução de resfriamento e redução da condução sensório-motora²². Apesar disso, a redução de desempenho funcional não foi tão acentuada em resposta ao protocolo de 10°C, o que pode ter decorrido da combinação entre

temperatura e tempo de aplicação. Na temperatura de 10°C, Algaflly & George²⁴ verificaram que o efeito fisiológico de mudança na VCN provinda da crioterapia se dá a partir de 20 minutos. Nesse sentido, é provável que o tempo dispendido na aplicação da CI a 10°C, isto é, 10 minutos, não foi suficiente para causar alterações na VCN e no desempenho sensorio-motor. É possível que os efeitos do resfriamento não tenham atingido tecidos mais profundos, uma vez que a penetração depende de diversas características teciduais, como espessura, densidade da pele, tecido adiposo e muscular²².

Intrigantemente, na análise do membro não-dominante, em geral, não submetido a fadiga, apresentou resultados mais importantes em relação aos efeitos da intervenção de recuperação. Esse impacto mais significativo da crioterapia, mediante menor VCN e controle motor, pode ter derivado de inervação cruzada, em que a sobrecarga imposta a um membro reflete em mudanças no membro contralateral³. O mecanismo para que ocorra este ganho ainda não está totalmente esclarecido. Há relatos de que a ativação muscular isométrica²⁵ de um dos membros produz ativação no córtex correspondente provocando adaptações neurais no lado contralateral, condizentes com maior desempenho funcional. Assim, é provável que um eventual maior desempenho no não-dominante em resposta ao estabelecimento de fadiga no membro dominante tenha sido fortemente inibido pela intervenção crioterápica de 5°C.

Em conclusão, pode-se afirmar o protocolo de CI de 5°C durante 10 minutos aplicado após indução de fadiga neuromuscular resultou em menor desempenho sensorio-motor no YBT, em comparação com o método de RP.

Autoria. Todos os autores contribuíram intelectualmente no desenvolvimento do trabalho, assumiram a responsabilidade do conteúdo e, da mesma forma, concordam com a versão final do artigo. **Financiamento.** O presente estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC) e UFMS. **Conflito de interesses.** Os autores declaram não haver conflito de interesses. **Origem e revisão.** Não foi encomendada, a revisão foi externa e por pares. **Responsabilidades Éticas.** *Proteção de pessoas e animais:* Os autores declaram que os procedimentos seguidos estão de acordo com os padrões éticos da Associação Médica Mundial e da Declaração de Helsinque. *Confidencialidade:* Os autores declaram que seguiram os protocolos estabelecidos por seus respectivos centros para acessar os dados das histórias clínicas, a fim de realizar este tipo de publicação e realizar uma investigação / divulgação para a comunidade. *Privacidade:* Os autores declaram que nenhum dado que identifique o paciente aparece neste artigo.

Referências

- Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. [Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. *Physiol Rev.* 2008, 88 \(1\), 287–332.](#)
- Boyas S, Guével A. [Neuromuscular Fatigue in Healthy Muscle: Underlying Factors and Adaptation Mechanisms. *Ann Phys Rehabil Med.* 2011, 54 \(2\), 88–108.](#)
- Enoka RM, Stuart DG. [Neurobiology of Muscle Fatigue. *J Appl Physiol.* 1992, 72 \(5\), 1631–1648.](#)
- Roberts LA, Raastad T, Markworth JF, Figueiredo VC, Egner IM, Shield A, Cameron-Smith D, Coombes JS, Peake JM. [Post-Exercise Cold Water Immersion Attenuates Acute Anabolic Signalling and Long-Term Adaptations in Muscle to Strength Training. *J Physiol.* 2015, 593 \(18\), 4285–4301.](#)
- Barbosa FSS, Almeida CCR, Gonçalves M. [Análise Espectral Do Sinal Eletromiográfico Do Músculo Eretor Da Espinha Obtido Do Teste de Sorensen. *Fisioter em Mov.* 2010, 23 \(4\), 575–583.](#)
- Mallette MM, Green LA, Gabriel DA, Cheung SS. [The Effects of Local Forearm Muscle Cooling on Motor Unit Properties. *Eur J Appl Physiol.* 2018, 118 \(2\), 401–410.](#)
- Pastre CM, Bastos FN, Netto Júnior J, Vanderlei LCM, Hoshi RA. [Métodos de Recuperação Pós-Exercício: Uma Revisão Sistemática. *Rev Bras Med do Esporte* 2009, 15 \(2\), 138–144.](#)
- Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. [Physiological Response to Water Immersion. *Sport Med.* 2006, 36 \(9\), 747–765.](#)
- Herrera E, Sandoval MC, Camargo DM, Salvini TF. [Effect of Walking and Resting after Three Cryotherapy Modalities on the Recovery of Sensory and Motor Nerve Conduction Velocity in Healthy Subjects. *Brazilian J Phys Ther.* 2011, 15 \(3\), 233–240.](#)
- Kalli K, Fousekis K. [The Effects of Cryotherapy on Athletes' Muscle Strength, Flexibility, and Neuromuscular Control: A Systematic Review of the Literature. *J Bodyw Mov Ther.* 2020, 24 \(2\), 175–188.](#)
- Corriveau H, Hébert R, Raïche M, Dubois MF, Prince F. [Postural Stability in the Elderly: Empirical Confirmation of a Theoretical Model. *Arch Gerontol Geriatr.* 2004, 39 \(2\), 163–177.](#)
- Gribble PA, Hertel J, Plisky P. [Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *J Athl Train.* 2012, 47 \(3\), 339–357.](#)
- Rowell GJ, Coutts AJ, Reaburn P, Hill-Haas S. [Effect of Post-Match Cold-Water Immersion on Subsequent Match Running Performance in Junior Soccer Players during Tournament Play. *J Sports Sci.* 2011, 29 \(1\), 1–6.](#)
- Higgins T, Cameron M, Climstein M. [Evaluation of Passive Recovery, Cold Water Immersion, and Contrast Baths for Recovery, as Measured by Game Performances Markers, between Two Simulated Games of Rugby Union. *J Strength Cond Res.* 2012, Publish Ah.](#)
- Bahnert A, Norton K, Lock P. [Association between Post-Game Recovery Protocols, Physical and Perceived Recovery, and Performance in Elite Australian Football League Players. *J Sci Med. Sport* 2013, 16 \(2\), 151–156.](#)
- Silva SRD, Gonçalves M. [Muscular Fatigue Analysis by Electromyographic Signal Amplitude. *R Bras Ci e Mov.* 2003, 11 \(3\), 15–19.](#)
- Petrofsky J, Laymon M. [Muscle Temperature and EMG Amplitude and Frequency during Isometric Exercise. *Aviat Sp Environ Med.* 2005, 76 \(11\), 1024–1030.](#)
- Bouillard K, Jubeau M, Nordez A, Hug F. [Effect of Vastus Lateralis Fatigue on Load Sharing between Quadriceps Femoris Muscles during Isometric Knee Extensions. *J Neurophysiol.* 2014, 111 \(4\), 768–776.](#)
- Pritchard KA, Saliba SA. [Should Athletes Return to Activity After Cryotherapy? *J Athl Train.* 2014, 49 \(1\), 95–96.](#)
- Fullam K, Caulfield B, Coughlan GF, McGroarty M, Delahunt E. [Dynamic Postural-Stability Deficits After Cryotherapy to the Ankle Joint. *J Athl Train.* 2015, 50 \(9\), 893–904.](#)
- Giemza C, Czech P, Paluszak A, Bieć E, Borzucka D, Kuczyński M. [Acute Effects of Cryotherapy on Postural Control. *Neurosci Lett.* 2013, 536, 6–9.](#)
- Herrera E, Sandoval MC, Camargo DM, Salvini TF. [Motor and Sensory Nerve Conduction Are Affected Differently by Ice Pack, Ice Massage, and Cold Water Immersion. *Phys Ther.* 2010, 90 \(4\), 581–591.](#)
- Furmanek MP, Słomka K, Juras G. [The Effects of Cryotherapy on Proprioception System. *Biomed Res Int.* 2014, 2014, 1–14.](#)
- Algaflly AA, George KP. [The Effect of Cryotherapy on Nerve Conduction Velocity, Pain Threshold and Pain Tolerance. *Br J Sports Med.* 2007, 41 \(6\), 365–369.](#)
- Malas FÜ, Özçakar L, Kaymak B, Ulaşlı A, Güner S, Kara M, Akıncı A. [Effects of Different Strength Training on Muscle Architecture: Clinical and Ultrasonographic Evaluation in Knee Osteoarthritis. *PM&R* 2013, 5 \(8\), 655–662.](#)