

Lopes de Oliveira, Nuno Miguel; Gava, AD; Salvini, TF

O Efeito da crioterapia e compressão interminente no músculo lesado de ratos: uma análise
morfométrica

Revista Brasileira de Fisioterapia, vol. 11, núm. 5, septiembre-octubre, 2007, pp. 403-409

Associação Brasileira de Pesquisa e Pós-Graduação em Fisioterapia
São Carlos, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=235016481012>

O EFEITO DA CRIOTERAPIA E COMPRESSÃO INTERMITENTE NO MÚSCULO LESADO DE RATOS: UMA ANÁLISE MORFOMÉTRICA

OLIVEIRA NML¹, GAVA AD² E SALVINI TF²

¹ Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Centro Universitário do Triângulo, Uberlândia, MG - Brasil

² Unidade de Plasticidade Muscular, Laboratório de Neurociências, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP - Brasil

Correspondência para: Nuno Miguel Lopes de Oliveira, Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Centro Universitário do Triângulo, Av. Nicomedes Alves dos Santos, 4545, Bairro Gávea, CEP 38411-106, Uberlândia, MG – Brasil, e-mail: pnmlo@unitri.edu.br

Recebido: 13/04/2007 - Revisado: 02/07/2007 - Aceito: 30/07/2007

RESUMO

Introdução: Embora a crioterapia associada à compressão seja recomendada como tratamento imediato após lesão muscular, o efeito de sessões intermitentes desses procedimentos na área de lesão muscular secundária não é bem estabelecido. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da aplicação intermitente de crioterapia e compressão (três sessões de 30 min a cada 1h30min) na área de lesão do músculo *tibialis* anterior direito (TAD) do rato. **Metodologia:** A lesão muscular foi induzida por criolesão no TAD. Vinte e quatro ratos Wistar (340 ± 20 g) foram divididos em quatro grupos experimentais: a) O grupo Lesão + Crioterapia (L+C) recebeu tratamentos intermitentes de crioterapia e compressão; b) O grupo Lesão + Placebo (L+P) recebeu tratamento placebo; c) O grupo Lesão (L) não foi submetido a nenhum protocolo de tratamento; e d) o grupo Crioterapia (C) que permaneceu intacto e foi submetido a tratamentos de crioterapia e compressão. Os animais foram sacrificados 24h pós-lesão, sendo os músculos seccionados em criostato e os cortes histológicos corados com Azul de Toluidina para posterior mensuração da área muscular lesada (morfometria). A análise estatística constou da ANOVA e do teste Tukey ($p \leq 0,05$). **Resultados:** A morfometria aplicada 24 horas pós-lesão indicou redução significante da área de lesão muscular no grupo L+C ($35,87 \pm 4,9\%$) quando comparado aos grupos L+P ($46,4 \pm 3,9\%$; $p = 0,001$) e L ($46,5 \pm 4,1\%$; $p = 0,002$). **Conclusão:** Três sessões de crioterapia e compressão foram eficientes na prevenção do aumento da área de lesão, enquanto somente a compressão não apresentou a mesma efetividade.

Palavras-chave: crioterapia; compressão; lesão muscular; morfometria; *tibialis* anterior.

ABSTRACT

The effect of intermittent cryotherapy and compression on muscle injuries in rats: a morphometric analysis

Introduction: Although cryotherapy associated with compression has been recommended as an immediate treatment for muscle injuries, the effect of intermittent sessions of these procedures in the area of secondary muscle injuries has not been clearly established. **Objective:** To evaluate the effect of intermittently applying cryotherapy and compression (three 30-minute sessions at 90-minute intervals) on an injured area of the right *tibialis* anterior (RTA) muscle in rats. **Method:** An injury was induced in the RTA muscle by means of cryoinjury. Twenty-four Wistar rats (340 ± 20 g) were divided into four experimental groups: a) Injury + Cryotherapy (I+C), which received intermittent cryotherapy and compression; b) Injury + Placebo (I+P), which received placebo treatment; c) Injury (I), which did not undergo any treatment protocols; and d) Cryotherapy, which remained intact and underwent cryotherapy and compression treatment. The animals were sacrificed 24 hours after the injury, and the muscles were sectioned in a cryostat. The histological sections were stained with toluidine blue for subsequent measurement of the area of the muscle injury (morphometry). The statistical analysis consisted of the ANOVA and Tukey tests ($p \leq 0,05$). **Results:** The morphometric analysis 24 hours after the injury indicated that there had been a significant reduction in the area of the muscle injury in the I+C group ($35,87 \pm 4,9\%$), in comparison with the I+P group ($46,4 \pm 3,9\%$; $p = 0,001$) and the I group ($46,5 \pm 4,1\%$; $p = 0,002$). **Conclusion:** Three sessions of cryotherapy and compression were efficient in preventing an increase in the injured area, while compression alone did not achieve such effectiveness.

Key words: cryotherapy; compression; muscle injury; morphometry; *tibialis* anterior muscle.

INTRODUÇÃO

A crioterapia é um dos recursos mais baratos e amplamente recomendada no tratamento imediato de lesões musculares esqueléticas. O principal objetivo da utilização da crioterapia é o de minimizar seqüelas adversas que estão relacionadas ao processo de lesão (dor, edema, hemorragia, espasmo muscular) e, principalmente, reduzir a área de lesão secundária¹⁻³.

Segundo Knight¹, as respostas fisiológicas à lesão primária podem levar a uma lesão secundária por meio de mecanismos enzimáticos e hipóxicos que afetam as células da região periférica à lesão inicial. A lesão secundária ocasionada pela hipóxia pós-traumática deve-se a vários fatores, tais como hemorragia dos vasos lesados, hemostase, diminuição do fluxo sanguíneo por aumento da viscosidade do sangue e aumento da pressão extravascular. Além disso, o edema causado pela lesão da membrana celular pode ocluir pequenos vasos, aumentando ainda mais a área isquêmica⁴. A lesão secundária ocasionada por mecanismos enzimáticos deve-se à liberação de lisossomos de células mortas ou que estão morrendo⁵. Então nas primeiras horas após a lesão primária ocorrerá um aumento na área total lesada, a qual é consequência da lesão secundária.

A fisiopatologia das lesões dos tecidos moles é caracterizada por elevado metabolismo celular, hemorragia, hiperemia, edema e recrutamento de leucócitos⁶. Tais características justificam o uso do resfriamento local nos cuidados imediatos de lesões de tecidos moles, incluindo contusão muscular, entorses e luxações⁷.

Há vários procedimentos descritos para a aplicação da crioterapia (gel, spray, bolsas de gelo, imersão, etc.). Contudo, em clínicas, hospitais e na medicina esportiva, as bolsas de gelo são utilizadas mais freqüentemente⁸.

Alguns estudos sugerem que, em lesões musculoesqueléticas, durante a resposta inflamatória aguda, a perturbação dos capilares e a congestão devido a um edema diminuem a oxigenação de células saudáveis próximo ao tecido danificado, ou seja, a hipóxia leva à morte celular. No entanto, a crioterapia reduz a taxa metabólica dos tecidos em hipóxia, permitindo uma melhor sobrevivência nesse período, o que causa uma diminuição da área de lesão secundária^{3,9-11}.

Um estudo prévio mostrou um tratamento que consistia em aplicação de crioterapia por 5h ininterruptas após lesão por esmagamento e que foi efetivo em reduzir a área de lesão no tríceps sural de ratos¹⁰. No outro estudo, o tratamento consistia em 6h ininterruptas por trauma e foi efetivo em reduzir o prejuízo microcirculatório, a inflamação local e a necrose muscular¹². No entanto, não é comum a aplicação contínua de crioterapia em humanos em decorrência do risco de lesões por queimaduras na pele¹³. A aplicação intermitente de crioterapia como, por exemplo, 30 minutos de bolsa de gelo e 1 a 2 horas de intervalo, tem sido recomendada para uso após lesões musculares em humanos², embora seja raro

encontrar estudos relacionados à crioterapia intermitente em animais, analisando a área de lesão muscular por meio de estudos morfométricos³.

Dentro desse contexto, verifica-se que não existem relatos de estudos *in vivo* sobre o efeito da crioterapia intermitente nas primeiras horas pós-lesão, mostrando os efeitos imediatos em impedir a ocorrência de lesão secundária a longo prazo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de 3 sessões intermitentes de crioterapia e compressão muscular, aplicadas imediatamente após a lesão muscular na área de lesão secundária dos músculos de ratos.

METODOLOGIA

Animais de experimentação

Vinte e quatro ratos Wistar (340 ± 20 g) foram divididos em quatro gaiolas plásticas, sendo que foram mantidos seis animais por gaiola. Todos os animais possuíam livre acesso à água e à ração padrão peletizada e foram submetidos a condições ambientais de luminosidade controlada (ciclo claro e escuro de 12 horas) e temperatura ambiente. Este estudo foi conduzido de acordo com o Guia Internacional de Cuidados e Uso de Animais de Laboratório (NATIONAL RESEARCH COUNCIL)¹⁴ e teve o protocolo de estudo (004/03) aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Os animais foram inicialmente pesados (massa corporal inicial) e anestesiados por meio de injeção intraperitoneal de solução composta por Cloridrato de Xilazina (12mg/kg) e Cloridrato de Ketamina (95mg/kg) durante a indução de lesão muscular e aplicação dos protocolos de tratamentos. Após isso, eles foram sacrificados por uma overdose de anestésicos e novamente pesados (massa corporal final) para posterior remoção e pesagem dos músculos (massa muscular).

Protocolo de lesão muscular

A pele que recobre o músculo TAD foi tricotomizada e limpa, sendo, então, realizada uma incisão transversal (de 1 cm) na região correspondente ao ventre do músculo. Para a correta exposição do músculo, foi necessário, ainda, o afastamento da fáscia que o recobre.

A lesão tecidual foi induzida por congelamento (criolesão) na região central do ventre do músculo TAD, que é um procedimento comum utilizado para induzir lesão muscular¹⁵. Para isso, um bastão de ferro com 6 mm de largura e 30 mm de comprimento, previamente imerso em nitrogênio líquido, foi pressionado transversalmente contra o ventre do músculo por 10 segundos. Após novo resfriamento do bastão, esse procedimento foi repetido e, em seguida, a pele foi suturada (Fio Nylon 3-0 – Shalon LTDA) e asseada com álcool iodado.

Esse procedimento de lesão muscular foi previamente testado em nosso laboratório e escolhido por produzir uma

similar área de lesão muscular primária na região superficial do ventre dos músculos de ratos³.

Protocolo de crioterapia

Os animais foram colocados em gaiolas de contenção na posição horizontal, de modo que a pata direita ficasse fixa, por meio de fita crepe, a uma plataforma de madeira para a posterior aplicação de crioterapia. Na fixação da pata direita, tomou-se cuidado para que a mesma fosse mantida na posição horizontal, mantendo os metatarsos dos animais presos à plataforma de madeira.

A técnica de crioterapia consistiu na aplicação de gelo triturado em saco plástico (peso de 33 gramas), o qual era fixado com fita crepe diretamente sobre a pele da face anterior da pata direita do animal, cobrindo toda a região superficial do TA.

Cada aplicação de crioterapia teve duração de 30 minutos, e a primeira sessão sempre ocorreu imediatamente após a indução da lesão muscular. Foram realizadas três sessões de crioterapia a cada 1h30min. Todas as sessões foram realizadas com os animais anestesiados. É importante salientar que o saco de gelo e/ou placebo foi colocado em toda a pata do animal e fixado com fita crepe, gerando uma compressão na mesma.

O protocolo placebo consistiu na aplicação de saco plástico com areia, contendo o mesmo peso do saco de gelo, posicionado de modo similar ao descrito para crioterapia. Nesse caso, somente o efeito da compressão sobre o músculo foi avaliado.

Grupos experimentais

O ventre muscular dos TAD foram lesados em três grupos de animais (n= 18), e cada grupo foi submetido a um dos procedimentos seguintes: a) 3 sessões de crioterapia e compressão, como previamente descrito; b) 3 sessões de compressão e c) não tratados. Um dos grupos experimentais não foi lesado (n= 6), mas recebeu três sessões de crioterapia e compressão. Esse grupo foi incluído para avaliar possíveis lesões relacionadas ao esfriamento. É importante salientar que os procedimentos experimentais sempre ocorreram imediatamente após a lesão muscular.

Após o término das sessões de crioterapia e compressão, os animais foram colocados nas gaiolas plásticas e sacrificados 24h pós-lesão. Os músculos TAD e *tibialis* anterior esquerdo (TAE) de todos animais foram cuidadosamente dissecados, evitando lesões mecânicas e removidos. Após isso, eles foram cuidadosamente pesados individualmente (Denver Instruments Company, Model 100^A, USA) e congelados em isopentano, previamente congelados em nitrogênio líquido e colocados em freezer a -80 C (Forma Científica, USA).

Área de lesão muscular

Dos músculos *tibialis* anterior (TA) foram obtidos cortes histológicos transversais (10 μ m) seriados em criostato

(Microm hm 505E). Ao longo de toda a extensão do ventre muscular, foram obtidos dois cortes histológicos a cada 100 μ m.

Os cortes foram corados com Azul de Toluidina para posterior caracterização da morfologia geral do fragmento e identificação das áreas lesadas. Os sinais de lesão foram identificados por meio da observação, em microscópio de luz (Axiolab, Carl Zeiss, Alemanha), dos cortes histológicos. A área lesada caracterizou-se por fibras musculares hipercontraídas, grandes espaços entre as fibras, infiltração tecidual de células mononucleares e edema, conforme previamente descrito¹⁶⁻¹⁸.

De cada músculo TAD foi obtido um corte do ventre muscular de cada animal nos diferentes grupos experimentais e corado com Azul de Toluidina. Para tanto, utilizou-se um microscópio de luz e um software de morfometria (Axiovision 3.0.6 SP4, Carl Zeiss, Alemanha). Para isso, em cada corte, foram realizadas fotos dos campos para reconstruir a área total dos músculos, o que permitiu identificar e quantificar as áreas lesadas e não lesadas dos músculos dos diferentes grupos experimentais. Foi utilizado o procedimento duplo-cego para a escolha dos cortes dos músculos lesados a serem avaliados posteriormente.

Análise estatística

A análise estatística foi realizada por meio da aplicação do teste *t*-Student pareado (para comparação dos resultados obtidos na massa dos músculos TAD e tibial anterior esquerdo (TAE) dos mesmos animais) e dos testes ANOVA e Tukey (para comparação entre os músculos dos diferentes grupos), considerando um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Massa muscular

Na Tabela 1, comparando-se a massa dos músculos TAD lesados com a dos músculos TAE contralaterais intacts, observou-se, 24 horas após a indução da lesão, que o grupo lesado que recebeu o protocolo de crioterapia (L+C), o grupo lesado que recebeu o protocolo placebo (L+P) e o que foi apenas lesado (L) apresentaram aumento significante da massa muscular em relação ao contralateral ($0,7298 \pm 0,05$ g vs $0,6384 \pm 0,05$ g, $p=0,0003$; $0,6916 \pm 0,06$ g vs $0,6050 \pm 0,07$ g, $p=0,002$; $0,7451 \pm 0,11$ g vs $0,6512 \pm 0,08$ g, $p=0,001$, respectivamente, teste *t*-student pareado). No grupo (C), em que não foi induzida a lesão muscular e que somente recebeu o protocolo de crioterapia, não foi observada diferença na massa muscular em relação ao contralateral ($0,6497 \pm 0,05$ g vs $0,6574 \pm 0,05$, $p>0,05$).

Área de secção transversal do músculo TA

Na Tabela 2, os resultados mostraram que houve uma redução significativa na área lesada do grupo L+C quando comparados ao grupo L+P ($35,87 \pm 4,98\%$ vs $46,47 \pm 3,93\%$;

Tabela 1. Média da massa corporal e massa dos músculos TAD e TAE dos grupos de animais sacrificados 24h pós-lesão.

	Massa corporal	Massa corporal	Massa do TAD	Massa do TAE
	inicial (g)	final (g)	(g)	(g)
L+C	335 ± 16,11	323 ± 14,25	0,7298 ± 0,05 *	0,6384 ± 0,05
L+P	338 ± 52,19	328 ± 42,64	0,6916 ± 0,06 *	0,6050 ± 0,07
L	339 ± 33,52	338 ± 34,17	0,7451 ± 0,11 *	0,6512 ± 0,08
C	348 ± 36,04	341 ± 36,05	0,6497 ± 0,05	0,6574 ± 0,05

* p= 0,0003; p= 0,002; p= 0,001 (teste t-student pareado) quando comparado ao TAE contralateral. Resultados são média ± desvio-padrão (X ± SD).

Tabela 2. Área total de secção transversal do TAD, área total lesada e área intacta não lesada, avaliadas no ventre muscular.

	Área lesada		Área não lesada	
	(mm ²)	(%)	(mm ²)	(%)
L+C	20,55 ± 3,48	35,87 ± 4,98 *	36,54 ± 1,68	64,13 ± 4,98
L+P	24,04 ± 3,66	46,47 ± 3,93	27,69 ± 2,15	53,53 ± 3,93
L	26,70 ± 4,93	46,57 ± 4,17	30,47 ± 3,75	53,43 ± 4,17
C	-	-	40,20 ± 4,13	100 ± 0

* p= 0,001 e p= 0,002 (teste anova-tukey) quando comparada a porcentagem de área lesada com os grupos L+P e L, respectivamente; (-) ausência de lesão. Resultados são média ± desvio-padrão (X ± SD).

p= 0,001). Observou-se também que o grupo L+C, quando comparado com o grupo L, teve uma redução na área lesada (35,87 ± 4,98% vs 46,57 ± 4,17%; p= 0,002). A porcentagem de área lesada e de área normal, respectivamente, para o L+C (35% e 65%), L+P (46% e 54%) e L (46% e 54%) apresentaram esses valores aproximados.

Em relação ao grupo C, observou-se que somente a crioterapia intermitente não foi suficiente em produzir lesão no músculo *tibialis anterior*.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo mostraram que três sessões intermitentes de crioterapia associadas à compressão muscular e aplicadas imediatamente após a lesão muscular primária (criolesão) foram efetivas em reduzir a área de lesão secundária, embora não efetivas em evitar o ganho do peso muscular. Contrariamente, no grupo que se submeteu somente a sessões de compressão muscular, não se evitou um aumento significante na área de lesão muscular secundária, a qual foi similar ao grupo somente lesado com ausência de tratamento.

Conforme um estudo realizado anteriormente no nosso laboratório³, nas mesmas condições experimentais, com os grupos L+C, L+P e L, sacrificados 4h30min pós-lesão muscular, notou-se que o grupo L+C apresentou menor porcentagem de área de lesão do TAD (29,8 ± 6,6%) quando comparado aos grupos L+P (39,2 ± 2,8; p= 0,003) e

L (41,7 ± 4,0; p= 0,0009). Notou-se, portanto, que a crioterapia foi mais eficiente em reduzir ou prevenir a área lesada do que somente a compressão do grupo placebo, sendo que esta não exerceu efeito sobre a área lesada, mantendo valores similares aos do grupo L.

É importante salientar que a área lesada dos grupos 24h aumentou em aproximadamente 6% em relação à dos grupos 4h30min. Esse fato demonstra que, apesar de ter sido realizado tratamento de crioterapia em três sessões imediatamente após a criolesão, isso não foi suficiente para inibir completamente o aumento da área lesada. Ainda assim, notou-se que, em relação aos grupos 24h, o grupo L+C apresentou menor porcentagem de área lesada (35,8 ± 4,9) do que os grupos L+P (46,4 ± 3,9; p= 0,001) e L (46,5 ± 4,1; p= 0,002), sendo que, entre esses dois últimos, a compressão do grupo placebo não conseguiu limitar a extensão de área lesada em relação ao grupo L.

Apesar de ter sido observado que o grupo L+C apresentou maior efetividade em reduzir ou prevenir a lesão secundária, não se sabe se essa prevenção ocorreu em relação às células não inicialmente lesadas pela criolesão ou se essa efetividade seria explicada pelo atraso da morte das células que estavam primariamente lesadas, mas não inicialmente destruídas.

Alguns estudos que investigaram a ação que a crioterapia poderia ter sobre as lesões musculares demonstraram que a diminuição de temperatura tecidual leva a uma consequente

diminuição do metabolismo e da demanda de oxigênio celular, evitando, assim, a isquemia tecidual durante a redução da perfusão capilar e, consequentemente, minimizando a lesão secundária^{1,11,12}.

A partir dos dados obtidos neste estudo, pode-se sugerir que o uso do saco de gelo em músculos lesados induziram uma resposta fisiológica que retardou a lesão muscular, suportando, portanto, o uso da crioterapia na lesão muscular aguda. A aplicação intermitente de três sessões de crioterapia associadas à compressão (30 minutos), quando utilizada durante as primeiras horas de lesão (4h30min), difere da maioria dos protocolos clínicos humanos¹, os quais relatam o uso intermitente durante as 72 horas iniciais.

Além disso, embora alguns estudos tenham relatado que a compressão limita a formação de edema por meio da redução mecânica do fluxo sanguíneo local¹⁹, o tratamento apenas com a modalidade de compressão, realizado neste estudo sob as mesmas condições de experimento, não apresentou efeito similar ao da crioterapia.

Em relação à massa corporal inicial e final dos animais durante as 24h de experimentação foi observada uma diminuição da massa corporal que pode estar associada a diferentes fatores, tais como diminuição da ingestão de ração, anestesia, imobilização e dor.

Os diferentes grupos experimentais avaliados, com exceção do grupo L, tiveram intervenção de crioterapia e compressão. De acordo com Merrick et al.¹⁰, a associação da crioterapia à compressão retarda a lesão secundária, sendo que a crioterapia atua em nível tecidual no tratamento de lesões musculoesqueléticas. Esses dados estão de acordo com os resultados encontrados nos grupos 4h30min, em que os grupos L+C e L+P apresentaram valores de peso muscular similares entre o TAD e TAE³. Contudo, nos grupos 24h, observou-se um aumento significativo do peso em todos os músculos previamente lesados (L+C, L+P e L), indicando que a área lesada e/ou a inflamação aumentou no decorrer do tempo, independentemente do recurso terapêutico (crioterapia ou compressão) utilizado. Dessa forma, é possível sugerir que as vantagens observadas nos grupos 4h30min são reduzidas algumas horas depois, demonstrando, assim, que três sessões de crioterapia não são suficientes para manter os benefícios da hipotermia por um longo período.

A significativa alteração observada entre a massa dos músculos TAD e TAE dos grupos lesados sugere presença de processo inflamatório no TAD. Esse mecanismo lesivo provavelmente resultou no aumento do peso muscular, conforme previamente reportado por Jarvinen²⁰ e Crisco et al.²¹.

A literatura apresenta divergências tanto em relação ao peso dos músculos após a lesão quanto aos mecanismos relacionados a esse processo. Crisco et al.²¹ e Salvini et al.¹⁸ relataram que o aumento de peso, logo após a lesão no músculo de rato, ocorreu, provavelmente, devido às fases iniciais do processo inflamatório, observado na análise

histológica do músculo. Previamente, Jarvinen²⁰ demonstrou que o aumento do peso nesse mesmo músculo ocorreu somente nos dois primeiros dias após a lesão, sendo que após esse período houve uma diminuição do peso. Fisher et al.⁴, por sua vez, no seu estudo relacionado a um impacto (trauma) único, não encontraram qualquer aumento do peso do músculo gastrocnêmio em 48h pós-lesão, sugerindo uma depleção protéica muscular pós-trauma que mascararia o possível aumento de peso causado pelo edema e hemorragia. Embora o mecanismo lesivo, as adaptações que se seguem a isso e os músculos analisados sejam distintos, tais explicações poderiam também ser aplicáveis aos resultados do presente estudo.

Em relação ao peso dos músculos dos grupos 24h, observou-se um aumento do peso do TAD em relação ao TAE nos grupos L+C, L+P e L, indicando que as três sessões de crioterapia realizadas imediatamente após a lesão não foram suficientes para bloquear o processo inflamatório nos períodos subseqüentes.

A vasoconstrição induzida pela crioterapia é considerada o principal mecanismo pelo qual o edema e a hemorragia são reduzidos após o trauma^{22,23}. Muitos pesquisadores afirmam que a aplicação do frio diminui o fluxo sanguíneo, reduzindo a quantidade de hemorragia no interior do tecido traumatizado. Outros estudos, no entanto, sugerem que os efeitos benéficos consequentes da crioterapia utilizada em lesões agudas devem-se mais à diminuição do metabolismo do que às alterações circulatórias²⁴.

O principal objetivo da crioterapia na fase aguda é o de prevenir a instalação do edema e da hipoxia secundária, visto que os danos da lesão primária provocados pelo trauma não podem ser alterados²⁵.

Recentemente, uma pesquisa por meio da imagem de ressonância magnética mostrou que o esfriamento atenuou a elevação da perfusão e preveniu a formação de edema no musculoesquelético quando utilizado imediatamente após o exercício²⁶. Eston e Peters²⁷ também descreveram que a imersão em água fria diminui a quantia de lesão muscular pós-exercício excêntrico extenuante em humanos.

Estudos recentes sobre a dinâmica microcirculatória após a contusão e aplicação imediata de crioterapia sugerem que a crioterapia não atua alterando o diâmetro arteriolar, mas, sim, aumentando o diâmetro venular. Isso explicaria o aumento observado na reabsorção do edema, bem como na redução leucócito/endotelial^{28,29}.

Estudos prévios examinaram o efeito do esfriamento tecidual local na indução de contusão muscular em ratos no comportamento dos leucócitos e na hemodinâmica micro-vascular usando microscopia em tempo real, sugerindo que o esfriamento tecidual local, similar a crioterapia, diminui a reação inflamatória e edema sem inibir o fluxo de sangue durante a contusão³⁰. Foi também reportado que a crioterapia reduz a permeabilidade micro-vascular pela redução do número de leucócitos e essa associação sugere redução no

edema de músculos lesados seguidos de crioterapia pelo fato de ocorrer redução na interação leucócito-endotélio²³.

O presente estudo provê uma nova informação sobre o efeito de pequenos números de sessões de crioterapia e compressão utilizados imediatamente após a lesão muscular, o que é de interesse para a reabilitação e atividades de esporte. Estudos complementares serão necessários para avaliar os músculos lesados em diferentes períodos após os protocolos de tratamentos usados aqui.

Em conclusão, três sessões intermitentes de crioterapia (30 minutos a cada 1h30min) aplicadas imediatamente após a indução da lesão muscular e avaliadas 24h pós-lesão foram efetivas em reduzir a área de lesão muscular secundária; e somente a compressão muscular intermitente não apresentou a mesma efetividade em prevenir o aumento na área de lesão secundária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Knight KL. Crioterapia no tratamento das lesões esportivas. São Paulo: Manole; 2000.
2. Jarvinen TA, Jarvinen TLN, Kaariainen M, Kalimo H, Jarvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *The Am J Sports Med.* 2005;33(5):745-64.
3. Oliveira NML, Rainero EP, Salvini TF. Three intermittent sessions of cryotherapy reduce the secondary muscle injury in skeletal muscle of rat. *Journal Sports Science & Medicine* 2006;5:228-34.
4. Fisher BD, Baracos VE, Shnitka TK, Mendryk SW, Reid DC. Ultrastructural events following acute muscle trauma. *Med Sci Sports Exerc.* 1990;22(2):185-93.
5. Farges MC, Balcerzak D, Fischer BD, Attaix D, Béchet D, Ferrara M, et al. Increased muscle proteolysis after local trauma mainly reflects macrophage associated lysosomal proteolysis. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2002;282(2):E326-31.
6. Olson JE, Stravino VD. A review of cryotherapy. *Phys Ther.* 1972;53:840-53.
7. Shelbourne KD, Wilckens JH. Current concepts in anterior cruciate ligament rehabilitation. *Orthop Ver.* 1990;19(11): 957-64.
8. Enwemeka CS, Allen C, Avila P, Bina J, Konrade J, Munnn S. Soft tissue thermodynamics before, during, and after cold pack therapy. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(1):45-50.
9. Knight KL, Bryan KS, Halvorsen JM. Circulatory changes in the forearm in 1, 5, 10 and 15° C water. *Int J Sports Med.* 1981;4:281.
10. Merrick MA, Rankin JM, Andress FA, Hinman CL. A preliminary examination of cryotherapy and secondary injury in skeletal muscle. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31:1516-21.
11. Merrick MA. Secondary injury after musculoskeletal trauma: a review and update. *J Athl Train.* 2002;37(2):209-17.
12. Schaser KD, Disch AC, Stover JF, Lauffer A, Bail HJ, Mittlmeier T. Prolonged superficial local cryotherapy attenuates microcirculatory impairment, regional inflammation, and muscle necrosis after closed soft tissue injury in rats. *Am J Sports Med.* 2007;35(1):93-102.
13. Ilic S, Cernak I, Skaro-Milic A, Spasic P, Savic J, Milosavljevic I. Experimental study of the pathogenesis of frostbite. Part III. Significance of energy status os muscle tissue in the pathogenesis of frostbite. *Vojnosanit Pregl.* 1999;56(4):358-68.
14. National Research Council. Guide for the care and use of laboratory animals. Washington (DC): National Academy Press; 1996.
15. Miyabara EH, Martin JL, Giffin TM, Moriscot AS, Mestril R. Overexpression of inducible 70-kDa heat shock protein in mouse attenuates skeletal muscle damage induced by cryolesioning. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2006;290(4): C1128-38.
16. Morini CC, Pereira EC, Selistre de Araujo HS, Ownby CL, Salvini TF. Injury and recovery of fast and slow skeletal muscle fibers affected by ACL myotoxin isolated from *Agkistrodon contortrix laticinctus* (Broad-Banded Copperhead) venom. *Toxicon.* 1998;36(7):1007-24.
17. Minamoto VB, Graziano CR, Salvini TF. Effect of single and periodic contusion on the rat soleus muscle at different stages of regeneration. *Anat Rec.* 1999;254(2):281-7.
18. Salvini TF, Belluzzo SS, Selistre de Araujo HS, Souza DHS. Regeneration and change of muscle fiber types after injury induced by a hemorrhagic fraction isolated from *Agkistrodon contortrix laticinctus* venom. *Toxicon.* 2001;39:641-9.
19. Hedges JR, Anwar RAH. Management of ankle sprains. *Ann Emerg Med.* 1980;9:298-302.
20. Jarvinen M. Healing of a crush injury in rat striated muscle. *Acta Chir Scand.* 1976;142:47-56.
21. Crisco JJ, Jokl P, Heinen GT, Connell MD, Panjabi MM. A muscle contusion injury model - Biomechanics, physiology and histology. *Am J Sports Med.* 1994;22(5):702-10.
22. Curl WW, Smith BP, Marr A, Rosencrance E, Holden M, Smith TL. The effects of contusion and cryotherapy on skeletal muscle microcirculation. *J Sports Med Phys Fitness.* 1997;37(4):179-86.
23. Deal DN, Tipton J, Rosencrance E, Curl WW, Smith TL. Ice reduce edema. A study of microvascular permeability in rats. *J Bone Joint Surg.* 2002;84:1573-8.
24. Knight KL. Cryotherapy: theory, technique and physiology. Indiana: Chattonooga; 1985.
25. Iserhard AL, Weissheimer KV. Crioterapia: por que sua aplicação na fase aguda. *Fisioter Mov.* 1993;6(1):92-9.
26. Yanagisawa O, Kudo H, Takahashi N, Yoshioka H. The use of magnetic resonance imaging to evaluate the effects of cooling on skeletal muscle after strenuous exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2004;89(1):53-62.

27. Eston R, Peters D. Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise induced muscle damage. *J Sports Sci.* 1999;17:231-8.
28. Menth-Chiari WA, Curl WW, Paterson-Smith B, Smith TL. Microcirculation of striated muscle in closed soft tissue injury: effect on tissue perfusion, inflammatory cellular response and mechanisms of cryotherapy. A study in rat by means of laser doppler flow measurements and intravital microscopy. *Unfallchirurg.* 1999;102(9):691-9.
29. Schaser KD, Stover JF, Melcher I, Lauffer A, Haas NP, Hermann J. Local cooling restores microcirculatory hemodynamics after closed soft-tissue trauma in rats. *J Trauma.* 2006;61(3):642-9.
30. Lee H, Natsui H, Akimoto T, Yanagi K, Ohshima N, Kono I. Effects of cryotherapy after contusion using real time intravital microscopy. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(7):1093-8.