



Comparação entre crioterapia por imersão e recuperação passiva: efeitos agudos pós-esforço sobre parâmetros eletromiográficos e dinamométricos

Comparison between cold-water immersion and passive recovery: post-exercise effects on electromyographic and force parameters

Fernando Sérgio Silva Barbosa¹, Silvio Assis de Oliveira Júnior^{*1}

<http://www.seer.ufms.br/index.php/pecibes/index>

¹Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

*Autor correspondente: Silvio Assis de Oliveira Júnior, Instituição – UFMS. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul E-mail: oliveirajr.ufms@gmail.com

Resumo

O objetivo do estudo foi comparar os efeitos da crioterapia por imersão (CI) e da recuperação passiva (RP) após protocolo de indução à fadiga muscular. A força isométrica máxima (FIM) de dois voluntários do sexo masculino foi determinada e em seguida foram submetidos a um teste de exaustão submáximo dos extensores do joelho em intensidade de 80% da FIM. Após a exaustão, um voluntário manteve-se em recuperação passiva (RP) e o outro foi submetido a CI (5 °C; 5 minutos). A fadiga e a recuperação muscular foram avaliadas pelo comportamento da FIM e de parâmetros eletromiográficos (EMG) obtidos antes e após a exaustão, e após os períodos de recuperação. A força muscular demonstrou ser recuperada em ambos os voluntários de modo similar. Por outro lado, analisando os parâmetros EMG, a CI demonstrou promover recuperação superior à RP.

Palavras-chave:
Eletromiografia; Fadiga Muscular; Exercício.

Abstract

The purpose of this study was to compare the effects of the cold-water immersion and passive recovery (PR) after a protocol of muscle fatigue induction. The maximal isometric force (MIF) of two male volunteers was recorded, and then they performed a submaximal exhaustion test of the knee's extensors muscles at 80% of MIF. After the exhaustion test, the volunteers remained in PR or CWI (5 °C; 5 minutes). The muscle fatigue and recovery were assessed by means of the behavior of force and electromyographic (EMG) parameters, recorded before and after exhaustion and after recovery. The recovery of muscle force was similar in both volunteers. On the other hand, the recovery after CWI was greater than PR.

Key-words: Electromyography; Muscle Fatigue; Exercise.

1. Introdução

A recuperação pós-esforço (RPE) (Lima-Silva et al., 2010), também denominada de pós-exercício (Pastre et al., 2009), consiste em restaurar as condições basais dos sistemas corporais após circunstâncias de solicitação física induzida pelo exercício, determinando a homeostase (Tomlin e Wenger, 2001).

Essa recuperação faz com que a prática de exercícios físicos se torne mais segura, visto que a restauração dessas condições é capaz de proporcionar equilíbrio na função muscular e, deste modo, prevenir a instalação de lesões resultantes de estresse físico e fisiológico por recuperação inadequada. Ao mesmo tempo, a RPE torna o músculo novamente apto a novos esforços, evitando o comprometimento no desempenho dos mesmos durante treinamentos e competições (Pastre et al., 2009; Bahnert et al., 2013).

O número de intervenções existentes para estimular a RPE é elevado, variando tanto de métodos nos quais há apenas a necessidade de manutenção do repouso, denominado de recuperação passiva (RP) (Pournot et al., 2011; Wahl et al., 2013), até a realização de exercícios mais leves, em intensidade controlada e compatível com a recuperação, método denominado de recuperação ativa (RA) (Bahnert et al., 2013; Wahl et al., 2013). Há ainda, a possibilidade do uso de recursos, os quais podem variar quanto à complexidade de sua aplicação e custo. Entre esses recursos, está a crioterapia, definida como qualquer forma de aplicação de substâncias que levem ao resfriamento dos tecidos para fins terapêuticos (Knight, 1995; Diniz, 2001).

Dentre as formas de uso desse recurso, a crioterapia por imersão (CI), embora nos últimos anos tenha se popularizado, as pesquisas científicas têm evidenciado grande variabilidade nos resultados obtidos a partir deste método, tanto no que diz respeito a sua eficácia quanto em relação aos seus benefícios serem superiores aos de outras formas de recuperação. Dentro desse contexto, em grande parte, a lacuna ainda existente na literatura para esse tema se deve à grande variabilidade de protocolos, seja no tocante às temperaturas, aos tempos de imersão ou formas de indução à exaustão para posterior avaliação da recuperação do músculo esquelético (Leal Junior et al., 2011; Pournot et al., 2011; Bahnert et al., 2013).

Nesse sentido, o presente artigo apresenta os resultados preliminares, na forma de estudo caso, de uma pesquisa que se encontra em fase de execução e que compara os efeitos de diferentes temperaturas e tempos de imersão na recuperação de músculos extensores do joelho. Nesse momento, é apresentada a comparação entre a CI e a RP após protocolo de indução à fadiga muscular.

2. Casuística e Métodos

2.1. Tipo de Estudo e Voluntários

Este estudo foi do tipo transversal com amostragem probabilística obtida por meio de técnica do tipo casual simples. Participaram da pesquisa voluntários saudáveis e de antropometria semelhante.

Os critérios de inclusão foram: 1) sexo masculino e 2) idade variando entre 18 e 35 anos. Por outro lado, os critérios de exclusão foram: 1) presença de lesão

musculoesquelética no membro inferior dominante nos últimos dois meses (Leal Junior et al., 2011), 2) doença de Raynaud, 3) alergias ao frio (Hernandez, 2010) e 4) atividade laboral que exija nível de esforço em intensidade que impossibilite que o voluntário no momento de participação da pesquisa esteja em condição muscular de homeostase.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa local sob o parecer de número 1.151.455.

2.2. Procedimentos de Familiarização, Testes de Força Máxima e de Exaustão

Após verificação dos critérios de inclusão e exclusão, os voluntários foram avaliados por meio de uma ficha especificamente desenvolvida para a pesquisa, na qual foram registradas informações demográficas e antropométricas (massa corporal e altura), da anamnese e do exame físico realizados.

Em seguida, foram realizados procedimentos de familiarização com os equipamentos e testes que seriam utilizados.

Em outro dia, com um intervalo mínimo de 24 horas e máximo de 7 dias, em ambiente climatizado com temperatura de 16 °C, foi determinada a força isométrica máxima (FIM) de cada voluntário por meio de um teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM). Isso foi realizado em uma cadeira de teste na qual os voluntários foram posicionados sentados com o tronco ereto e com o quadril e o joelho mantidos em flexão de 90°. Uma célula de carga foi acoplada em uma extremidade à parte distal da perna em uma extremidade e a cadeira de teste na outra. Cintos de estabilização foram posicionados de modo a fixar o tronco ao encosto e a pelve sobre o assento.

O teste consistiu na execução de três CIVM com duração de 3 segundos e intervalo de 5 minutos entre elas (Bouillard et al., 2014). A FIM foi definida como a média dos valores obtidos dos três esforços.

Após 5 minutos de intervalo, na mesma postura e utilizando os mesmos equipamentos, os voluntários foram submetidos a um teste de exaustão em intensidade correspondente a 80% da FIM. A exaustão foi definida como a incapacidade de manutenção no nível de esforço necessário ou sua variação maior do que 5% por mais do que 5 minutos (Bouillard et al., 2014). O tempo de exaustão foi registrado.

Durante esse teste, a atividade eletromiográfica (EMG) do músculo *rectus femoris* (RF) foi registrada. Para isso, foi utilizado um eletromiógrafo de 4 canais da marca Miotec® (Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda) calibrado com ganho de 100, filtro passa-alta de 10 Hz, filtro passa-baixa de 500 Hz e frequência de amostragem de 2000 Hz. A esse eletromiógrafo foram conectados sensores e eletrodos da superfície da Ag/AgCl (Medi Trace, Kendal) posicionados conforme recomendação internacional da *Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles* (SENIAM, 2013).

Os testes de CIVM e de exaustão foram realizados pelo membro inferior dominante, determinado conforme proposta de Tanaka et al. (1996) e Winter (2009).

2.3. Identificação da Fadiga e Recuperação Muscular e Análise dos Dados

A fadiga e a recuperação muscular foram determinadas utilizando parâmetros dinamométricos (força muscular) e EMG (*root mean square* [RMS] e frequência mediana [FM]).

Isso foi possível, pois 15 e 30 minutos após o teste de exaustão, uma nova CIVM foi realizada. Após cada CIVM, um esforço submáximo na mesma intensidade do teste de exaustão, porém com duração de 10 segundos.

No caso da força muscular, a redução dos valores obtidos imediatamente após o teste de exaustão em relação aos valores iniciais foi utilizada para identificação da fadiga. A comparação entre os valores obtidos 15 e 30 minutos após o teste de exaustão com os valores iniciais permitiu identificar a recuperação muscular no caso do retorno destes valores a níveis próximos dos iniciais (Barbosa e Gonçalves, 2005).

No caso da atividade EMG, a identificação de retas com inclinação positiva resultantes da regressão linear de valores de RMS em função do tempo ou com inclinação negativa no caso da FM em função do tempo foram os critérios que caracterizaram a ocorrência da fadiga muscular (Barbosa e Gonçalves, 2007).

Para a avaliação da recuperação muscular, novas retas foram obtidas a partir das contrações submáximas (10 segundos) realizadas 15 minutos após o teste de exaustão.

A comparação entre os efeitos da CI e do repouso sobre a recuperação do músculo avaliado foi possível, pois os dois voluntários foram separados em duas condições distintas de recuperação: a) CI com temperatura de 5 °C e com os membros inferiores mantidos imersos por 5 minutos e b) RP com o voluntário mantido em posição sentada.

Análise de dados contemplou a realização de estatística descritiva e de regressões lineares, ambas realizadas com o programa BioEstat 5.0 (Manuel Ayres).

3. Resultados

A idade média e desvio padrão dos voluntário foi $28,00 \pm 7,07$ anos. As características antropométricas foram: altura $178,50 \pm 0,70$ cm e massa corporal $101,00 \pm 32,52$ kg.

A FIM, média das três repetições e desvio padrão, do voluntário 1 foi $65,09 \pm 0,70$ kgf e do voluntário 2 $43,30 \pm 1,31$ kgf.

Os tempos de exaustão foram de 34 e 10 segundos para os voluntários 1 e 2, respectivamente.

O comportamento da FIM ao longo do tempo (Figura 1) demonstrou o padrão esperado de redução do nível de força após o teste de exaustão (FIM-2 *versus* FIM-1) com posterior recuperação deste parâmetro (FIM-3 e FIM-4 *versus* FIM-1) para ambas as situações (repouso e crioterapia).

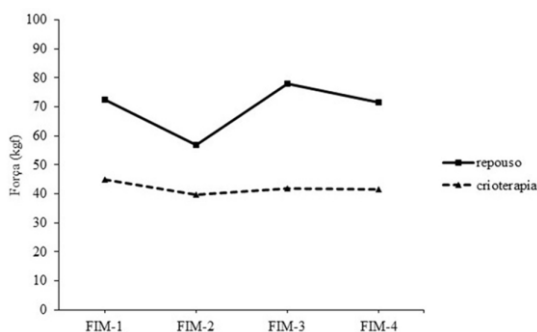


Figura 1 - Força isométrica máxima (FIM): Comportamento da FIM antes do teste de exaustão (FIM-1), imediatamente após (FIM-2), 15 minutos (FIM-3) e 30 minutos após o teste de exaustão (FIM-4)

Ao analisar parâmetros EMG do músculo RF, a comparação entre os coeficientes de regressão resultantes da análise dos valores de RMS e FM em função das coletas dessas variáveis ao longo do tempo de contração demonstrou melhores níveis de recuperação para o voluntário submetido a CI quando comparado com o voluntário mantido apenas em repouso (Figuras 2 e 3).

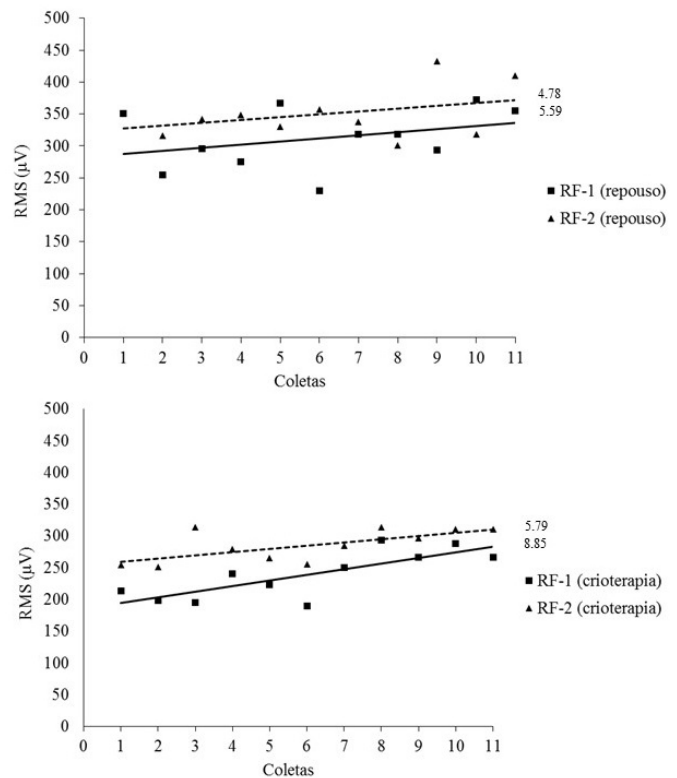


Figura 2 - RMS *versus* tempo: Regressão linear dos valores de RMS do músculo RF em função de coletas obtidas sucessivamente ao longo do tempo do teste de exaustão (RF-1) e do teste de 10 segundos (RF-2) realizados respectivamente antes e após 15 minutos da recuperação induzida por repouso e crioterapia

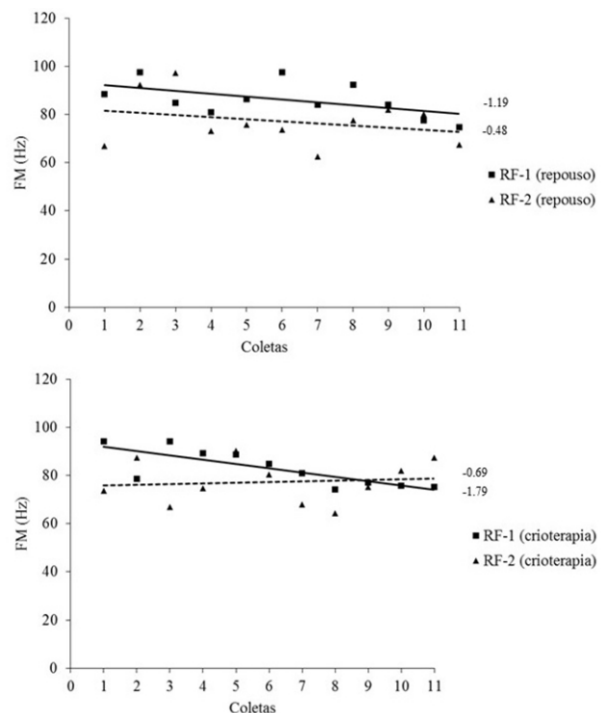


Figura 3 - FM *versus* tempo: Regressão linear dos valores de FM do músculo RF em função de coletas obtidas sucessivamente ao longo do tempo do teste de exaustão (RF-1) e do teste de 10 segundos (RF-2) realizados respectivamente antes e após 15 minutos de recuperação induzida por repouso e crioterapia

4. Discussão

Para o estudo da fadiga muscular, parâmetros denominados de mecânicos como a força muscular são com frequência utilizados (Pournot et al., 2011; Bouillard et al., 2014). Contudo, alguns autores têm considerado esse parâmetro como um índice de baixa confiabilidade para a predição desse tipo de fadiga (Barbosa e Gonçalves, 2005), por ser passível de manipulação em função de aspectos subjetivos como motivação e concentração.

Por outro lado, assim como no presente estudo, recentemente Bouillard et al. (2014), em postura similar a utilizada no presente experimento, submetem 16 voluntários a 2 sessões experimentais compostas inicialmente de 6 esforços em extensão isométrica do joelho em intensidade correspondente a 20% da CIVM, com duração de 10 segundos cada e intervalo de 30 segundos entre as contrações. Em seguida, uma única contração submáxima de mesma intensidade era sustentada até a exaustão. A comparação dos valores de força máxima obtidos antes e após o protocolo de exaustão revelou redução significativa deste parâmetro após a exaustão.

Em nosso estudo, o modelo proposto de indução à fadiga do músculo RF demonstrou ser adequado quando avaliado tanto esse parâmetro de força quanto a atividade EMG, esta última por meio do comportamento de inclinação das retas resultantes da regressão dos valores de RMS e FM em função do tempo de contração durante o teste de exaustão. No último caso, a elevação da atividade EMG (RMS) e o declínio dos seus componentes de frequência (FM) representam índices clássicos para a identificação da fadiga muscular (De Vries, 1968), que ao longo do tempo foram obtidos a partir de diferentes protocolos de indução à exaustão e de grupos musculares pertencentes a diferentes segmentos corporais (Barbosa e Gonçalves, 2007; Stirn et al., 2011), alguns experimentos inclusive similares ao proposto neste trabalho (Petrofsky e Laymon, 2005; Gonçalves e Silva, 2007).

Nesse momento, após a compreensão do comportamento da fadiga muscular sob diferentes condições experimentais, o foco das investigações tem se voltado para as intervenções destinadas ao entendimento de sua recuperação por meio de diferentes intervenções e recursos. No presente estudo, ao se analisar o comportamento da força muscular de ambos os voluntários no contexto da recuperação aguda dos músculos avaliados, após 15 minutos os valores de força retornaram aos valores iniciais, isto é, antes da exaustão, em ambos os voluntários. Contudo, no voluntário mantido apenas em repouso, este parâmetro retornou a um valor ainda maior que o obtido antes da exaustão, aproximando-se deste último somente após 30 minutos da exaustão. No caso do voluntário submetido a CI os valores de força obtidos 15 e 30 minutos após este procedimento foram similares e próximos ao valor inicial. Esse resultado indica a necessidade de revisão dos procedimentos de familiarização com o experimento realizado com os voluntários ou encorajamento verbal adotado durante os testes.

Pournot et al. (2011) avaliando os mesmos músculos demonstraram em um grupo submetido a CI o retorno dos valores de força aos níveis iniciais apenas após 1 hora do teste de exaustão. Contudo, naquele estudo, a temperatura utilizada para a água foi de 10 °C com os voluntários sendo

mantidos com os membros inferiores imersos por 15 minutos.

Na presente pesquisa os voluntários foram mantidos por 5' imersos em água com temperatura de 5 °C. Embora utilizando protocolos distintos, em ambos os estudos os voluntários foram induzidos à exaustão em níveis de exercício em intensidade correspondente ao predomínio do metabolismo anaeróbico, tornando possível a comparação.

Ao analisar a fadiga muscular e sua recuperação sob o ponto de vista de parâmetros considerados fisiológicos, neste caso obtidos a partir da eletromiografia de superfície (RMS e FM), percebe-se inicialmente que ambos os voluntários demonstram alterações dessas variáveis compatíveis com o que tem sido descrito como indicativo de fadiga muscular, elevação dos valores de RMS (Oliveira e Gonçalves, 2008) e redução dos valores de FM em função do tempo de contração (Stirn et al., 2011).

Essas alterações têm sido justificadas, no caso da variável RMS, pela contínua alteração na amplitude do sinal EMG (Bigland-Ritchie et al., 1981) em resposta ao processo de recrutamento de unidades motoras, o qual envolve a progressiva participação de unidades motoras de fadiga rápida, as quais são compostas por neurônios motores de maior calibre (Winter, 2) e, conseqüentemente, responsáveis por potenciais de ação de maior amplitude. Acrescenta-se ainda, que pelo nível de esforço requerido no protocolo utilizado, 80% da CIVM, reforça à necessidade de recrutamento de fibras musculares do tipo II, contribuindo com este processo.

No caso da FM, a taxa de declínio desta variável é a metodologia mais frequentemente utilizada na identificação da fadiga muscular (Sparto et al., 1997; Stirn et al., 2011). Seu uso está fundamentado no fato de que em situação de fadiga ocorre uma diminuição dos componentes da alta frequência e um aumento dos componentes da baixa frequência pelo processo de sincronização dos disparos das diferentes unidades motoras envolvidas e também pela diminuição da velocidade de condução do potencial ao longo da fibra muscular pelo acúmulo de metabólitos (Gonçalves, 2000; Lattier et al., 2004).

O segundo ponto, é que ao se comparar os comportamentos tanto dos valores de RMS quanto de FM obtidos do teste de exaustão e do teste de 10 segundos realizado após o período de recuperação, verifica-se por meio dos coeficientes de inclinação das retas resultantes da regressão linear destas variáveis, que a CI induziu um nível de recuperação superior ao repouso. Mais uma vez, o fator temperatura da água utilizada (5 °C) em nosso estudo, sugere ser o fator responsável pela diferença encontrada nos parâmetros EMG de recuperação muscular.

Corroborando com esses resultados, em sua pesquisa Yanagisawa et al. (2003) investigaram os efeitos de 15 minutos de CI a 5 °C e observaram valores de pH mais altos do que de voluntários mantidos em repouso (7.2 *versus* 7.0) após exercício fadigante. Nesse sentido, os efeitos da acidose muscular sobre desenvolvimento da fadiga periférica são conhecidos (Gregson et al., 2013), comprometendo a capacidade de gerar força. Isso indica que a CI sugere desse modo promover a recuperação aguda pós-esforço entre outras formas, por meio do controle do metabolismo muscular.

O predomínio de estudos demonstrando a superioridade da CI em relação a outros métodos na

recuperação muscular se deve a sua atuação de modo sistêmico com seus efeitos positivos se diferenciando conforme o órgão ou sistema sobre o qual atua e aspectos considerados, conforme descrito a seguir: 1) metabolismo tecidual: redução da demanda de energia por meio da redução do estresse metabólico da fibra muscular (Hom et al., 2004; White e Wells, 2013); 2) fluxo sanguíneo: vasoconstrição reflexa (Peiffer et al., 2009) responsável pela redução da influência de componentes inflamatórios responsáveis por dano à fibra muscular e edema (Pournot et al., 2011); 3) desvio de fluxo sanguíneo e edema: em associação com o efeito descrito anteriormente, a CI demonstrou em vários estudos reduzir o fluxo sanguíneo para fibras musculares sob condição de estresse induzido pelo exercício, reduzindo o potencial existente para instalação de edema nas mesmas, esse aspecto é ainda reforçado pela pressão hidrostática exercida pela água na qual o segmento encontra-se imerso (Peiffer et al., 2009; White e Wells, 2013); 4) efeitos neuromusculares: a redução da temperatura do segmento em imersão atua também sobre o sistema nervoso, reduzindo a velocidade de condução neural (Coulange et al., 2006) e consequentemente o espasmo muscular e dor muscular tardia em resposta ao exercício (Goodall e Howatson, 2008); 5) efeitos cardiovasculares: a imersão em água gelada tanto parcial (membros inferiores) quanto total (até o pescoço) têm demonstrado alterar a atividade cardíaca, restaurar o volume sanguíneo em vasos centrais antes desviado para os segmentos sob estresse induzido pelo exercício e aumentar a pré-carga cardíaca (Peiffer et al., 2009; Herrera et al., 2010); 6) efeitos endócrinos: o exercício e o resfriamento são considerados agentes estressores para o corpo, os efeitos do repouso e da CI sobre a alteração dos hormônios circulantes e a recuperação muscular ainda são pouco estudados e seus efeitos sobre o desempenho ainda precisam ser conhecidos. Esses hormônios modulam, por exemplo, o fluxo sanguíneo, a frequência cardíaca e respiratória, podendo deste modo serem relevantes durante a recuperação pós-exercício (White e Wells, 2013).

Por outro lado, no tocante a RP, os resultados inferiores na análise da fadiga EMG quando comparados com o da CI, são explicados pelo fato dos benefícios induzidos pela RP serem atribuídos quase totalmente ao caráter individual de cada pessoa, ou seja, dependerá de aspectos específicos e que estão relacionados com sua condição de saúde e funcionamento dos diferentes sistemas corporais (Pournot et al., 2011; Raposo, 2000).

Infelizmente, há uma lacuna nas referências científicas atuais no que diz respeito a análise da fadiga muscular por meio da eletromiografia de superfície e sua recuperação utilizando a CI que não permite que comparações com outros estudos sejam realizadas. Nesse contexto, destaca-se a relevância deste trabalho.

Dentro do que é apresentado neste momento, nas presentes condições experimentais é possível concluir que parâmetros de força embora tenham sido assim como os EMG capazes de demonstrar a ocorrência da fadiga muscular em ambas as condições (repouso *versus* crioterapia), no caso da recuperação muscular aguda pós-esforço, a CI demonstrou ser superior ao repouso.

Agradecimentos

Prof. Dr. Charles Taciro do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Declaração: Os autores declaram estar cientes e terem atendido integralmente às normas preconizadas para as pesquisas em seres humanos, conforme resolução 466/2012. Os autores declaram ainda ausência de conflito de interesse.

6. Referências

- Bahnert A, Norton K, Lock P. Association between post-game recovery protocols, physical and perceived recovery, and performance in elite Australian Football League players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16, 151-156, 2013.
- Barbosa FSS, Gonçalves M. Protocolo para a identificação da fadiga dos músculos eretores da espinha por meio da dinamometria e da eletromiografia. *Fisioterapia em Movimento*, 18, 77-87, 2005.
- Barbosa FSS, Gonçalves M. A Proposta biomecânica para avaliação de sobrecarga na coluna lombar: efeito de diferentes variáveis demográficas na fadiga muscular. *Acta Ortopédica Brasileira*, 15, 132-137, 2007.
- Bigland-Ritchie B, Donovan EF, Roussos CS. Conduction velocity and EMG power spectrum changes in fatigue of sustained maximal efforts. *Journal of applied physiology*, 51, 1300-1305, 1981.
- Bouillard K, Jubeau M, Nordez A, Hug F. Effect of vastus lateralis fatigue on load sharing between quadriceps femoris muscles during isometric knee extensions. *Journal of Neurophysiology*, 111, 768-776, 2014.
- Coulange M, Hug F, Kipson N, Robinet C, Desruelle AV, Melin B, Jimenez C, Galland F, Jammes Y. Consequences of prolonged total body immersion in cold water on muscle performance and EMG activity. *European Journal of physiology*, 452, 91-101, 2006.
- de Vries HA. Method for evaluation of muscle fatigue and endurance from electromyographic fatigue curves. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 47, 125-135, 1968.
- Diniz LR. Crioterapia no tratamento das lesões no esporte. *Reabilitar*, 12, 7-17, 2001.
- Gonçalves M. Limiar de fadiga eletromiográfica. Em: Denadai BS, eds. Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo. Rio Claro, Brasil: Editora Motrix, 129-154, 2000.
- Gonçalves M, Silva SRD. Análise de variáveis eletromiográficas durante contração isométrica fadigante. *Salusvita*, 26, 39-51, 2007.
- Goodall S, Howatson G. The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 235-241, 2008.
- Gregson W, Allan R, Holden S, Phibbs P, Doran D, Campbell I, Waldron S, Joo CH, Morton JP. Postexercise cold-water immersion does not attenuate muscle glycogen resynthesis. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 45, 1174-1181, 2013.
- Hernandez SG. Influência da crioterapia de imersão em indicadores de dano muscular pós exercício em atletas de triathlon, 2010 [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba/PR.

- 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. *Physical therapy*, 90, 581–591, 2010.
- Hom C, Vasquez P, Pozos RS. Peripheral skin temperature effects on muscle oxygen levels. *Journal of Thermal Biology*, 29, 785-789, 2004.
- Knight KL. Cryotherapy in sport injury management. *Human Life Press*, 1995.
- Lattier G, Millet GY, Martin A, Martin V. Fatigue and recovery after high-intensity exercise. Part II: Recovery Interventions. *Internacional journal of sports medicine*, 25, 509-515, 2004.
- Leal Junior EC, de Godoi V, Manalossi JL, Rossi RP, De Marchi T, Parente M, Grosselli D, Generosi RA, Basso M, Frigo L, Tomazoni SS, Bjordal JM, Lopes-Martins RA. Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscles recovery after high-intensity exercise in athletes – preliminary results. *Lasers in Medical Science*, 26, 493-501, 2011.
- Lima-Silva AE, Pires FO, Bertuzzi R. Excesso de oxigênio consumido pós-esforço: possíveis mecanismos fisiológicos. *Revista da Educação Física/UEM*, 21, 563-575, 2010.
- Oliveira AS, Gonçalves M. Neuromuscular recovery of the biceps brachii muscle after resistance exercise. *Research in Sports Medicine*, 16, 244-256, 2008.
- Pastre CM, Bastos FDN, Neto Júnior J, Vanderlei LCM, Hoshi RA. Métodos de recuperação pós-exercício: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Medicina do esporte*, 15, 138-144, 2009.
- Peiffer JJ, Abbiss CR, Nosaka K, Peake JM, Laursen PB. Effect of cold water immersion after exercise in the heat on muscle function, body temperatures, and vessel diameter. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 91-96, 2009.
- Petrofsky J, Laymon M. Muscle temperature and EMG amplitude and frequency during isometric exercise. *Aviation, space, and Environmental medicine*, 76, 1024-1030, 2005.
- Pournot H, Bieuzen F, Duffield R, Lepretre PM, Cozzolino C, Hausswirth C. Short term effects of various water immersions on recovery from exhaustive intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 1287-1295, 2011.
- Raposo AV. A carga no treino desportivo. Lisboa, Portugal: Editorial Caminho, 2000.
- Stirn I, Jarm T, Kapus V, Strojnik V. Evaluation of muscle fatigue during 100-m front crawl. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 101-113, 2011.
- SENIAM - Surface electromyography for the non-invasive assessment of muscles. Disponível em: <<http://seniam.org/>>. Acessado em: 21 de dezembro de 2013.
- Sparto PJ, Parnianpour M, Reinsel TE, Simon S. The Effect of fatigue on multijoint kinematics and load sharing during a repetitive lifting test. *Spine*, 22, 2647-2654, 1997.
- Tanaka T, Hashimoto N, Nakata M, Ito T, Ino S, Ifukube T. Analysis of toe pressure under the foot while dynamic standing on one foot in healthy subjects. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 23, 188-193, 1996.
- Tomlin DL, Wenger HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Medicine*, 31, 1-11, 2001.
- Wahl P, Mathes S, Kohler K, Achtzehn S, Bloch W, Mester J. Effects of active vs. passive recovery during Wingate-based training on the acute hormonal, metabolic and psychological response. *Growth Hormone & IGF Research*, 23, 201-208, 2013.
- White GE, Wells GD. Cold-water immersion and other forms of cryotherapy: physiological changes potentially affecting recovery from high-intensity exercise. *Extreme Physiology & Medicine*, 2, 1-11, 2013.
- Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement. New York, Estados Unidos: John Wiley & Sons, 2009.
- Yanagisawa O, Niitsu M, Takahashi H, Goto K, Itai Y. Evaluations of cooling exercised muscle with MR imaging and ³¹P MR spectroscopy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 1517–1523, 2003.

Editor Associado: Andreia Conceição Milan Brochado
Antoniolli-Silva