

**SARA GABELLONE HERNANDEZ**

**INFLUÊNCIA DA CRIOTERAPIA DE IMERSÃO EM  
INDICADORES DE DANO MUSCULAR PÓS  
EXERCÍCIO EM ATLETAS DE TRIATHLON**

Dissertação de Mestrado  
apresentada ao programa de Pós-  
Graduação em Educação Física,  
Setor de Ciências Biológicas, da  
Universidade Federal do Paraná,  
como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre.

Professor orientador Dr. Raul  
Osiecki

**SARA GABELLONE HERNANDEZ**

**INFLUÊNCIA DA CRIOTERAPIA DE IMERSÃO EM  
INDICADORES DE DANO MUSCULAR  
PÓS - EXERCÍCIO EM ATLETAS DE TRIATHLON**

Dissertação de Mestrado  
apresentada ao programa de Pós-  
Graduação em Educação Física,  
Setor de Ciências Biológicas, da  
Universidade Federal do Paraná,  
como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Raul Osiecki

## AGRADECIMENTOS

A toda minha família, especialmente aos meus queridos pais **Rose** e **João**, pela constante demonstração de amor, confiança e orgulho pelas etapas conquistadas.

Aos meus irmãos, **Luiz Eduardo** e **João** que sempre me apoiaram com carinho e mostraram seu orgulho e admiração.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Raul Osiecki**, por ter acreditado, me incentivado e me apoiado todos os dias durante os mais de 2 anos de trabalho, convivência e amizade.

Aos amigos da Clínica do Joelho: Dr<sup>a</sup>. **Luciene Bittercourt** e **Dr. Edilson Thiele**, por toda a confiança e incentivo a pesquisa.

A minha querida amiga **Aline Brízida** que esteve todos os dias ao meu lado me ajudando nas coletas.

Ao meu namorado **Otávio Henrique Siqueira**, pela força nas coletas, pela compreensão e pelo amor e carinho.

Aos amigos inseparáveis de CEPEFIS: **André Fornaziero, Luis Felipe Carignano, Pedro Bortolanza, Patrick Rodrigues, Fabiano Salgueirosa, Paula Borges, Luiz Novack, Renata, Edinaldo** pela ajuda nas coletas e por todo apoio nos momentos mais difíceis.

A todos os atletas que contribuíram para o bom andamento e realização desta pesquisa.

## RESUMO

HERNANDEZ, Sara Gabellone. **Influência da crioterapia de imersão em indicadores de dano muscular pós - exercício em atletas de triathlon.** 2010 – Curitiba.

Dissertação de Mestrado em Educação Física – Universidade Federal do Paraná

O objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos da crioterapia de imersão em indicadores de dano muscular induzido pelo exercício em atletas. Para tanto, 15 atletas de triathlon (Idade:  $26 \pm 4,6$ , Peso:  $77,4 \pm 4,9$  kg, Estatura:  $179,3 \pm 6,4$  cm, %G:  $11,5 \pm 1,2$ ) inicialmente realizaram uma avaliação de esforço máximo na esteira, para a determinação da  $FC_{MÁX}$  e  $VO_{2MÁX}$ . Posteriormente, os atletas foram divididos em dois grupos: experimental (n=8) e controle (n=7). Os dois grupos foram submetidos a um protocolo de exercícios excêntricos (4 séries de 10 repetições) para extensores e flexores de joelhos no dinamômetro isocinético. Logo após o exercício foram divididos aleatoriamente e submetidos a 15 minutos de imersão em água gelada ( $15^{\circ}C$ ) ou grupo controle (15 minutos sentado). Todos os sujeitos foram submetidos a 5 coletas de sangue intravenoso sendo elas: antes do exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 e 48 horas após o protocolo de recuperação. As variáveis sanguíneas analisadas foram: leucócitos, neutrófilos, CK, LDH, mioglobina e cortisol. Nos mesmos momentos de coletas sanguíneas foram realizadas as coletas de sensação de dor muscular por meio das escalas EVA e Likert, altura de saltos por meio do squat jump na plataforma de saltos e de amplitude de movimento (ADM) de extensão ativa de joelhos. Na análise estatística, foi utilizada a técnica descritiva (média, desvio padrão, valor mínimo e máximo), ANOVA para Medidas Repetidas seguida do Post-Hoc de Fisher para comparação entre grupos. Para essas análises foi utilizado o software Statistica 6.0, com significância fixada em  $p \leq 0,05$ . Com relação às variáveis bioquímicas, leucócitos, neutrófilos e cortisol não apresentaram diferenças. A atividade da CK total foi menor no grupo crioterapia, no momento 48 horas após a recuperação, em relação ao grupo controle. A LDH e a mioglobina apresentaram estabilização de seus valores no grupo crioterapia nos momentos 24 e 48 horas para LDH e 48 horas para a mioglobina. Além disso, a sensação de dor muscular aumentou em todos os momentos após a recuperação em ambos os grupos. A altura da impulsão vertical diminuiu logo após e 1 hora após a recuperação, porém o grupo crioterapia retornou aos valores pré – exercício mais rápido. A ADM de extensão ativa de joelhos do grupo controle, no momento 48 horas após a recuperação, diminuiu em relação ao momento pré – exercício, fato que não ocorreu no grupo crioterapia. Dessa forma, foi observado que a imersão em água gelada pós – exercício provoca efeitos benéficos em marcadores indiretos de dano muscular, sendo eficaz para a recuperação muscular.

**Palavras-chave:** Exercício excêntrico, Dano muscular induzido pelo exercício, Imersão em água gelada, Crioterapia, Recuperação.

## ABSTRACT

### Effects of cryotherapy immersion on markers of exercise-induced muscle damage after exercise in triathlon athletes

The aim of this study was to assess the effects of cryotherapy immersion on markers of exercise-induced muscle damage in athletes. 15 triathletes (age:  $26 \pm 4,6$ , Weight:  $77,4 \pm 4,9$  kg, Height:  $179,3 \pm 6,4$  cm, %body fat:  $11,5 \pm 1,2$ ) at first realized a treadmill maximum effort test, for determination of maximum Heart rate and  $VO_{2max}$ . After this, the athletes were divided into two groups: experimental (n=8) and control (n=7). Both groups were submitted to a bout of extensors and flexors knee damaging-induced eccentric exercise (4 bouts of 10 repetitions) on an isokinetic dynamometer. After exercise the athletes were randomly allocated to both groups and submitted to 15 minutes of cold water immersion ( $15^{\circ}C$ ) or control group (15 minutes sit). All subjects were submitted to 5 blood measures: before exercise, immediately after, 1, 24 and 48 hours after the recovery protocol. The blood samples analyzed were: leucocytes, neutrophils, CK, LDH, myoglobin and cortisol. At the same time were realized the pain sensation, jump height and active knee extension range of motion (ROM) sampling. A descriptive statistic (mean, standard deviation minimum and maximum values) and an analysis of variance (ANOVA) for repeated measures to compare the two groups, followed by Fisher's Post-Hoc, was used. These analysis were made using STATISTICA 6.0 for Windows. Significant level was fixed ( $p \leq 0,05$ ). Biochemical sampling, leucocytes, neutrophils and cortisol didn't show differences. The total CK activity was lower for the cryotherapy group, at moment 48 hours after recovery than the control group. LDH and myoglobin showed values stabilization at the cryotherapy group at the 24 and 48 moments hours for LDH and 48 hours for myoglobin. Besides that, the pain sensation increases at all moments after recovery for both groups. The vertical jump height reduced immediately and 1 hour after recovery, but the cryotherapy groups returned to pre – exercise values faster. The knee ROMs for control group, at 48 hours after recovery, decreases when compared to pre – exercise moment, this fact did not occur on cryotherapy group. It was observed that cold water immersion post exercise causes beneficial effects on indirect markers of exercise-induced muscle damage, being efficient for muscle recovery.

**Keywords:** Eccentric exercise, Exercise-induced muscle damage, Cold water immersion, Cryotherapy, Recovery.

## LISTA DE QUADROS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Quadro1</b> -Escala tipo Likert de Vikers .....  | <b>40</b> |
| <b>Quadro 2</b> - Momentos de coleta sanguínea..... | <b>43</b> |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 1-</b> Lesão muscular com sarcolema ondulado e perda do alinhamento transversal das linhas Z.....   | <b>16</b> |
| <b>Figura 2-</b> Desalinhamento das linhas Z.....   | <b>17</b> |
| <b>Figura 3-</b> Imagens microscópicas fluorescentes eletrônicas da perfusão microvascular em capilares e veias pós capilares, e a interação celular endotélio-leucócitos em músculos esquelético de ratos..... | <b>27</b> |
| <b>Figura 4-</b> Design do estudo.....  | <b>31</b> |
| <b>Figura 5-</b> Tambor de água para imersão.....   | <b>33</b> |
| <b>Figura 6-</b> Dinamômetro isocinético.....   | <b>38</b> |
| <b>Figura 7-</b> Escala Visual Analógica de Dor.....  | <b>40</b> |
| <b>Figura 8-</b> Goniometria de extensão ativa de joelho.....   | <b>41</b> |
| <b>Figura 9-</b> Squat Jump- posição inicial.....   | <b>42</b> |
| <b>Figura 10-</b> Squat Jump- posição final.....  | <b>42</b> |
| <b>Figura 11-</b> Squat Jump.....   | <b>42</b> |
| <b>Figura 12-</b> Posicionamento no dinamômetro isocinético.....  | <b>46</b> |
| <b>Figura 13-</b> Imersão.....  | <b>47</b> |
| <b>Figura 14-</b> Comparativo dos leucócitos pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação.....  | <b>55</b> |
| <b>Figura 15-</b> Comparativo dos neutrófilos pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação.....   | <b>58</b> |
| <b>Figura 16-</b> Comparativo da LDH pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação.....  | <b>61</b> |
| <b>Figura 17-</b> Comparativo da CK pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação.....   | <b>64</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 18-</b> Comparativo das concentrações de mioglobina pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação.....                                 | <b>67</b> |
| <b>Figura 19-</b> Comparativo do cortisol pré - exercício, imediatamente pós, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação.....  | <b>70</b> |
| <b>Figura 20-</b> Comparativa da impulsão vertical pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação.....  | <b>72</b> |
| <b>Figura 21-</b> Comparativo da sensação de dor, por meio da aplicação da EVA, pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação.....               | <b>76</b> |
| <b>Figura 22-</b> Comparativo da sensação de dor, por meio da aplicação da escala de Vickers, pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação..... | <b>77</b> |
| <b>Figura 23-</b> Comparativo da ADM de joelho direito pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação.....  | <b>79</b> |
| <b>Figura 24-</b> Comparativo da ADM de joelho esquerdo pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação.....                                       | <b>80</b> |

## LISTA DE TABELAS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabela 1-</b> Protocolo do teste de esforço máximo na esteira rolante.....  | <b>37</b> |
| <b>Tabela 2-</b> Características antropométricas dos 15 atletas.....   | <b>49</b> |
| <b>Tabela 3-</b> Parâmetros cardiorrespiratórios dos 15 atletas.....   | <b>49</b> |
| <b>Tabela 4-</b> Frequência cardíaca durante o exercício e seu percentual pela frequência máxima.....  | <b>50</b> |
| <b>Tabela 5-</b> Pico de torque de extensores de joelhos direito e esquerdo de cada série do protocolo de exercícios.....                      | <b>51</b> |
| <b>Tabela 6-</b> Pico de torque de flexores de joelhos direito e esquerdo de cada série do protocolo de exercícios.....                        | <b>51</b> |
| <b>Tabela 7-</b> Trabalho de extensores em média $\pm$ DP de joelhos direito e esquerdo ao final de cada série do protocolo de exercícios..... | <b>52</b> |
| <b>Tabela 8-</b> Trabalho de flexores de joelhos direito e esquerdo ao final de cada série do protocolo de exercícios.....                     | <b>52</b> |
| <b>Tabela 9-</b> Comportamento dos leucócitos (mil/mm <sup>3</sup> ) em média $\pm$ desvio-padrão.....   | <b>54</b> |
| <b>Tabela 10-</b> Comportamento dos neutrófilos (mil/mm <sup>3</sup> ) em média $\pm$ desvio-padrão.....                                       | <b>58</b> |
| <b>Tabela 11-</b> Comportamento da LDH (U/L) em média $\pm$ desvio-padrão).....  | <b>60</b> |
| <b>Tabela 12-</b> Comportamento da CK (U/L) em média $\pm$ desvio-padrão.....  | <b>62</b> |
| <b>Tabela 13-</b> Comportamento da mioglobina (ug/L) em média $\pm$ desvio-padrão.....   | <b>66</b> |
| <b>Tabela 14-</b> Comportamento do cortisol ( $\mu$ g/dL) em média e desvio-padrão.....  | <b>69</b> |
| <b>Tabela 15-</b> Comportamento da impulsão vertical (cm) em média $\pm$ desvio-padrão.....  | <b>71</b> |
| <b>Tabela 16-</b> Comportamento da sensação de dor muscular por meio da aplicação da EVA (nota) em média $\pm$ desvio-padrão.....              | <b>75</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabela 17-</b> Comportamento da sensação de dor muscular por meio da aplicação da escala de Vickers (nota) em média $\pm$ desvio-padrão.....   | <b>76</b> |
| <b>Tabela 18-</b> Comportamento da amplitude de movimento de extensão ativa do membro inferior direito (graus) em média $\pm$ desvio-padrão.....  | <b>79</b> |
| <b>Tabela 19-</b> Comportamento da amplitude de movimento de extensão ativa do membro inferior esquerdo (graus) em média $\pm$ desvio-padrão..... | <b>80</b> |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>ACMS</b>              | <b>Colégio Americano de Medicina do Esporte</b> |
| <b>VO<sub>2</sub>MÁX</b> | <b>Consumo máximo de oxigênio (ml/kg/min)</b>   |
| <b>CK</b>                | <b>Creatina Kinase</b>                          |
| <b>LDH</b>               | <b>Lactato Desidrogenase</b>                    |
| <b>%G</b>                | <b>Percentual de gordura corporal</b>           |
| <b>GE</b>                | <b>Grupo Experimental</b>                       |
| <b>GC</b>                | <b>Grupo Controle</b>                           |
| <b>FC<sub>REP</sub></b>  | <b>Frequência Cardíaca de repouso</b>           |
| <b>N/m</b>               | <b>Newton por Metro</b>                         |
| <b>J</b>                 | <b>Joules</b>                                   |
| <b>EVA</b>               | <b>Escala Visual Analógica de Dor</b>           |
| <b>DMIT</b>              | <b>Dor Muscular de Início Tardio</b>            |
| <b>ADM</b>               | <b>Amplitude de Movimento</b>                   |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....  | 12 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA.....  | 13 |
| 1.2 PROBLEMA.....   | 14 |
| 1.3 OBJETIVOS.....  | 14 |
| <b>1.3.1 Objetivo Geral</b> .....   | 14 |
| <b>1.3.2 Objetivos Específicos</b> .....  | 14 |
| <br>  |    |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....   | 16 |
| 2.1 DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO.....  | 16 |
| 2.2 MARCADORES INDIRETOS DE DANO MUSCULAR INDUZIDO<br>PELO EXERCÍCIO.....               | 18 |
| <b>2.2.1 Marcadores Bioquímicos</b> .....   | 18 |
| <b>2.2.2 Marcadores não Bioquímicos</b> .....   | 23 |
| 2.3 CRIOTERAPIA.....  | 25 |
| <br>  |    |
| <b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....   | 31 |
| 3.1 DESIGN DO ESTUDO.....   | 30 |
| 3.2 PARTICIPANTES.....  | 32 |
| <b>3.2.1 Divisão dos grupos</b> .....   | 32 |
| 3.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.....   | 32 |
| 3.4 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS.....   | 32 |
| <b>3.4.1 Instrumentos</b> .....   | 32 |
| <b>3.4.2 Procedimentos</b> .....  | 34 |
| <b>3.4.3 Avaliação antropométrica</b> .....   | 34 |
| <b>3.4.4 Teste de Esforço Máximo na Esteira</b> .....                                   | 36 |
| <b>3.4.5 Protocolo de indução ao dano muscular no dinamômetro<br/>isocinético</b> ..... | 38 |
| <b>3.4.6 Avaliação de percepção de dor muscular</b> .....                               | 39 |
| <b>3.4.7 Avaliação da Amplitude de Movimento (ADM)</b> .....                            | 40 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3.4.8 Avaliação da potência muscular de membros inferiores.....</b> | <b>41</b> |
| <b>3.4.9 Coletas Sanguíneas.....</b>                                   | <b>43</b> |
| 3.4.9.1 Leucograma (contagem de leucócitos).....                       | 44        |
| 3.4.9.2 Creatina Kinase.....   | 44        |
| 3.4.9.3 Mioglobina.....  | 44        |
| 3.4.9.4 Lactato Desidrogenase.....                                     | 45        |
| 3.4.9.5 Cortisol.....  | 45        |
| <b>3.4.10 Protocolo Experimental.....</b>                              | <b>45</b> |
| <b>3.4.11 Determinação das Variáveis.....</b>                          | <b>47</b> |
| <b>3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....</b>                                    | <b>47</b> |
| <br>   |           |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                  | <b>49</b> |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....                                     | 49        |
| 4.2 PROTOCOLO DE EXERCÍCIO NO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO.....             | 49        |
| <b>4.2.1 Variáveis isocinéticas.....</b>                               | <b>50</b> |
| 4.3 EFEITOS DA RECUPERAÇÃO PÓS – EXERCÍCIO.....                        | 53        |
| <b>4.3.1 Leucócitos.....</b>   | <b>53</b> |
| <b>4.3.2 Neutrófilos.....</b>  | <b>57</b> |
| <b>4.3.3 Lactato Desidrogenase.....</b>                                | <b>59</b> |
| <b>4.3.4 Creatina Kinase.....</b>                                      | <b>62</b> |
| <b>4.3.5 Mioglobina.....</b>   | <b>66</b> |
| <b>4.3.6 Cortisol.....</b>   | <b>69</b> |
| <b>4.3.7 Potência de membros inferiores.....</b>                       | <b>71</b> |
| <b>4.3.8 Escalas de Dor.....</b>                                       | <b>75</b> |
| <b>4.3.9 Amplitude de Movimento.....</b>                               | <b>78</b> |
| <br>   |           |
| <b>5. CONCLUSÕES.....</b>  | <b>82</b> |
| <br>   |           |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>84</b> |



## 1. INTRODUÇÃO

Os efeitos deletérios associados com danos musculares causados por séries de exercícios excêntricos ou exercícios aos qual um sujeito não está acostumado, estão bem documentados (PROSKE & ALLEN, 2005).

Para Brancaccio *et al.*, (2005), os danos musculares podem ocorrer em esportistas amadores ou em atletas. Competições esportivas colocam o corpo do atleta sob constante estresse, até mesmo em curtos eventos, ou em longas competições nas quais o atleta compete por uma semana ou mais. Os treinos exaustivos para estes eventos esportivos também podem provocar estresse. Nessas circunstâncias deve existir um tempo adequado para a recuperação, para que os atletas possam alcançar seu ótimo *status* fisiológico e psicológico antes e depois de um período de exercícios (WILCOCK, CONIN & HING, 2006a).

A inadequada recuperação e o pouco repouso observado em atletas profissionais podem causar fadiga e baixa do rendimento esportivo e até mesmo o supratreinamento (ALVES, COSTA & SAMULSKI, 2006). Um problema preocupante em treinamento de atletas é a falta da necessária recuperação após atividade física intensa (FRANÇA *et al.*, 2006). Melhorar o processo recuperativo nessas situações pode prover vantagens competitivas para o atleta. Atletas, treinadores e técnicos têm utilizado diferentes métodos para melhorar a recuperação e subsequente *performance* após exercícios (WILCOCK, CONIN & HING, 2006b) .

Muitos trabalhos têm sido realizados para encontrar meios de aliviar e tratar os sintomas de danos musculares induzidos pelo exercício (ESTON & PETERS, 1999; YANAGISAWA *et al.*, 2003a; YANAGISAWA *et al.*, 2003 b; BAILEY *et al.*, 2007; SELLWOOD *et al.*, 2007; BANFI, MELEGATI & VALENTINI, 2007). Uma modalidade de tratamento comum e que tem ganhado popularidade como um meio de melhorar a recuperação pós exercício envolve a crioterapia de imersão (ESTON & PETERS, 1999; WILCOCK, CONIN & HING, 2006a), porém a eficácia deste tratamento não é muito clara devido à limitada quantidade de pesquisas sobre as variações, frequência, temperatura da água e duração do tratamento (ESTON & PETERS, 1999; HADAD *et al.*, 2004). A crioterapia de imersão é uma técnica que explora a alta condutividade da água, que é vinte e cinco vezes maior que a do ar, e é uma técnica de alto potencial de resfriamento tecidual (HADAD *et al.*, 2004).

Esportes que causam uma grande depleção da energia muscular ou causam um grande aumento do metabolismo, podem obter benefícios da imersão em água especialmente em períodos de competições onde o atleta compete muitas vezes em poucos dias (WILCOCK, CONIN & HING, 2006 b).

A crioterapia promove uma restauração estrutural e funcional e atenua a dor, que por sua vez melhora a recuperação (COHN, DRAEGER & JACKSON, 1989). A diminuição da temperatura tecidual reduz a demanda de oxigênio e a atividade metabólica celular e atenua a liberação de vasodilatadores, diminuindo a sobrecarga microcirculatória pela diminuição do volume sanguíneo circulante. Isto, por sua vez, atenua a pressão hidrostática na célula endotelial, diminuindo a formação de edema além dos efeitos antiinflamatórios que também podem ser observados (SWENSON *et al.*, 1996; HURME, RANTANEN & KALIMO, 1993)

Segundo Wilcock, Conin & Hing (2006b), existem boas bases para o uso de imersão em água gelada para melhorar a recuperação após período de exercícios, podendo ser obtidas mudanças fisiológicas benéficas dentro dos corpos dos atletas.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Diante de um panorama de estresse e de danos musculares induzidos pelo exercício em atletas e o pouco tempo para a recuperação, principalmente em períodos de competição e na busca de se encontrar novos e eficazes métodos para melhorar ou acelerar a recuperação em atletas, a imersão em água gelada tem, de acordo com Wilcock, Conin & Hing (2006b), recentemente ganhado popularidade como um meio de suprir essa necessidade.

Nesse contexto, estudos que avaliem as respostas dos marcadores indiretos de dano muscular em atletas após imersões são importantes, pois fornecem informações que poderão ser posteriormente utilizadas no planejamento de treinadores e atletas. Além disso, de posse dessas informações, é possível realizar o planejamento de intervenções recuperativas específicas para serem aplicadas após exercícios, com o objetivo de atuar de maneira eficaz na recuperação fisiológica dos atletas.

É nesse sentido que o presente estudo se faz válido, pois fornecerá informações acerca do comportamento de marcadores bioquímicos e subjetivos após a aplicação de imersão em água gelada como método recuperativo após exercícios.

## 1.2 PROBLEMA

Qual a influência da crioterapia de imersão em indicadores de dano muscular pós - exercício em atletas de triathlon?

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Verificar os efeitos da crioterapia de imersão em indicadores de dano muscular induzido pelo exercício em atletas de triathlon.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os efeitos da crioterapia de imersão após aplicação do protocolo de exercício em dinamômetro isocinético mediante análises bioquímicas de: Creatina Kinase (CK), Lactato desidrogenase (LDH), mioglobina, cortisol e leucograma.
- Comparar os valores das variáveis bioquímicas entre os momentos pré – exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 horas e 48 horas após o protocolo de recuperação muscular em atletas de triathlon.
- Avaliar os efeitos da crioterapia de imersão após aplicação do protocolo de exercício em dinamômetro isocinético mediante mensuração da amplitude de movimento (ADM) de extensão ativa de joelho, percepção de dor muscular e potência de membros inferiores.
- Comparar os valores de amplitude de movimento (ADM) de extensão ativa de joelho, percepção de dor muscular e potência de membros

inferiores entre os momentos pré – exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 horas e 48 horas após o protocolo de recuperação muscular em atletas de triathlon.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO

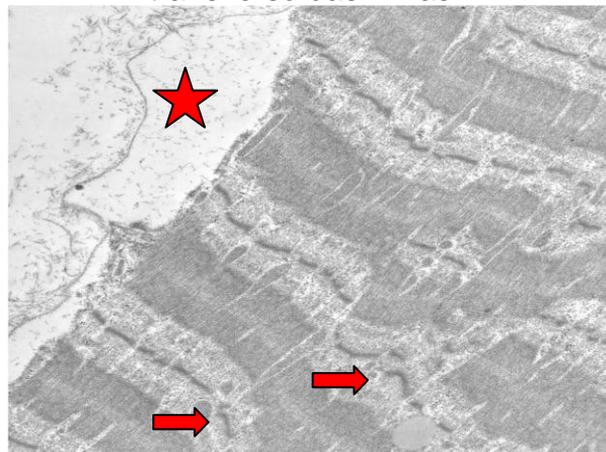
Nas últimas décadas os efeitos benéficos e nocivos do exercício físico estão sendo evidenciados. O aumento da sobrecarga imposta ao aparelho locomotor induz ao dano muscular, este podendo ocorrer em diferentes magnitudes dependendo do tipo de contração, em especial nas ações musculares excêntricas (FOSCHINI, PRESTES & CHARRO, 2007).

Danos à fibra muscular após exercício são normalmente atribuídos à desorganização na estrutura das fibras musculares, mais especificamente à ruptura, alargamento ou prolongamento da linha Z (FIGURAS 1 e 2) (FRIDEN & LIEBER, 1992; CLARKSON & NEWHAM, 1995). Mchugh (2003) caracteriza a linha Z como sendo o ponto de contato das proteínas contráteis, fornecendo suporte estrutural para a transmissão de força quando as fibras musculares são encurtadas.

O dano muscular também parece ocorrer em outros componentes celulares. Clarkson & Newham (1995) encontraram danificados o sarcolema, os túbulos transversos e as próprias miofibrilas após o treinamento de força.

A figura 1 a seguir demonstra o sarcolema ondulado e material amorfo subsarcolemal (estrela) e perda do alinhamento transverso das linhas Z (setas) após danos a fibra muscular por imobilização.

**Figura 1** - Lesão muscular com sarcolema ondulado e perda do alinhamento transverso das linhas z



Fonte: (GOMES, 2005)

A figura 2 mostra o desalinhamento das linhas Z após contrações excêntricas (seta).

**Figura 2** – Desalinhamento das linhas Z



Fonte: (CLARKSON & HUBAL, 2002)

Está bem documentado que contrações excêntricas causam grande dano às fibras musculares (SESTO *et al.*, 2008; CHAPMAN *et al.*, 2006), sendo estes danos maiores em contrações excêntricas do que em contrações concêntricas ou isométricas (FRIDEN & LIEBER, 1998).

Os métodos utilizados para análise dos danos causados ao músculo induzidos pelo exercício físico podem ser efetuados através de medidas diretas e indiretas. Os métodos diretos são realizados por meio das análises de amostras do músculo ou de imagens por técnica de ressonância magnética (FOCHINI, PRESTES & CHARRO, 2007). Já os métodos indiretos são obtidos principalmente por meio do registro de valores de contração voluntária máxima, aquisição de respostas subjetivas de dor (por meio de escalas de percepção), amplitude de movimentos (ADM) articulares, e análise das concentrações de enzimas plasmáticas, de proteínas musculares, mioglobina no sangue, entre outras (CLARKSON & HUBAL, 2002; McHUGH, 2003; ESTON & PETERS, 1999; BAILEY *et al.*, 2007; YANAGISAWA, 2003a; TAKAHASHI, ISHIHARA & AOKI, 2006; SELWOOD, *et al.*, 2007)

Os métodos indiretos adotados para análise do dano muscular são os mais utilizados nos estudos em função da facilidade de coleta e, sobretudo, pelo baixo custo quando comparado aos métodos diretos (FOSCHINI, PRESTES & CHARRO, 2007)

## 2.2 MARCADORES INDIRETOS DE DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO

### 2.2.1 Marcadores Bioquímicos

Após o dano muscular causado pelo exercício ocorre uma inflamação para limpar os restos celulares da área lesionada, preparando-a para a regeneração. Esta resposta inflamatória é tida como sendo ativada pelo trauma mecânico inicial e é caracterizado pela infiltração de proteínas plasmáticas para dentro do tecido lesionado (MACINTYRE, REID & MCKENZIE, 1995). A proliferação de células inflamatórias amplifica a lesão muscular inicial (lesão secundária) por meio de um aumentado extravasamento de espécies reativas de oxigênio e a ativação de fosfolipases e proteases no local da lesão (MACINTYRE, REID & MCKENZIE, 1995). Essa lesão secundária está relacionada ao progressivo dano microcirculatório caracterizado pelo dano endotelial, ativação da cascata de coagulação local, e marcado recrutamento de leucócitos, diminuição do fluxo sanguíneo nutritivo, reduzida demanda de oxigênio, contínuo metabolismo celular, e produção de radicais livres (SCHASER *et al.*, 2007).

Os leucócitos, também conhecidos como glóbulos brancos, são as unidades móveis do sistema protetor do corpo. São, portanto, os responsáveis pela proteção do organismo. Eles protegem constantemente, junto com o sistema reticuloendotelial o organismo contra os agentes infecciosos que tentam invadir o corpo (GUYTON & HALL, 2006). MacIntyre, Reid & Lister (1996) encontraram um aumento dos leucócitos no músculo depois de exercício excêntrico de quadríceps. O aumento do número de leucócitos no músculo exercitado começa aproximadamente 5 horas e continua até 24 horas depois do exercício.

Essas células são as unidades móveis que compõem o sistema de proteção do organismo humano, sendo transportados especificamente para as áreas de inflamações e infecções, possibilitando assim uma defesa rápida e poderosa contra qualquer agente infeccioso que estiver presente (GUYTON & HALL, 2006).

O primeiro resultado de um leucograma é a contagem do número total de leucócitos presentes, expresso relativo a cada  $\text{mm}^3$  de sangue, sendo que os valores considerados normais para homens saudáveis são de 4000 à 10000

leucócitos por  $\text{mm}^3$  de sangue. Valores superiores e inferiores do desejado são denominados de leucocitose e leucopenia, respectivamente (VERRASTRO, 2002).

Devido ao fato de existirem vários tipos de leucócitos de acordo com as suas funções no organismo, os leucogramas apresentam também a quantidade por  $\text{mm}^3$  de cada tipo dessas células, processo conhecido como contagem diferencial (VERRASTRO, 2002).

✓ **Neutrófilos:** são os leucócitos de maior número, representando cerca de 60 a 65% do total, apresentando-se em dois tipos de células, sendo elas: 1) segmentados, pois possuem os núcleos segmentados, correspondendo à cerca de 95 à 98% do total de neutrófilos; 2) bastonetes, representam apenas de 2 a 5% dos neutrófilos, e recebem essa denominação pelo fato de apresentarem os núcleos sem segmentação, em forma de bastão (VERRASTRO, 2002).

Os neutrófilos são as primeiras células a começar a acumular no tecido no local da lesão, destruindo o tecido necrótico por meio da fagocitose enquanto trabalha em conjunto com os macrófagos (CLARKSON & HUBAL, 2002). Elevados níveis de neutrófilos no músculo lançam enzimas proteolíticas e radicais livres que degradam o tecido e aumentam a permeabilidade da membrana (permitindo um maior efluxo de enzimas musculares como a CK para o sangue) (CANNON, ORENCOLE & FILDING, 1990; PIZZA *et al.*, 1995). A presença de neutrófilos tem sido documentada em músculos depois de vários tipos de exercícios excêntricos (MAcINTYRE, REID & LYSTER, 1996; MAcINTYRE, REID & LYSTER, 2000).

✓ **Linfócitos:** tendo a maioria uma morfologia típica, podem representar até 30% dos leucócitos, sendo que a sua atuação se dá principalmente em associação ao sistema imune (GUYTON & HALL, 2006).

✓ **Monócitos:** representando cerca de 5% dos leucócitos, têm por função principal proteger o indivíduo contra microorganismos invasores, notadamente pela sua capacidade de ingeri-los por meio de um processo conhecido como fagocitose (GUYTON & HALL, 2006).

Outros marcadores de dano tecidual como a creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), fragmentos da cadeia pesada de miosina (MHC), troponina-I e mioglobina, são freqüentemente encontrados, isso porque essas moléculas são citoplasmáticas e não têm a capacidade de atravessar a barreira da membrana sarcoplasmática. Por esse fato, o aumento da concentração sérica

dessas moléculas é utilizado como indicativo de dano na membrana muscular e outras estruturas teciduais (FOSCHINI, PRESTES & CHARRO, 2007). Os níveis séricos de CK e LDH, geralmente apresentam um pico em 48–96 h pós - exercício (ESTON & PETERS, 1999).

A CK é frequentemente descrita como melhor marcador indireto de dano ao tecido muscular, pois esta enzima apresenta uma magnitude de aumento muito maior quando comparada às outras (CLARKSON & HUBAL, 2002; CLARKSON, KEANERS & ROUZIER, 2006). Ela está envolvida no processo de formação de novas moléculas de ATP a partir da quebra da Creatina Fosfato. Essa enzima é considerada como a reguladora desse processo, pelo fato da quebra da CP fornecer um grupo fosfato mais energia para a formação de um novo ATP (WILMORE & COSTILL, 2001).

De acordo com Nanji (1983) e Foschini, Prestes & Charro (2007), existem três isoformas de CK presentes no citosol ou associadas à estruturas miofibrilares. São compostas por dímeros de sub-unidades específicas relativos ao músculo (M) e ao cérebro (B), sendo elas:

- **CK-BB (CK1)**: encontrada principalmente no cérebro;
- **CK-MB (CK2)**: também conhecida como híbrida, pode ser encontrada predominantemente no músculo cardíaco (miocárdio);
- **CK-MM (CK3)**: encontrada principalmente nos músculos esqueléticos, sua proporção circulante pode atingir valores de 94 a 100% de toda a CK no organismo.

Mougios (2007) cita que em atletas as concentrações de CK são geralmente mais elevadas do que em indivíduos não atletas, e serve como importante variável para controle de cargas de treinamento, porém valores de referência ainda não haviam sido determinados. Sendo assim sua pesquisa determinou alguns intervalos de referência de CK em atletas. Os limites para as concentrações de CK para atletas do sexo masculino foram de 73-86 U/L para limites considerados baixos e de 871-1479 U/L considerados altos.

Sobre o tema, Urhausen & Kindermann (2002) afirmam que a atividade da CK representa o desgaste mecânico do músculo em relação aos treinamentos de dias anteriores, relacionando com a intensidade e volume dos treinamentos, principalmente se houver a realização de exercícios excêntricos em que o sistema muscular não esteja adaptado. Caso ocorra uma lesão em algum músculo

esquelético durante a prática de atividade física, as membranas das células se rompem e algumas substâncias, dentre elas a CK-MM, extravasam para a corrente sanguínea (TOTSUKA *et al*, 2002; SAYERS & CLARKSON, 2003).

Newhan, Jones & Edwards (1983) e Brancaccio, Maffulli & Limongelli (2007) acreditam que o comportamento da CK durante e após a prática de exercícios físicos pode estar diretamente relacionada com a característica individual, podendo classificar os sujeitos como “alto-respondentes” ou “baixo-respondentes”. Segundo os autores, o pico de CK pós-exercício para o grupo com alta resposta foi abaixo de 3.000 U/l, sendo que o valor para o grupo com baixa resposta foi abaixo de 400 U/l.

Outra enzima que possui considerada relevância é a Lactado Desidrogenase (LDH), que tem a função de converter o piruvato em lactato, possuindo assim um papel de enzima reguladora do metabolismo anaeróbio (WILMORE & COSTILL, 2001; McARDLE, KATCH & KATCH, 2003). Essa reação ocorre com o objetivo de regenerar as duas moléculas de NADH geradas pela degradação de cada molécula de glicose, caracterizando um processo mais rápido em relação à utilização de oxigênio (PRATT & CORNELLY, 2006).

A LDH também tem sido relacionada com dano muscular, e pelo mesmo motivo da CK: são substâncias que não conseguem ultrapassar as membranas e com o rompimento das mesmas, o conteúdo das células extravasa e passa a circular na corrente sanguínea (CHEVION *et al*, 2003; SAYERS & CLARKSON, 2003; FOSCHINI, PRESTES & CHARRO, 2007).

Outra proteína que tem sido utilizada para marcar indiretamente danos musculares é a mioglobina (LAVENDER & NOSAKA, 2006; NOSAKA *et al.*, 2007; NEUBAUER, KÖNIG & WAGNER, 2008; AHMADI, SINCLAIR & DAVIS, 2008). Ela é uma hemoproteína encontrada no músculo cardíaco e esquelético e possui um peso molecular bastante baixo. É uma proteína citoplasmática e quando ocorre uma lesão celular ela extravasa para a corrente sanguínea (FOSCHINI, PRESTES & CHARRO, 2007).

Um hormônio que pode ser indicador de estresse muscular de acordo com Haneishi *et. al.* (2007) é o cortisol que é usado tanto como indicador de estresse agudo como crônico do treinamento. O cortisol, também conhecido como hidrocortisona, é um hormônio que representa cerca de 95% da atividade

glicocorticóide presente no organismo. A prática de atividades com alto nível de *stress* estimula o hipotálamo a secretar o fator liberador de corticotropina, que por sua vez induz a hipófise anterior a secretar o hormônio ACTH, que por conseguinte promove a liberação de cortisol a partir do córtex da supra-renal (GUYTON & HALL, 2006).

McArdle, Katch & Katch (2003) afirmam que o cortisol influencia diretamente no metabolismo da glicose, das proteínas e dos ácidos graxos livres, de acordo com os seguintes pontos:

- Promove a quebra das proteínas formando aminoácidos em todas as células do corpo humano (com exceção do fígado), sendo que a circulação sanguínea transporta esses aminoácidos até o fígado para serem transformados em glicose, por meio de um processo denominado de gliconeogênese;
- No processo de gliconeogênese, estimula a ação de outros hormônios, notadamente o glucagon e o hormônio de crescimento (GH);
- Atua como uma função contrária à da insulina, pois inibe a captação e conseqüente oxidação da glicose, conservando-a no sangue;
- Auxilia na quebra dos triglicerídeos para a formação de ácidos graxos e glicerol.

Os mesmos autores ainda citam que concentrações elevadas de cortisol por longos períodos acarretam um fracionamento excessivo das proteínas, desgaste dos tecidos, equilíbrio nitrogenado negativo e aceleração das gorduras para fornecimento de energia em períodos de inanição e exercício prolongado.

McArdle, Katch & Katch (2003) ainda apontam que o cortisol exerce um fator facilitador sobre a utilização dos substratos energéticos durante o exercício. Desse modo, há uma elevação dos seus níveis sanguíneos como efeito da prática de atividades físicas, mesmo que moderado e por períodos prolongados. Além disso, pode permanecer alterado por até 2 horas após o esforço, sugerindo que possui algum papel na recuperação dos tecidos.

## 2.2.2 Marcadores não Bioquímicos

Após um período de atividade física ao qual um sujeito não está acostumado, uma sensação de desconforto, predominantemente no músculo esquelético, pode ser vivenciada em atletas de elite ou em novatos. A intensidade do desconforto aumenta dentro das primeiras 24 horas, tendo seu pico de 48-72 horas pós-exercício e eventualmente desaparece nos 5 a 7 dias subseqüentes. Este fenômeno é conhecido como dor muscular de início tardio (DMIT) e talvez seja uma das formas mais comuns e recorrentes de lesões esportivas (CHEUNG, HUME & MAXWELL, 2003).

DMIT é classificada como uma lesão muscular tipo I e se apresenta com sensibilidade ou rigidez muscular a palpação ou ao movimento. A sensação experimentada pelos sujeitos com essa lesão pode variar de uma rigidez muscular leve, que rapidamente desaparece durante as atividades de vida diária, a uma dor severa que restringe os movimentos (SAFRAN, SEABER & GARRET, 1989; GULICK & KIMURA, 1996; CHEUNG, HUME & MAXWELL, 2003).

A DMIT também tem sido amplamente utilizada como marcador indireto de dano muscular induzido pelo exercício, preferencialmente após exercícios excêntricos, sendo muitos os métodos utilizados na tentativa de diminuir seus sintomas (ESTON *et al.*, 1996; ESTON & PETERS, 1999; FARR *et al.*, 2002; CHEUNG, HUME & MAXWEL, 2003; BAILEY *et al.*, 2007; SELLWOOD *et al.*, 2007; INGRAN *et al.*, 2008; HOWATSON, GOODALL & VAN SOMEREN, 2009).

Um consenso geral entre os autores é de que apenas uma teoria não pode explicar a DMIT, uma integração dos modelos propostos por Armstrong (1984), e Smith (1991) pode ser assim descrito segundo Cheung, Hume & MaxweL, 2003:

- ✓ Altas forças tenseis produzidas durante o exercício excêntrico causam rupturas das proteínas estruturais do músculo, isto também é acompanhado por uma extensa lesão do tecido conectivo (teoria do tecido conectivo e do dano muscular).

- ✓ Danos no sarcolema resultam em um acúmulo de cálcio que inibe a respiração celular. Altas concentrações de cálcio ativam as enzimas proteolíticas cálcio-dependentes, que degradam as linhas Z dos sarcômeros, a troponina e a tropomiosina (teoria do efluxo de enzimas).

✓ Dentro de poucas horas ocorre uma elevação significativa dos neutrófilos circulantes (teoria inflamatória).

✓ Marcadores intracelulares de dano muscular e conectivo difundem para o plasma e interstício. Estas substâncias atraem monócitos e em 6-12 horas se convertem em macrófagos. Estas células produzem histamina e dentro de horas há uma migração de neutrófilos para o local da lesão.

✓ Monócitos/macrófagos tem seu pico em 48 horas. Estes produzem prostaglandinas que sensibilizam terminações nervosas para estímulos mecânicos, químicos e térmicos do tipo III e IV.

✓ O acúmulo de histaminas da fagocitose ativa e da necrose celular além de aumentar a pressão do tecido edemaciado e aumentar a temperatura local, pode ativar nociceptores dentro da fibra muscular e da junção músculo-tendínea.

✓ Estes eventos levam a uma sensação de DMIT. A dor pode ser aumentada com os movimentos enquanto a pressão intramuscular aumentada cria um estímulo mecânico para os já sensibilizados receptores de dor.

A dor pode levar a um prejuízo no desempenho do atleta, alguns exemplos incluem a diminuição da amplitude de movimento, diminuição da produção de força e padrões eletromiográficos alterados. Uma restrição ou uma falta de habilidade para realizar uma atividade ou função dentro do considerado normal para um indivíduo pode ser descrito como uma limitação funcional (CHEUNG, HUME & MAXWEL, 2003).

Reduções significativas da amplitude de movimento (ADM) induzidas por espasmos musculares têm sido descritas após exercícios excêntricos e utilizadas como marcador indireto de dano muscular induzido pelo exercício (CLARKSON & HUBAL 2002; McHUGH, 2003; ESTON & PETERS, 1999; BAILEY *et al.*, 2007; YANAGISAWA, 2003a; TAKAHASHI, ISHIHARA & AOKI, 2006; SELWOOD, *et al.*, 2007). Alguns autores atribuem essas diminuições da ADM à habilidade do corpo de se adaptar e de proteger o músculo da lesão (HAMILL, FREEDSON & CLARKSON, 1991; GOFF, HAMILL & CLARKSON, 1998).

Para avaliação do espasmo muscular pós-exercício foi utilizado a goniometria. A goniometria é dependente dos pontos de referência utilizados como padrão para o posicionamento dos braços do goniômetro e isso varia de acordo com a articulação testada (VENTURINI *et al.*, 2006; MENADUE *et al.*, 2006). É de fácil

aplicação, não invasiva, de baixo custo e, por isso a mais utilizada na prática clínica. Por outro lado, a reprodutibilidade de suas medidas apresenta limitação quanto ao seu uso por diferentes examinadores, o que limita as reavaliações periódicas que envolvam essas condições (VENTURINI *et al.*, 2006).

Outra medida de dano muscular indireta é a impulsão vertical que é um modo padrão ouro para se determinar a habilidade funcional do atleta. Ele tem sido especificamente utilizado para avaliar a potência de membros inferiores em atletas (CROSS *et al.*, 1996; BAILEY, 2007).

### 2.3 CRIOTERAPIA

O sucesso dos processos de melhora do desempenho e prevenção de lesões depende da qualidade da transição entre os estímulos do treinamento físico, além da sistematização da prescrição do exercício. Nesse sentido, uma adequada recuperação torna-se um aspecto importante de todo programa de condicionamento, tanto para atletas, como técnicos e diversos profissionais ligados a área da saúde. A recuperação pós - exercício consiste em restaurar os sistemas do corpo a sua condição basal, determinando a homeostase (PASTRE *et al.*, 2009).

Um método muito utilizado para a recuperação pós - exercício tem sido a crioterapia, que consiste na aplicação do frio com propostas terapêuticas, ou seja, é aplicação de qualquer substância no corpo que remove o calor, resultando na diminuição da temperatura tecidual. Ela é usualmente utilizada durante o estágio agudo de traumas com o propósito de diminuir os efeitos indesejáveis das lesões nos tecidos moles pela diminuição da resposta inflamatória (HOWATSON & VAN SOMEREN, 2008; NADLER, WEINGAND & KRUSE, 2004).

Apesar de a lesão primária não poder ser influenciada terapeuticamente, o crescimento secundário da lesão pode ser amenizado pela aplicação da crioterapia. Há evidências de que a crioterapia produz efeitos analgésicos e promove a restauração estrutural e funcional, o que favorece o processo de reabilitação (COHN, DRAEGER & JACKSON, 1989)

Sobre a lesão secundária Ahmadi, Sinclair & Davis (2008), citam que o oxigênio tem um papel crucial na vida dos seres humanos, e o seu consumo aumenta durante e imediatamente após o exercício. O aumento do conteúdo de

água no músculo, a aumentada pressão intramuscular e a vasodilatação depois de exercícios excêntricos podem mudar o padrão do fluxo sanguíneo local e dificultar a oxigenação muscular levando a uma hipóxia tecidual e conseqüente aumento das lesões (lesão secundária). Adicionalmente, danos musculares resultantes de exercícios excêntricos podem aumentar a necessidade de energia e, assim, a utilização muscular de oxigênio para o processo de reparação.

O resfriamento tem sido descrito por ter efeitos benéficos nos sistemas musculoesquelético e nervoso. Ocorre uma diminuição do fluxo sanguíneo (limitando a formação do edema), uma diminuição da temperatura tecidual e do metabolismo, levando a uma redução da morte celular por hipóxia secundária, protegendo assim as células que sobreviveram ao dano muscular e conseqüentemente o dano é reduzido (PASTRE *et al.*, 2009; BRANCACCIO, 2005)

Ocorre ainda uma redução na formação de hematomas, um alívio na dor (reduzido nível de percepção da dor) e no espasmo muscular (SWENSON *et al.*, 1996; ESTON & PETERS, 1999; WILCOCK, CRONIN & HING, 2006b).

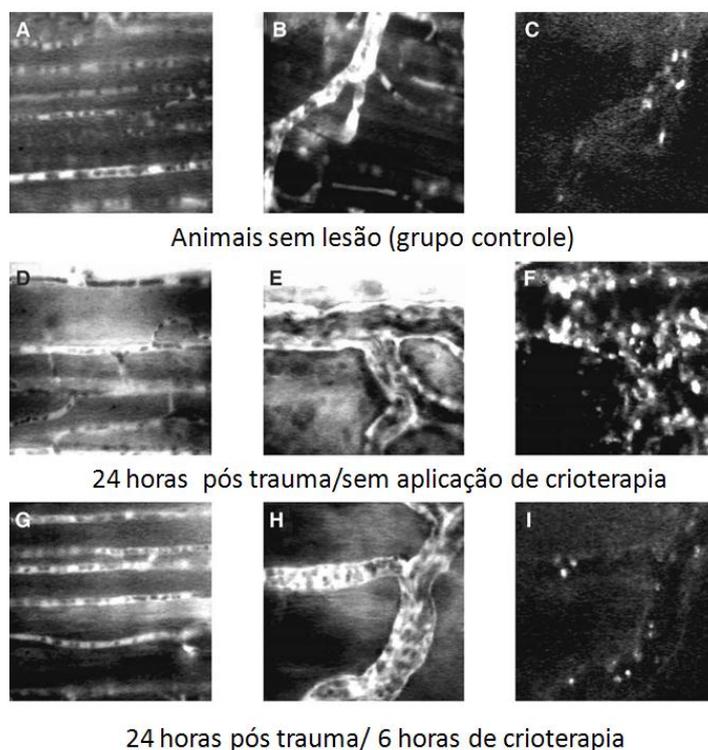
A eficácia da crioterapia tem sido investigada em casos de dano muscular induzido pelo alongamento ou por micro lesões, como os rompimentos de sarcômeros, que estão relacionados ao fenômeno da dor muscular de início tardio (CLARKSON & HUBAL, 2002).

É importante notar que essa cascata de respostas provocada pela crioterapia é favorável à diminuição da inflamação provocada por danos teciduais. Ainda no âmbito fisiológico, nota-se que componentes neurais também são afetados com baixas temperaturas. O resfriamento dos tecidos diminui a transmissão nervosa, reduzindo a liberação de acetilcolina e, possivelmente, estimulando células superficiais inibitórias a aumentar o limiar de dor (WILCOCK, CRONIN & HING, 2006).

Sob a premissa de que o processo inflamatório é desvantajoso para a reconstituição muscular, a crioterapia parece um tratamento muscular adequado após exercícios intensos. Porém a sua eficácia em casos onde as micro lesões prevalecem permanece controversa (YAMANE *et al.*, 2006).

Schaser *et al.*, (2007) observaram imagens microscópicas da perfusão microvascular em capilares e vênulas pós capilares, e a interação de células endoteliais- leucócitos no músculo esquelético de ratos após lesão muscular. Em animais não lesionados, uma perfusão capilar homogênea foi encontrada (FIGURA 3

- A) e vênulas pós capilares (FIGURA 3 - B) mostraram apenas pouca aderência de leucócitos ao endotélio microvascular de um segmento endotelial idêntico (FIGURA 3 - C). A lesão tecidual resultou em uma marcada diminuição na densidade capilar funcional (FIGURA 3 - D) e um aumento no derrame microvascular (FIGURA 3 - E) assim como a adesão de leucócitos (FIGURA 3 - F) 24 horas depois da lesão. Os autores concluíram que crioterapia contínua local pelas primeiras 6 horas depois do trauma (FIGURA 3 - G), parcialmente restaurou a integridade endotelial (FIGURA 3 - H), e diminuiu o acúmulo e a aderência de leucócitos (FIGURA 3 - I).



**Figura 3** – Imagens microscópicas fluorescentes eletrônicas da perfusão microvascular em capilares e veias pós capilares, e a interação celular endotélio-leucócitos em músculos esquelético de ratos (SCHASER, 2007)

No âmbito da medicina desportiva, um objetivo de treinadores em geral é o de recuperar o atleta o mais rápido e seguramente possível para competir. Uma modalidade de tratamento que está sendo utilizada para facilitar o alcance deste objetivo é a crioterapia. Hubbard, Aronson & Denegar (2004) realizaram uma revisão sistemática que objetivou concluir se a aplicação da crioterapia acelera a volta do

atleta às competições após lesões musculares e concluíram que ela pode ter efeitos positivos, porém ainda muito controversos.

Uma modalidade de crioterapia, a crioterapia de imersão ou a imersão em água gelada tem sido amplamente utilizada no campo da medicina esportiva. Na prática, a crioterapia de imersão consiste em colocar blocos de gelo em *containers* com água no qual o atleta permanece com os membros em imersão. Quando um corpo é imerso, a água exerce uma força compressiva chamada pressão hidrostática. Esta pressão pode causar um deslocamento de fluidos das extremidades para a cavidade central do corpo. Este deslocamento de fluidos pode aumentar a translocação de substratos do músculo, aumentar a frequência cardíaca e aumentar a habilidade do corpo de transportar substratos (WILCOCK, CRONIN & HING, 2006).

Vários estudos publicados recentemente envolvem a crioterapia dando ênfase na crioterapia de imersão por ser um método barato, de fácil aplicação, com elevada capacidade de resfriamento dos tecidos, maior controle da temperatura além dos benefícios das propriedades físicas da água.

Um deles foi o estudo de Eston & Peters (1999), que teve por objetivo avaliar o efeito da imersão em água gelada (crioterapia) nos sintomas do dano muscular induzido pelo exercício após exercício excêntrico máximo realizado no dinamômetro isocinético. Este estudo teve como variáveis dependentes marcadores de dano muscular com ênfase na CK e na dor muscular tardia. Os pesquisadores aplicaram um protocolo de 8 séries, com 5 repetições excêntricas máximas, de flexores de cotovelo em um grupo composto por 15 mulheres. Após o protocolo de exercícios o grupo foi dividido em grupo controle ou grupo crioterapia. O grupo crioterapia imergiu o membro superior exercitado em água com temperatura a 15°C por 15 minutos, imediatamente após o exercício e a cada 12 horas até completar 7 sessões enquanto o grupo controle permaneceu em repouso. Foram realizadas análises plasmáticas de CK além de análises de dor muscular, ângulo da articulação do cotovelo em relaxamento muscular, força isométrica e edema. Os autores concluíram que a crioterapia de imersão pode reduzir proporcionalmente alguns sintomas de dano muscular pós - exercício, porém não apresenta efeito na percepção de dor e na perda de força características do exercício excêntrico.

Outro importante estudo foi realizado por Bailey *et al.*, (2007), que teve como objetivo avaliar os efeitos da imersão em água gelada (crioterapia) em índices

de dano muscular após período prolongado de exercício intermitente. Neste, 20 homens habituados com atividade física completaram um protocolo de campo composto por 90 minutos de corrida intermitente. Após o exercício os sujeitos foram divididos em grupo crioterapia e grupo controle. O grupo tratamento permaneceu em imersão de membros inferiores por 10 minutos em temperatura média de 10°C. Percepção de dor muscular, mudanças na função muscular (força de contração voluntária isométrica máxima) e o efluxo de proteínas intracelulares (CK e mioglobina) foram monitorados antes do exercício, durante o tratamento, e em intervalos regulares até 7 dias após o exercício. Os autores verificaram que a crioterapia não tem efeito sobre a resposta da CK, porém reduziu as concentrações de mioglobina 1 hora após o exercício. Os resultados encontrados sugerem que a imersão em água gelada imediatamente após um período prolongado de corrida intermitente reduziu alguns índices de dano muscular induzido pelo exercício.

Já o estudo de Banfi, Malegati & Valentini (2007) teve como objetivo testar a eficácia de 3 tipos de protocolos de recuperação depois de uma intensa sessão de treino em jogadores de rugby. A sessão de treino tinha início com um aquecimento com trabalho de agilidade seguido por alongamento balístico e por 90 minutos de treino intenso com movimentos específicos do rugby. A amostra foi composta por trinta atletas do sexo masculino divididos em três grupos: 1) recuperação passiva; 2) recuperação ativa seguida por crioterapia (10 minutos na bicicleta seguidos por 10 minutos de imersão dos membros inferiores até a altura das cristas ilíacas a 5°C); 3) crioterapia seguida por recuperação ativa (10 minutos de imersão dos membros inferiores até a altura das cristas ilíacas seguida por 10 minutos na bicicleta). Amostras sanguíneas de CK foram analisadas imediatamente antes, logo após o exercício e após os 20 minutos de recuperação. As diferenças foram significativas para o grupo de recuperação passiva e imersão seguida por bicicleta. Os autores concluíram que a crioterapia de imersão e a recuperação ativa após uma sessão de treino estabilizaram a atividade de CK em jogadores de elite de rugby e podem ser efetivas para a recuperação.

A pesquisa realizada por Crowe, Connor & Rudd (2007) teve como objetivo verificar os efeitos da crioterapia de imersão após ciclismo anaeróbio. Dezessete sujeitos ativos realizaram duas séries de 30 segundos de esforço máximo no cicloergômetro separados por uma hora de recuperação. Logo após o esforço foi realizado 10 minutos de volta a calma no cicloergômetro seguidos por 15 minutos de

crioterapia de imersão em água a uma temperatura de 13-14°C (grupo tratamento) ou por 15 minutos de recuperação passiva (grupo controle). Os autores concluíram que a crioterapia de imersão causou uma diminuição significativa na *performance* de *sprint* no ciclismo do segundo teste quando aplicada uma hora de recuperação entre os testes.

Sellwood *et al.*, (2007) teve como objetivo determinar se a crioterapia de imersão após exercícios excêntricos de quadríceps minimiza os sintomas da dor muscular tardia. Os 40 voluntários não treinados realizaram um protocolo de exercício excêntrico com o membro não dominante e foram randomizados em dois grupos: 1) imersão em água com gelo (temperatura a 5 °C); 2) imersão em água em temperatura ambiente (24°C). As imersões eram realizadas com 1 minuto de imersão seguido por 1 minuto fora da imersão, este ciclo era repetido 3 vezes. Os autores avaliaram dor, edema, função muscular, força isométrica máxima e CK, antes, 24, 48 e 72 horas após o exercício. Neste estudo o protocolo de imersão escolhido foi ineficaz em diminuir marcadores de dor muscular tardia.

Goodal & Howatson (2008) tiveram como objetivo elucidar a eficácia de repetidas imersões em água gelada na recuperação dos danos musculares induzidos pelo exercício. Os sujeitos que participaram da pesquisa totalizaram 18 sujeitos ativos fisicamente e completaram uma série de 100 saltos e foram randomizados em dois grupos: 1) tratamento - 12 minutos de imersão em temperatura de 15°C; 2) controle – recuperação passiva. Força de contração voluntária máxima dos extensores do joelho, CK, dor muscular, amplitude de movimento foram avaliadas pré - exercício e nas 96 horas pós exercício a cada 24 horas. As variáveis dependentes apresentaram diferenças significativas em relação ao pré teste evidenciando o dano muscular induzido pelo exercício, porém não apresentaram diferenças entre o grupo tratamento e o grupo controle sugerindo que a crioterapia de imersão não trouxe melhora na recuperação depois do período de exercícios.

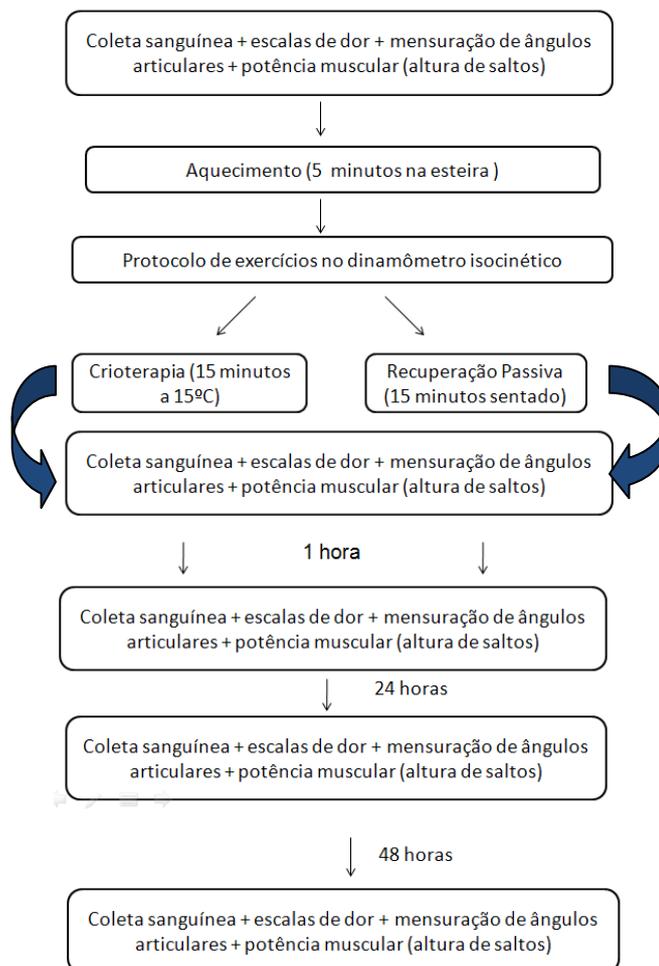
### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisas da Universidade Federal do Paraná, sob protocolo número 817.152.09.10

#### 3.1 DESIGN DO ESTUDO

De acordo com Thomas, Nelson & Silverman (2007) este estudo se caracteriza por ser quase experimental, na qual o pesquisador busca maior correspondência com ambientes do mundo real ao mesmo tempo em que controla o maior número possível de ameaças a validade interna. A figura 4 ilustra o design do estudo.

**Figura 4 – Design do estudo**



## 3.2 PARTICIPANTES

Participaram deste estudo 15 atletas de triathlon, do sexo masculino, com idades entre 18-35 anos, após assinatura do termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO 1). Os atletas são residentes da cidade de Curitiba-PR e fazem parte de equipes desta cidade. Todos estavam sob treinamento sistematizado e apresentaram-se aptos para seguir o protocolo apresentado.

O processo de amostragem foi realizado por conveniência.

### 3.2.1 Divisão dos grupos

Os 15 atletas foram divididos em dois grupos aleatoriamente: grupo experimental (8 atletas) e grupo controle (7 atletas).

## 3.3 CRITÉRIO DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Foram adotados como critérios de inclusão no presente estudo: 1) atletas de triathlon de Curitiba com pelo menos dois anos de treinamento sistematizado; 2) atletas que treinam no mínimo 4 vezes por semana;

Como critérios de exclusão: 1) histórico recente (mínimo de 6 meses) de lesões musculares; 2) procedimentos cirúrgicos nos joelhos (mínimo de 1 ano); 3) alergias ao frio; 4) Doença de Raynaud.

## 3.4 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

### 3.4.1 Instrumentos

Os recursos materiais necessários para a avaliação de  $VO_2$  máximo e para dados antropométricos dos atletas foram fornecidos pelo Centro de Estudos da *Performance Física* (CEPEFIS), laboratório pertencente ao Departamento de Educação Física, do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do

Paraná. Abaixo está a listagem dos equipamentos pertencentes ao CEPEFIS que foram utilizados:

- Uma esteira rolante modelo X-Fit 7 Power Treadmill, com velocidade máxima de 20 km/h e inclinação de 15%;
- Um sistema ergoespirômetro metabólico computadorizado de circuito aberto, modelo Parvo Medics TrueOne 2400;
- Um frequencímetro cardíaco modelo Polar RS800.
- Uma balança modelo Toledo 2096PP;
- Um estadiômetro modelo Sanny Profissional;
- Um adipômetro marca Cescorf;
- Um desfibrilador modelo DF 200;

Para a execução do protocolo de indução de dano muscular foi utilizado um dinamômetro isocinético marca CYBEX NORM (Ronkonkoma, NY) pertencente a Clinica do Joelho de Curitiba, situada a Rua Getúlio Vargas nº3366, Água Verde. Este equipamento possui velocidade angular de 0 a 500°/s (graus por segundo).

Para a aplicação do protocolo de crioterapia de imersão foi utilizado um recipiente plástico com capacidade para 250 litros de água (FIGURA 5). Para alcançar a temperatura almejada nesta pesquisa foram adicionados à água blocos de gelo. Para controle da temperatura da água foi utilizado um termômetro marca Incoterm, com monitoramento constante durante todo o processo de crioterapia.

**Figura 5-** Tambor de água para imersão



Fonte: dados da pesquisadora

### **3.4.2 Procedimentos**

A primeira etapa da coleta de dados consistiu na avaliação antropométrica e no teste de esforço máximo, que foram realizados nas dependências do Centro de Estudos da Performance Física (CEPEFIS), laboratório pertencente ao Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Nesse primeiro contato, apenas os sujeitos que obtiveram as condições pré-estabelecidas nos critérios de inclusão tomaram conhecimento individualmente dos objetivos, procedimentos, possíveis riscos e benefícios da participação na presente pesquisa. Aqueles que concordaram em participar de livre e espontânea vontade, receberam um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO 1), que por sua vez foi lido, preenchido e assinado manualmente pelos participantes, autorizando assim a utilização de seus dados na pesquisa.

Esse termo continha esclarecimentos sobre os objetivos e métodos que foram utilizados na pesquisa, bem como informou os possíveis riscos e benefícios da participação no estudo. Além disso, esse documento também garantia o anonimato dos dados, e confirmava a possibilidade dos participantes abandonarem as avaliações no momento em que desejassem. O procedimento de assinatura foi realizado na sala de espera privativa do Centro de Estudos da *Performance* Física (CEPEFIS) da Universidade Federal do Paraná.

Após assinatura do termo, os atletas que aceitaram participar do estudo foram submetidos a uma avaliação antropométrica, onde foram coletados os valores de peso corporal, estatura e dobras cutâneas. Para tanto, os atletas foram instruídos a não praticarem qualquer tipo de exercício físico antes das coletas.

### **3.4.3 Avaliação Antropométrica**

As avaliações antropométricas foram realizadas em uma sala adequada para a execução desse tipo de avaliação, pertencente ao Centro de Estudos da *Performance* Física (CEPEFIS) da Universidade Federal do Paraná.

Esse local figura como apropriado e seguro para a coleta desses dados, possuindo ainda um vestiário e um banheiro privativo no mesmo complexo estrutural.

Inicialmente foram obtidos a estatura e o peso, com a utilização de um estadiômetro Sanny com precisão de 1 mm e uma balança de marca Toledo com precisão de 50 gramas, respectivamente.

Com relação à coleta de espessura de dobras cutâneas, foram realizadas por apenas um avaliador experiente, sendo efetuada sempre no hemitorço direito dos avaliados e de acordo com os procedimentos apresentados por Heyward & Stolarczyk (2000).

Foi utilizado um adipômetro da marca Cescorf, com resolução de 0,1 mm e pressão de 10 g/mm<sup>2</sup>, sendo coletadas as seguintes dobras cutâneas de acordo com os seus respectivos pontos anatômicos (Heyward e Stolarczyk, 2000):

- **Subescapular:** medida obliquamente, imediatamente abaixo da extremidade do ângulo inferior da escápula;
- **Tricipital:** medida na região posterior do braço, no ponto médio de uma linha imaginária entre o ponto distal e proximal do tríceps;
- **Peitoral:** medida no ponto medial de uma linha imaginária traçada entre a linha axilar anterior e o mamilo;
- **Axilar:** medida longitudinalmente na linha axilar média, no mesmo nível do apêndice xifóide do osso esterno;
- **Suprailíaca:** medida obliquamente, no ponto médio de uma linha imaginária entre a última costela e a crista ilíaca;
- **Abdominal:** medida verticalmente a 2,5 cm a direita da cicatriz umbilical;
- **Coxa:** medida paralelamente ao eixo longitudinal do corpo, na distância média de uma linha imaginária entre o trocânter femoral e a borda superior da patela.

Para o cálculo do percentual de gordura, foi utilizada a equação desenvolvida para ser aplicada em atletas, proposta por Jackson & Pollock (1978). Esse método fornece o valor da densidade corporal, que será posteriormente convertida em gordura corporal relativa pela equação de Siri (1961).

### 3.4.4 Teste de Esforço Máximo na Esteira

Após a avaliação antropométrica, os atletas foram equipados com um freqüencímetro Polar RS800, que registra a freqüência cardíaca a cada 15 segundos. Os atletas permaneceram sentados por 5 minutos para a identificação da freqüência cardíaca de repouso ( $FC_{REP}$ ), que foi definida como o menor valor durante esse período.

Posteriormente, todos os atletas realizaram um teste de esforço máximo que objetiva a determinação do  $VO_{2MÁX}$  (TABELA 1).

A avaliação de esforço máximo foi realizada em uma esteira rolante modelo X-Fit 7 Power Treadmill, que possui velocidade e inclinação máxima de 20 km/h e 15%, respectivamente.

Para a determinação do  $VO_{2MÁX}$ , durante os testes os atletas estavam equipados com um sistema metabólico Parvo Medics TrueOne 2400 (EUA), equipamento que analisou os gases inspirados e expirados, por meio de análises paramagnéticas ( $O_2$ ) e de infravermelho ( $CO_2$ ).

Com relação a esse tipo de avaliação, o American College of Sports Medicine (ACSM) em 2005, afirmou que independente do protocolo escolhido, a velocidade e a inclinação da esteira devem ser adequadas de acordo com a capacidade física dos avaliados. Dessa maneira, o protocolo utilizado no presente estudo foi escalonado, com inclinação constante de 1%, velocidade inicial de 8 km/h e incrementos de 1 km/h a cada minuto até a exaustão.

**Tabela 1 – Protocolo do teste de esforço máximo na esteira rolante**

| <b>Estágio</b> | <b>Tempo (min)</b> | <b>Velocidade (km/h)</b> | <b>Inclinação (%)</b> |
|----------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| <b>1</b>       | 1 (1)              | 8,0                      | 1,0                   |
| <b>2</b>       | 1 (2)              | 9,0                      | 1,0                   |
| <b>3</b>       | 1 (3)              | 10,0                     | 1,0                   |
| <b>4</b>       | 1 (4)              | 11,0                     | 1,0                   |
| <b>5</b>       | 1 (5)              | 12,0                     | 1,0                   |
| <b>6</b>       | 1 (6)              | 13,0                     | 1,0                   |
| <b>7</b>       | 1 (7)              | 14,0                     | 1,0                   |
| <b>8</b>       | 1 (8)              | 15,0                     | 1,0                   |
| <b>9</b>       | 1 (9)              | 16,0                     | 1,0                   |
| <b>10</b>      | 1 (10)             | 17,0                     | 1,0                   |
| <b>11</b>      | 1 (11)             | 18,0                     | 1,0                   |
| <b>12</b>      | 1 (12)             | 19,0                     | 1,0                   |
| <b>13</b>      | 1 (13)             | 20,0                     | 1,0                   |

Os avaliados foram adequadamente motivados através de incentivos verbais e os avaliadores observaram constantemente a existência qualquer tipo de intolerância ao esforço por parte dos sujeitos. O teste seria interrompido caso ocorresse algum dos fatores a seguir, de acordo com o ACSM (2005): sintomas de angina; sinais de baixa perfusão sanguínea como dor de cabeça, confusão mental, náuseas, frio e palidez; baixo aumento da frequência cardíaca com o aumento da intensidade do exercício; manifestações físicas ou verbais de fadiga extrema e falha nos equipamentos. Após o término do teste, o avaliado teve o equipamento metabólico de  $VO_2$  retirado e caminhou a uma velocidade de 2 km/h por 3 minutos, onde a frequência cardíaca ainda foi registrada a cada 15 segundos.

O  $VO_{2MÁX}$ , de acordo com Powers & Howley (2006) e ACSM (2005), é obtido de acordo com a satisfação de critérios estabelecidos, que foram os seguintes: platô na captação do oxigênio com aumento da intensidade do esforço; quociente respiratório (R) acima de 1,15; frequência cardíaca no último estágio  $\pm$  10 bpm em relação à  $FC_{MÁX}$  predita no individuo ( $220 - idade$ ); sinais de extremo cansaço físico.

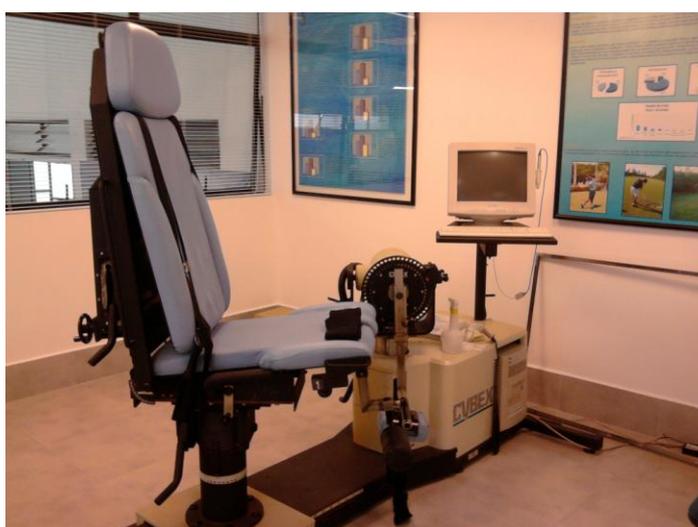
### 3.4.5 Protocolo de indução ao dano muscular no dinamômetro isocinético

O teste isocinético envolve a avaliação da tensão muscular máxima em toda a amplitude do movimento da articulação, a uma velocidade angular constante. (HOWLEY & FRANKS, 2008).

Bittencourt *et al.*, (2005) descreve a avaliação isocinética como, identificação de contração muscular onde a velocidade é pré-estabelecida e constante durante toda a amplitude de movimento, aplicando uma resistência acomodativa por todo seu eixo de movimento. Estabelecendo assim, uma maior resistência quando há um aumento da produção de força exercida pelo indivíduo, e não aumento da velocidade como acontece nos aparelhos isotônicos.

D'Alessandro *et al.*, (2005) relatam que, o dinamômetro isocinético (FIGURA 6) tem sido frequentemente usado em pesquisas com relação a função muscular dinâmica. Além de possuir uma excelente fidedignidade o dinamômetro isocinético permite explorar a aferição do pico de torque máximo em toda amplitude de movimento, uma de suas principais aplicações é a avaliação de testes monoarticulares em diversas articulações mecânicas do corpo humano.

**Figura 6** – Dinamômetro isocinético



Fonte: dados do pesquisador

Para a presente pesquisa foram realizadas, no dinamômetro isocinético, 4 séries com 10 repetições excêntricas máximas de extensores e flexores de joelho bilateralmente para indução de dano muscular (ESTON & PETERS, 1999; SELLWOOD, 2007) com intervalos de 1 minuto entre as séries (MAYHEW, THYFAULT & KOCH, 2005). A duração total do exercício foi de aproximadamente 20 minutos.

O dinamômetro isocinético realiza a ativação do movimento excêntrico aplicando uma força na direção contrária da direção de contração do músculo. Por exemplo: a flexão de joelho é induzida enquanto o sujeito tenta estender o joelho na posição sentada. Isto gera uma contração excêntrica de extensores de joelho (ESTON *et al.*, 1996).

A velocidade de execução das ações excêntricas também pode influenciar na ocorrência de dano muscular (FOSCHINI, PRESTES & CHARRO, 2007) e ações com maiores velocidades promovem um maior grau deste dano (FARTHING & CHILIBECK, 2003; CHAPMAN *et al.*, 2006). A velocidade angular de movimento foi programada em 60°/s e em cada série foram anotados o pico de torque (maior valor de força produzida em determinada angulação de movimento) apresentado em Newton/metro (N/m) e o trabalho total (quantidade total de força produzida pela área) em Joules (J).

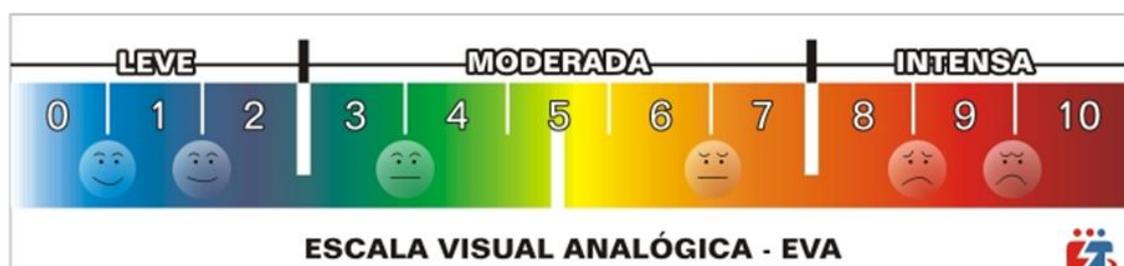
Para a realização do protocolo experimental no dinamômetro isocinético os sujeitos precisaram abster-se de qualquer exercício físico, consumo alcoólico e nicotínico um dia antes da coleta. Os sujeitos compareceram a Clínica do Joelho no período da manhã após o desjejum.

#### **3.4.6 Avaliação de percepção de dor muscular**

A escala visual analógica (EVA) adaptada de Huskisson (1974) ou escala numérica da dor (FIGURA 7), segundo Pereira & Sousa (1998), é um dos instrumentos mais utilizados na área da saúde. É um método subjetivo de percepção da dor tendo sua variação de 0 a 10, onde 0 representa ausência de dor e 10 o máximo de dor sentida. Na presente pesquisa ela foi utilizada para avaliar indiretamente o dano muscular induzido pelo protocolo de exercício e foi aplicada imediatamente antes, logo após o exercício, logo após o protocolo de recuperação,

24 e 48 horas após o exercício em ambos os grupos. O atleta escolheu uma nota que mais se apropriava à sua percepção de dor no momento da avaliação, assim como realizados em estudos anteriores (BAILEY *et al.*, 2007; HOWATSON & VAN SOMEREN, 2008; GOODAL & HOWATSON, 2008).

**Figura 7 – Escala Visual Analógica de Dor**



Fonte: adaptado de Huskisson (1974)

A escala de Vickers (2001) também foi aplicada para avaliação de sensação de dor muscular de membros inferiores nos mesmos momentos anteriormente citados para a aplicação da EVA (QUADRO 1).

**Quadro 1- Escala tipo likert de Vickers**

|       |   |
|-------|---|
| ( ) 0 | Completa ausência de dor  |
| ( ) 1 | Pequena dor sentida apenas quando tocado /uma dor vaga            |
| ( ) 2 | Dor moderada sentida apenas quando tocado/ dor leve e persistente |
| ( ) 3 | Dor pequena quando sobe ou desce escadas                          |
| ( ) 4 | Dor pequena quando caminha em terrenos planos/ dolorido           |
| ( ) 5 | Moderada dor, rigidez ou fraqueza quando caminha/ muita dor       |
| ( ) 6 | Dor severa que limita minha habilidade para me movimentar         |

Fonte: adaptada de Vickers (2001)

### 3.4.7 Avaliação da Amplitude de Movimento (ADM)

A goniometria foi realizada imediatamente antes e após o período de exercício, logo após o período de recuperação, 24 e 48 horas após o exercício. Para

a realização das medidas foi utilizado um goniômetro universal de material plástico (Carci). A goniometria foi realizada sempre pelo mesmo avaliador para evitar ameaças à fidedignidade das medidas. O goniômetro foi posicionado no epicôndilo lateral e o trocânter maior do fêmur para garantir o alinhamento.

Foram realizadas as medidas de extensão ativa de joelho para avaliar o espasmo do grupo muscular isquiotibiais. As medidas de extensão ativa de joelho foram realizadas com o sujeito em decúbito dorsal, com flexão de quadril e joelho a 90°. Foi pedido ao atleta que estendesse o joelho a amplitude máxima que conseguisse, o avaliador mensurou então o ângulo poplíteo para encurtamento de isquiotibiais (FIGURA 8), assim como realizaram Gama, Dantas & Souza (2009).

**Figura 8** – Goniometria de extensão ativa de joelho



Fonte: dados do pesquisador

### **3.4.8 Avaliação da potência muscular de membros inferiores**

A avaliação da potência muscular de membros inferiores foi realizada por meio da impulsão vertical ou salto vertical. Cada atleta realizou 3 saltos em cada tempo de coleta, sendo utilizados apenas o melhor valor das 3 tentativas.

A impulsão vertical (squat jump) é uma técnica de salto vertical contramovimento com o auxílio dos membros superiores (FIGURAS 9, 10 e 11).

Para a realização da impulsão vertical os sujeitos executaram a flexão do joelho a aproximadamente um ângulo de  $110^\circ$ , justificando-se por um ângulo ótimo para aplicação de força (HESPANHOL, NETO & DE ARRUDA, 2006).

Na presente pesquisa a avaliação da impulsão vertical foi realizada por meio da plataforma de saltos Jump System Fit, pertencente ao CEPEFIS. Esta possui um tapete de contato e uma área útil para saltos de 500 mm x 500 mm.

**Figura 9-** Squat Jump- posição inicial



**Figura 10-** Squat Jump- posição final



Fonte: dados do pesquisador

**Figura 11-** Squat Jump



Fonte: <http://www.bicycling.com/speed/14.jpg>

O Jump System 1.0 é um sistema que mensura variáveis relacionadas a saltos. O sistema apresenta tempo de contato, tempo de vôo, altura atingida, Potência em W e W/kg, Transfere os dados para o Excel, possui filtros para saltos válidos, permite configuração para número de saltos ou tempo de saltos (CEFISE-BIOTECNOLOGIA ESPORTIVA).

### 3.4.9 Coletas Sanguíneas

As coletas sanguíneas venosas foram realizadas imediatamente antes e logo após o exercício, logo após a aplicação do protocolo de recuperação e 24 e 48 horas após o exercício.

O Quadro 2 representa os momentos de coletas de sangue durante a pesquisa:

**Quadro 2-** Momentos de coleta sanguínea

| <b>Coletas</b> | <b>Momentos</b>   |
|----------------|---|
| 1              | Em repouso (imediatamente antes do protocolo de exercícios) |
| 2              | Imediatamente após do protocolo de recuperação              |
| 3              | 1 hora após o protocolo de recuperação                      |
| 4              | 24 horas após o protocolo de recuperação                    |
| 5              | 48 horas após o protocolo de recuperação                    |

Com relação à coleta propriamente dita, foram efetuadas por 1 auxiliar de enfermagem com experiência de 2 anos em coletas sanguíneas, que estava equipada com luvas descartáveis e utilizando sempre seringas e agulhas também descartáveis, respeitando todos os princípios de higiene e limpeza. Após higienizar o local do braço do sujeito com o uso de algodão e álcool a 70%, foram retirados 10 ml de sangue intravenoso, que foram armazenados em tubo heparinizado específico.

Após as coletas, as amostras foram conservadas em um compartimento térmico com gelo, e levadas para as análises bioquímicas, que foram

realizadas no Laboratório Brasil Paranalises Clínicas de Curitiba, sob responsabilidade técnica do Bioquímico Luis Emiliano Cirvelos (CRF 3226). Este por sua vez se comprometeu a armazenar as amostras adequadamente e realizar o devido descarte em lixo hospitalar depois de realizadas as análises.

A partir das amostras sanguíneas, foram analisadas as seguintes substâncias, de acordo com os respectivos métodos de análise.

#### 3.4.9.1 Leucograma (contagem de leucócitos)

Método de impedância com mensuração volumétrica, utilizando o Sistema CELL-DYN 1400, sendo que a diluição é realizada entre uma parte de sangue total por 250 partes de diluente 1,0 ml de reagente lise.

Nesta pesquisa foi dada ênfase às concentrações de leucócitos totais e neutrófilos.

#### 3.4.9.2 Creatina Kinase

Método cinético UV otimizado (IFCC) para determinação da CK em soro ou plasma, com a utilização de CR-NAC: unitest y AA (WIENER LAB, 2000).

Por especificidade de análise do laboratório a concentração de CK apresentada nesta pesquisa é a CPK que se caracteriza por ser a concentração de CK total sanguínea.

#### 3.4.9.3 Mioglobina

A dosagem de mioglobina sérica foi realizada através de ensaios para mioglobina N *latex myoglobin reagents* (da Behringwerk AG, Marburg, Alemanha), para uso com o nefelômetro Behring.

#### 3.4.9.4 Lactato Desidrogenase

Método cinético UV otimizado (DGKC) para determinação da LDH em soro, com a utilização de LDH-P: unitest (WIENER LAB, 2000).

#### 3.4.9.5 Cortisol

Método de determinação por colorimetria, com utilização de espectrofotômetro e kit de análise específico.

### 3.4.10 Protocolo experimental

Primeiramente foram realizados os testes antropométricos e de  $VO_2$  máximo na esteira com a utilização de medida direta avaliada com o analisador de gases.

No dia seguinte os sujeitos compareceram à clínica do Joelho no período da manhã em repouso, sendo realizada a primeira coleta sanguínea de todas as variáveis bioquímicas e ainda verificação da existência de dor (escala visual analógica), medidas de ângulos articulares e potência muscular.

Ao término da primeira coleta sanguínea e das demais variáveis os sujeitos realizaram um aquecimento de 5 minutos de caminhada na esteira e então foram levados a uma sala climatizada a 18°C e adequadamente posicionados no dinamômetro isocinético onde o eixo mecânico do aparelho foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur, a referência óssea para o eixo biológico da articulação do joelho (FIGURA 12).

A amplitude da angulação do teste foi limitada em 90° (D`ALESSANDRO *et al.*, 2005), com início em 0° de extensão e término em 90° de flexão do joelho.

**Figura 12** – Posicionamento no dinamômetro isocinético



Fonte: dados da pesquisadora

Foi realizado então o protocolo de quatro (4) séries com dez (10) repetições excêntricas máximas a 60°/s. O intervalo entre as séries foi de 1 minuto e de no máximo 5 minutos para a mudança de membro.

Logo após o exercício foi realizada aleatoriamente a divisão dos sujeitos em grupo tratamento e grupo controle. O grupo tratamento imergiu os membros inferiores até a altura das cristas ilíacas (FIGURA 13), por 15 minutos, em água a temperatura de aproximadamente  $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , conforme protocolo utilizado por Eston & Peters (1999). Além disso, Low & Reed (1994) *apud* Wilcock, Cronin & Hing (2006a) colocam que a sensação de dor pela aplicação do frio inicia a  $15^{\circ}\text{C}$ , por este motivo não foram utilizadas nesta pesquisa temperaturas abaixo desta.

O grupo controle permaneceu sentado por 15 minutos sem nenhum tipo de intervenção. Os dois grupos permaneceram, durante o período de 15 minutos de recuperação, em salas climatizadas a  $26^{\circ}\text{C}$ .

Após o tempo de recuperação foi realizada novamente a coleta sanguínea e a verificação da percepção de dor muscular (escala visual analógica e de Vickers), medidas de amplitudes de movimento articulares e potência muscular de membros inferiores.

Os sujeitos voltaram à clínica 24 e 48 horas após o término do protocolo de exercícios para nova coleta sanguínea e das demais variáveis. Os

atletas durante esse período abstiveram-se de qualquer atividade física, permanecendo o máximo de tempo possível em repouso.

Dentro desse período de 48 horas os atletas também foram instruídos a não ingerir bebidas alcoólicas e fármacos que pudessem interferir na análise dos resultados bioquímicos como antibióticos, antiinflamatórios e analgésicos.

**Figura 13** - imersão



Fonte: dados da pesquisadora

### **3.4.11 Determinação das Variáveis**

Variável Independente: Recuperação por meio de crioterapia de imersão.

Variáveis Dependentes: Creatina kinase (CK) plasmática, Lactato desidrogenase (LDH), mioglobina, cortisol, leucócitos, neutrófilos, avaliação subjetiva de dor, amplitude de movimento articular (ADM), potência de membros inferiores.

## **3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Inicialmente foi realizada para a caracterização da amostra, uma estatística descritiva, com média, desvio-padrão das variáveis: peso, altura, massa

corporal,  $VO_2$  máximo e frequência cardíaca. Todas as outras variáveis são apresentadas em média, desvio – padrão, valores mínimo e máximo.

Uma correlação de Pearson foi realizada com valores obtidos entre as duas escalas de dor, sendo obtida uma correlação alta (acima de 0,7) para todos os momentos de coletas.

Para todas as análises foi utilizado o software estatístico Statistica 6.0 for Windows, com a significância fixada em  $p \leq 0,05$ , sendo que as figuras foram construídas no software GraphPad Prism 4.0.

Para o prosseguimento das análises das variáveis dependentes, foi realizado um teste de normalidade dos dados (Shapiro-Wilks). Como os dados apresentaram-se como normais, com o objetivo de verificar os efeitos causados pelos protocolos de recuperação, foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) para medidas repetidas entre os valores encontrados nos cinco momentos de coletas (pré - exercício, imediatamente após recuperação, 1, 24 e 48 horas após o exercício) e entre os dois grupos (Experimental e Controle).

Posteriormente foi aplicado um teste de Post-hoc de Fisher para a identificação das variáveis e em quais tempos foram encontradas diferenças.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Com objetivo principal de caracterização da amostra, foram inicialmente mensurados os dados antropométricos (TABELA 2), que compreendeu o peso corporal (kg), estatura (cm) e %Gordura além da idade dos atletas.

**Tabela 2** – Características antropométricas dos 15 atletas

| <b>Variável</b>           | <b>Grupo Experimental</b> | <b>Grupo Controle</b> | <b>Valor de p</b> |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|
| <b>Idade (anos)</b>       | 25,5 ± 4,7                | 26,7 ± 4,1            | 0,63              |
| <b>Estatura (cm)</b>      | 178,1 ± 3,7               | 176,2 ± 5,2           | 0,44              |
| <b>Peso Corporal (kg)</b> | 71,7 ± 6,4                | 72,5 ± 7,6            | 0,83              |
| <b>% Gordura</b>          | 8,1 ± 1,5                 | 9,7 ± 3,6             | 0,27              |

Os parâmetros cardiorrespiratórios de frequência cardíaca e de consumo máximo de oxigênio dos atletas estão representados na tabela 3.

No desenvolvimento do estudo, os 15 atletas participantes foram divididos entre grupo experimental (n=8) e controle (n=7).

**Tabela 3-** Parâmetros cardiorrespiratórios dos 15 atletas

| <b>Variável</b>                       | <b>Grupo Experimental</b> | <b>Grupo Controle</b> | <b>Valor de p</b> |
|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|
| <b>VO<sub>2</sub> máx (ml/kg/min)</b> | 61,6 ± 5,2                | 61,2 ± 7,6            | 0,90              |
| <b>FC repouso (bpm)</b>               | 55,1 ± 5,2                | 58,8 ± 9,6            | 0,35              |
| <b>FC máxima (bpm)</b>                | 201 ± 2,6                 | 196 ± 3,0             | 0,78              |

### 4.2 PROTOCOLO DE EXERCÍCIO NO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO

O protocolo de exercícios para indução de dano muscular no dinamômetro isocinético foi realizado com 4 séries de 10 repetições para extensores e flexores de ambos os joelhos.

A média da frequência cardíaca durante o exercício no dinamômetro isocinético está representada na tabela 4 juntamente com o percentual da frequência cardíaca máxima.

**Tabela 4-** Frequência cardíaca durante o exercício e seu percentual pela frequência máxima

| Variável | Média | ±DP  | % FC máxima |
|----------|-------|------|-------------|
| FC (bmp) | 106,2 | 28,6 | 57          |

De acordo com Howatson, & Van Someren (2008), contrações excêntricas são capazes de gerar mais força do que contrações isométricas e concêntricas e ainda requer menor gasto energético por unidade de torque. Além disso, o trabalho excêntrico demanda menores custos metabólicos do que exercícios concêntricos e assim um menor estresse cardiovascular é envolvido, podendo justificar a baixa intensidade cardiovascular do exercício no dinamômetro isocinético.

Em estudo que verificou a magnitude da resposta da frequência cardíaca durante exercício isocinético excêntrico verificou picos de frequência de 107, 103 e 100 batimentos por minuto para velocidades de 30, 60 e 120°/s respectivamente (MALFATTI *et al.*, 2003).

O padrão e a magnitude de resposta da FC apresentam características típicas de acordo com o exercício executado. Estudos permitem concluir que o exercício concêntrico resulta em maior ativação cardiocirculatória que o excêntrico, apesar de produzir um nível de estiramento muscular e torque menores (MALFATTI *et al.*, 2003; HORSTMANN *et al.*, 1994).

#### 4.2.1 Variáveis isocinéticas

Durante o protocolo de exercícios foram anotados o pico de torque em Newton por metro (N/m) e o trabalho total em joules (J), de extensores e flexores de joelho, ao final de cada uma das 4 séries de 10 repetições.

Selwood *et al.*, (2007) utilizaram um protocolo para indução de dano muscular semelhante ao desta pesquisa. Os autores tiveram como amostra 40 sujeitos não treinados e estes realizaram 5 séries de 10 repetições, a 120% de 1

RM, de exercícios excêntricos na máquina extensora. Porém no estudo de Selwood *et al.*, (2007) o protocolo foi aplicado unilateralmente.

A tabela 5 demonstra o pico de torque de extensores de joelhos ao final da primeira série (PTEX1), da segunda série (PTEX2), da terceira série (PTEX3) e da quarta série (PTEX4) de exercício.

**Tabela 5 –** Pico de torque de extensores de joelhos direito e esquerdo de cada série do protocolo de exercícios (média± DP)

| Variável                                     | PTEX1      | PTEX2      | PTEX3      | PTEX4      |
|--|------------|------------|------------|------------|
| <b>Pico de torque extensor direito (Nm)</b>  | 232,3±55,4 | 332,0±46,0 | 324,0±44,6 | 244,3±34,8 |
| <b>Pico de torque extensor esquerdo (Nm)</b> | 203,7±53,4 | 214,1±45,3 | 215,6±49,1 | 223,0±39,5 |

A tabela 6 traz os valores de pico de torque de flexores de joelhos direito e esquerdo ao final da primeira série (PTFL1), da segunda série (PTFL2), da terceira série (PTFL3) e da quarta série (PTFL4) de exercício.

**Tabela 6 -** Pico de torque de flexores de joelhos direito e esquerdo de cada série do protocolo de exercícios (média± DP)

| Variável                                   | PTFL1      | PTFL2      | PTFL3      | PTFL4      |
|--|------------|------------|------------|------------|
| <b>Pico de torque flexor direito (N/m)</b> | 159,7±30,1 | 154,6±26,2 | 160,7±23,4 | 157,4±21,4 |
| <b>Pico de torque flexor esquerdo (Nm)</b> | 138,7±29,1 | 150,0±37,5 | 143,8±20,8 | 146,3±19,2 |

Quando comparados com populações normais não atletas os valores produzidos nesta pesquisa mostram-se superiores tanto para extensores como para flexores. Batista *et al.*, (2008) observaram um pico de torque flexor de 105±35Nm e extensor de 151±58Nm.

Já Poletto *et al.*, (2008), realizaram um trabalho de fortalecimento excêntrico em sujeitos saudáveis e observaram pico de torque extensor direito: 304±

53Nm e esquerdo:  $311 \pm 63$ Nm, pico de torque flexor  $123 \pm 22$ Nm, sendo estes semelhantes aos encontrados nesta pesquisa.

Rezende, Pereira & Bittencourt (2004), propuseram dados normativos para pico de torque excêntrico para flexores e extensores de joelho de jogadores de futebol. Apresentando os seguintes dados:

- ✓ Pico de torque flexor dominante: 183,2 Nm
- ✓ Pico de torque flexor não dominante: 167,4 Nm
- ✓ Pico de torque extensor dominante: 317,6 Nm
- ✓ Pico de torque extensor não dominante: 296,1 Nm

A tabela 7 demonstra os valores de trabalho total de extensores de joelhos direito e esquerdo, ao final da primeira série (TEX1), da segunda série (TEX2), da terceira série (TEX3) e da quarta série (TEX4). O trabalho total de cada série é caracterizado pela somatória do trabalho de cada uma das 10 repetições.

**Tabela 7** – Trabalho de extensores em média  $\pm$ DP de joelhos direito e esquerdo ao final de cada série do protocolo de exercícios

| Variável                       | TEX1               | TEX2               | TEX3               | TEX4               |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Trabalho extensor direito (J)  | 1962,4 $\pm$ 498,5 | 1993,0 $\pm$ 407,7 | 2062,6 $\pm$ 335,1 | 2012,9 $\pm$ 288,1 |
| Trabalho extensor esquerdo (J) | 1646,0 $\pm$ 386,5 | 1604,3 $\pm$ 285,0 | 1784,3 $\pm$ 353,9 | 1821,6 $\pm$ 316,8 |

A tabela 8 demonstra os valores de trabalho total de flexores de joelhos direito e esquerdo, ao final da primeira série (TFL1), da segunda série (TFL2), da terceira série (TFX3) e da quarta série (TFX4).

**Tabela 8** - Trabalho de flexores de joelhos direito e esquerdo ao final de cada série do protocolo de exercícios (média  $\pm$ DP)

| Variável                     | TFL1               | PTFL2              | PTFL3              | PTFL4              |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Trabalho flexor direito (J)  | 1354,6 $\pm$ 301,5 | 1354,2 $\pm$ 253,6 | 1351,8 $\pm$ 223,0 | 1304,7 $\pm$ 199,3 |
| Trabalho flexor esquerdo (J) | 1224,9 $\pm$ 254,6 | 1302,9 $\pm$ 322,9 | 1226,8 $\pm$ 152,8 | 1235,0 $\pm$ 154,7 |

### 4.3 EFEITOS DA RECUPERAÇÃO PÓS - EXERCÍCIO

Nesse momento são apresentados os resultados referentes ao comportamento das variáveis bioquímicas, da potência de membros inferiores, da avaliação da sensação de dor e da amplitude de movimento, além das devidas comparações entre o grupo crioterapia (GE) e o grupo controle (GC).

Importante salientar que todas as coletas foram realizadas sempre pelo período da manhã.

Com relação às nomenclaturas utilizadas nas tabelas e figuras que serão apresentados a seguir, fica estabelecido que letras diferentes e postadas acima representem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os momentos para o grupo controle. Letras diferentes e postadas abaixo representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os momentos para o grupo crioterapia. Asteriscos representam diferenças significativas entre os grupos.

#### 4.3.1. Leucócitos

As células brancas ou leucócitos são responsáveis pelo sistema de proteção do organismo, essas células têm a função de se deslocar para áreas em que o organismo está sofrendo algum tipo de dano, tais como inflamações e infecções (GUYTON & HALL, 2006).

O aumento significativo da quantidade de leucócitos constitui um processo conhecido como leucocitose, que ocorre quando os valores dessa variável são identificados como acima de 10000 unidades por  $\text{mm}^3$  de sangue (VERRASTRO, 2002).

Após a lesão, a penetração e a invasão do tecido lesionado por leucócitos, perpetua o contínuo processo de destruição antes que sejam removidos os restos celulares (SCHASER *et al.*, 2007).

A tabela 9 apresenta os valores das concentrações de leucócitos nos momentos pré - exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 horas e 48 horas após o protocolo de recuperação no GE e no GC.

Tabela 9 – Comportamento dos leucócitos ( $\text{mil}/\text{mm}^3$ ) em média  $\pm$  desvio-padrão

| Grupo                 | Pré             | Imediatamente e após        | 1 hora após                  | 24 horas após   | 48 horas após   |
|-----------------------|-----------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|
| <b>Crioterapia GE</b> | 6183 $\pm$ 1408 | 5781 $\pm$ 850 <sup>a</sup> | 6756 $\pm$ 1758 <sup>b</sup> | 6530 $\pm$ 1780 | 6268 $\pm$ 2091 |
| <b>Controle GC</b>    | 6482 $\pm$ 1156 | 6521 $\pm$ 1332             | 6342 $\pm$ 1158              | 6345 $\pm$ 1201 | 7110 $\pm$ 1750 |

*Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo experimental ( $p \leq 0,05$ )*

Alguns estudos já verificaram que o exercício físico moderado ou de alta intensidade estimula a produção de leucócitos (LEANDRO *et al*, 2002; DOHI, KRAEMER & MASTRO, 2003; DIAS *et al*, 2007; FERREIRA *et al*, 2007).

Sobre o assunto, Nieman (1997) cita que a prática de exercícios físicos pode provocar um stress muscular, especialmente quando atividade é prolongada e intensa. Nesse momento, uma resposta inflamatória é iniciada por parte do músculo, sendo caracterizada principalmente pelo aumento do número de leucócitos, movimentação de fluídos e proteínas plasmáticas.

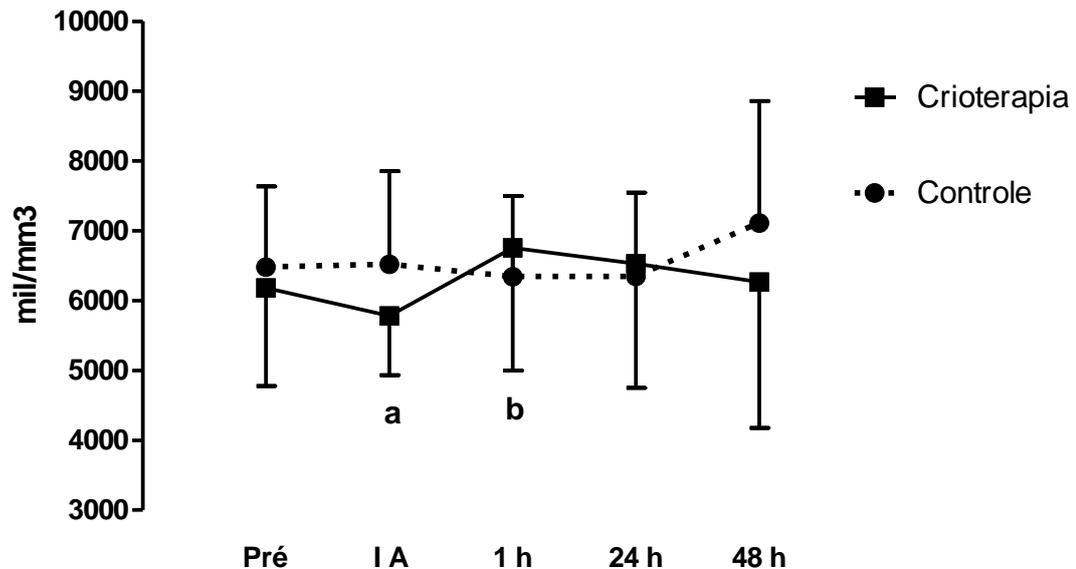
Pedersen & Hoffman-Goetz (2000) e Prestes *et al.*, (2008) afirmam que a leucocitose provocada pelo exercício se relaciona com a intensidade de exercício e pode ser atribuída aos elevados níveis de catecolaminas, bem como aos altos níveis de cortisol sanguíneo. Já Rosa & Vaisberg (2002) afirmam que atividades físicas acima de 60% do  $\text{VO}_{2\text{MÁX}}$  estimulam a secreção desses hormônios, aumentando também a densidade dos receptores beta-adrenérgicos.

Tradicionalmente, a relação entre fadiga muscular, infiltração de leucócitos, dor e indicadores de dano muscular têm sido estudada utilizando protocolos de exercícios com ênfase nas contrações excêntricas, que são responsáveis por severos danos musculares (MACINTYRE *et al.*, 1995, 1996, 2000). Mais especificamente, MacIntyre *et al.*, (1996) encontraram um aumento dos leucócitos no músculo depois de exercício excêntrico de quadríceps.

Apesar de a presente pesquisa ter envolvido contrações excêntricas máximas de quadríceps e isquiotibiais seus resultados não evidenciam um aumento significativo no número de leucócitos sanguíneos, este fato pode estar relacionado à baixa intensidade cardiovascular apresentada como pode ser observado na tabela 4. Apenas no GE foram encontradas diferenças nos tempos de logo após e 1 hora

após a imersão. A diferença desses tempos se deve à queda no número de leucócitos logo após a imersão e então, em 24 horas após a imersão, um aumento expressivo, como pode ser visto na figura 14.

**Figura 14-** Comparativo dos leucócitos pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação



Letras diferentes abaixo representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo crioterapia ( $p \leq 0,05$ )

O GC não apresentou aumentos significativos nas concentrações de leucócitos em nenhum dos momentos.

Em nenhum momento dos tempos de coletas houve diferenças entre os grupos nos valores das concentrações de leucócitos, sendo possível notar que a crioterapia de imersão não causou efeitos significativos na quantidade de leucócitos encontrada nos atletas.

Raastad *et al.*, (2003), relata que o tempo para acúmulo de leucócitos no sítio da lesão muscular e conseqüente resposta inflamatória é de 1 hora após o exercício.

Corroborando com os achados desta pesquisa, Malm *et al.*, (2004), investigaram o processo inflamatório, incluindo acúmulo de leucócitos, no músculo esquelético e no epimísio de um grupo composto por homens e mulheres praticantes de exercício físico. Os sujeitos foram divididos em 3 grupos e correram a

50-70% do seu  $VO_2$  máx: (n=5) realizaram 45 minutos de corrida na esteira com 4 graus de inclinação negativa; (n=8) correram 45 minutos a 8 graus de inclinação negativa; (n= 5) correram 45 minutos a 4 graus de inclinação positiva e mais um grupo controle de 9 sujeitos. Uma biopsia de cada sujeito foi realizada 48 horas após o exercício e amostras de sangue foram colhidas nos 7 dias seguintes ao exercício. Comparados com o grupo controle nenhum dos grupos exercitados apresentou diferenças significativas nas variáveis inflamatórias.

Um estudo realizado por Schaser *et al.*, (2007) teve como objetivos principais avaliar os efeitos da crioterapia local prolongada percutânea nas mudanças da microcirculação do músculo esquelético, na interação celular leucócitoendotelial e nas respostas inflamatórias em ratos submetidos a lesões musculares. Estes autores encontraram uma diminuição do número de leucócitos da quantidade de leucócitos aderidos em células endoteliais, após a aplicação da crioterapia.

Schaser *et al.*, (2007) argumentam que uma maior quantidade de leucócitos aderidos no endotélio está relacionada à formação de trombos, o que agrava a já prejudicada perfusão muscular e uma inadequada perfusão de oxigênio leva a uma hipóxia que resulta em um ainda maior dano celular.

A sustentada aderência de leucócitos nas células endoteliais, sustentada pelas citocinas, como por exemplo, o TNF- $\alpha$ , facilita a penetração e invasão do tecido lesionado por esses leucócitos perpetuando o processo destrutivo antes da remoção dos restos celulares, além disso, o mecanismo envolvido na infiltração de leucócitos no músculo lesionado é caracterizado pelo fato de que a atividade fagocítica não apenas remove as estruturas danificadas, mas também causa dano a algumas estruturas intactas, exacerbando o dano inicial (SCHASER *et al.*, 2007).

Um estudo onde o dano muscular foi induzido por contrações excêntricas em ratos, houve uma correlação por tempo na aumentada degradação de proteínas com a infiltração de fagócitos nos músculos exercitados (LOWE *et al.*, 1995). Este fato sugere que a atividade fagocítica pode causar danos musculares tardios e reduzir a união muscular horas depois do dano inicial durante o exercício.

Outra investigação que utilizou ratos para avaliar os efeitos da crioterapia no comportamento de leucócitos foi a de Lee *et al.*, (2005). Após uma indução ao dano muscular de membros inferiores, os autores observaram o

comportamento de leucócitos circulantes e aderidos no endotélio das veias dos animais após 10 minutos de imersão a 3, 27 e 37°C de temperatura. Concluíram que o número de leucócitos tanto circulantes como aderidos foi significativamente menor no grupo que realizou a imersão a 3°C.

Já Raastad *et al.*, (2003), realizaram um estudo com homens saudáveis praticantes de musculação os quais foram submetidos a 5 séries com 3 repetições máximas de exercícios concêntricos e excêntricos no *leg press* e na máquina extensora. O membro dominante realizou os exercícios e o membro não dominante serviu como controle. O objetivo dos autores era observar por meio de cintilografia o acúmulo de leucócitos nos músculos da coxa. Para isso foi injetado intravenosamente nos sujeitos, após os exercícios, um contraste específico para identificação de leucócitos. Nesta investigação os autores encontraram um aumentado número de leucócitos na perna exercitada comparada com o controle, 1 a 24 horas após o exercício de força. Além disso, o número de leucócitos marcados pelo contraste na perna exercitada aumentou de 8 a 21 horas e no mesmo período também foi percebida uma dificultada capacidade de gerar força máxima. Estes resultados mostram uma relação temporal entre a infiltração de leucócitos nos músculos exercitados e o curso da recuperação muscular, porém esta investigação não utilizou nenhuma forma terapêutica para melhora da recuperação muscular.

#### **4.3.2 Neutrófilos**

Os neutrófilos são as primeiras células a acumular no tecido no local da lesão, destruindo o tecido necrótico por meio da fagocitose enquanto trabalha em conjunto com os macrófagos (CLARKSON & HUBAL, 2002).

A tabela 10 apresenta os valores das concentrações de neutrófilos nos momentos pré - exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 horas e 48 horas após o protocolo de recuperação no grupo experimental (GE) e no grupo controle (GC).

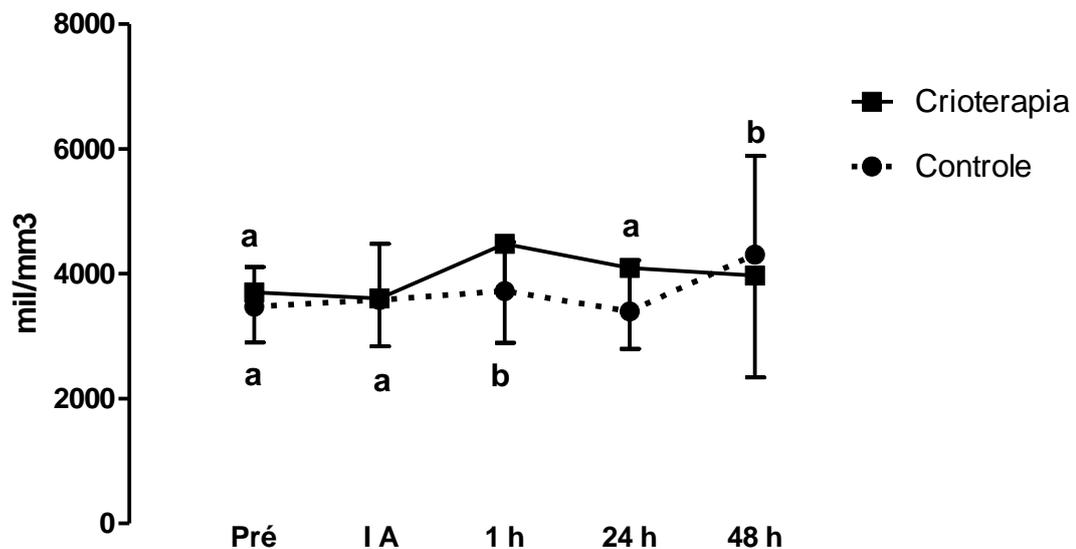
**Tabela 10** - Comportamento dos neutrófilos ( $\text{mil}/\text{mm}^3$ ) em média  $\pm$  desvio-padrão

| Grupo                 | Pré                          | Imediatamente após          | 1 hora após                  | 24 horas após               | 48 horas após                |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <b>Crioterapia GE</b> | 3702, $\pm$ 805 <sup>a</sup> | 3604 $\pm$ 766 <sup>a</sup> | 4480 $\pm$ 1587 <sup>b</sup> | 4095 $\pm$ 1299             | 3974 $\pm$ 1634              |
| <b>Controle GC</b>    | 3473 $\pm$ 637 <sup>a</sup>  | 3583 $\pm$ 898              | 3722 $\pm$ 788               | 3399 $\pm$ 815 <sup>a</sup> | 4307 $\pm$ 1581 <sup>b</sup> |

*Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupos ( $p \leq 0,05$ )*

O GC apresentou aumento na concentração de neutrófilos sanguíneos no momento 48 horas após a recuperação em relação aos momentos pré – exercício e 24 horas após a recuperação. O GE apresentou aumento na concentração de neutrófilos no momento 1 hora após a recuperação em relação aos momentos pré – exercício e imediatamente após a recuperação, porém estabilizou seus valores nos momentos 24 e 48 horas após a recuperação, como pode ser visto na figura 15.

**Figura 15** - Comparativo dos neutrófilos pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação



*Letras diferentes acima representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo controle ( $p \leq 0,05$ ). Letras diferentes abaixo representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo crioterapia ( $p \leq 0,05$ )*

A prática de exercícios em condições de altas temperaturas ambientes ( $\geq 28^\circ\text{C}$ ) estimula uma maior mobilização sistêmica de neutrófilos do que a temperaturas temperadas ou frias ( $\leq 18^\circ\text{C}$ ), porém estas diferenças relacionadas a temperatura tende a desaparecer quando o exercício é praticado à fadiga

(BRENNER *et al.* 1996; CROSS, WILSON & PERRIN, 1996; MCFARLIN & MITCHELL 2003).

Estes autores afirmam ainda que a temperatura central corporal mais elevada promove uma maior resposta do sistema imune e conseqüente maiores mobilizações de neutrófilos. As concentrações de neutrófilos circulantes permanecem mais elevadas e por períodos maiores quando o exercício é realizado em condições de calor.

Com o objetivo de investigar a influência da temperatura central (retal) nas mudanças do sistema imune pós exercício Peak *et al.*, (2008) recrutaram um grupo de ciclistas do sexo masculino que completaram 2 séries de exercício em condições de calor (32°C) e 1 série em condições de temperatura temperada (18°C). Após as séries de exercício em condições de calor os grupos foram divididos e permaneceram por 20 minutos em imersão em água gelada (14°C) e recuperação sentada em sala climatizada.

Os achados de Peak *et al.*, (2008) corroboram com os achados desta pesquisa pois mostram que contrário a hipótese verdadeira, a imersão em água gelada durante a recuperação de exercício, não apresentou efeito significativo nas concentrações de neutrófilos entre os grupos.

Porém as concentrações de neutrófilos apresentaram diferenças no grupo experimental nos momentos pré - exercício e 1 hora após exercício, assim como no trabalho de Brenner *et al.*, (1999), os quais reportaram que uma exposição de 2 horas ao ar gelado (5°C) após uma hora de ciclismo a 35°C a 55% do VO<sub>2</sub> máx, reduziu a temperatura corporal, porém aumentou a contagem de neutrófilos, IL-6 plasmática e concentrações de norepinefrina ao final do exercício. Também notaram que a exposição ao frio mesmo sem aplicação de exercício prévio induziu a um pequeno aumento, porém significativo, na concentração de neutrófilos.

### **4.3.3 Lactato Desidrogenase**

A lactato desidrogenase é uma enzima que se localiza no citoplasma de praticamente todas as células do organismo, tendo uma função reguladora do

metabolismo anaeróbio, pois catalisa a reação de conversão do piruvato em lactato (WILMORE & COSTILL, 2001).

Assim como a CK, a LDH também está associada a lesões musculares, pois se desloca para a corrente sanguínea como consequência do rompimento da membrana plasmática da célula muscular (FOSCHINI, PRESTES & CHARRO, 2007). A tabela 11 demonstra os valores de LDH pré – exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 e 48 horas após a recuperação nos grupos experimental (GE) e controle (GC).

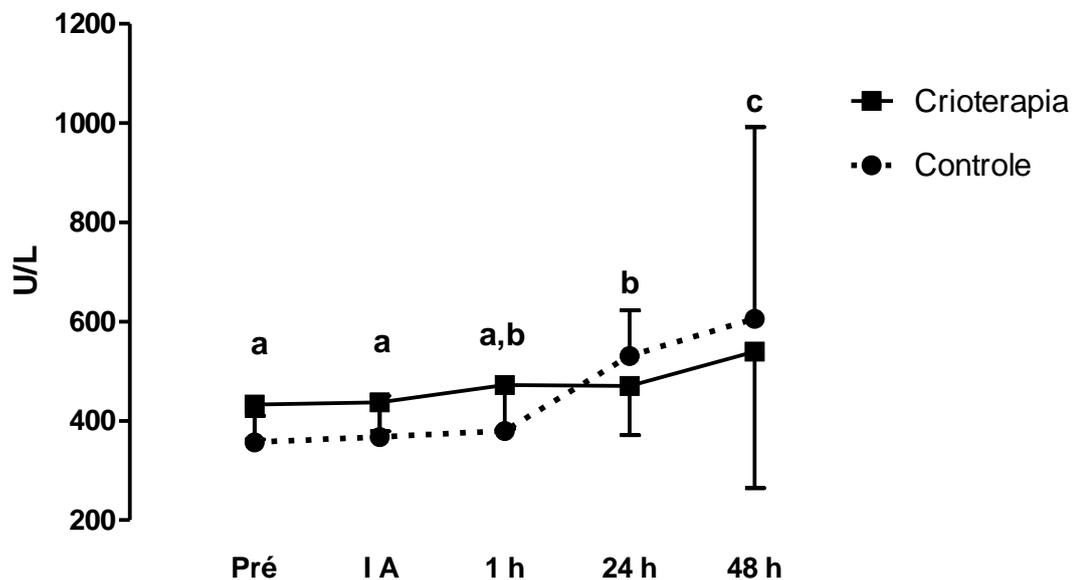
**Tabela 11 – Comportamento da LDH (U/L) em média  $\pm$  desvio-padrão**

| <b>Grupo</b>              | <b>Pré</b>                    | <b>Imediatamente após</b>     | <b>1 hora após</b>              | <b>24 horas após</b>          | <b>48 horas após</b>           |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| <b>Crioterapia<br/>GE</b> | 433,1 $\pm$ 70,7              | 437,2 $\pm$ 58,2              | 472,0 $\pm$ 88,1                | 470,1 $\pm$ 98,9              | 539,5 $\pm$ 274,9              |
| <b>Controle<br/>GC</b>    | 356,7 $\pm$ 53,0 <sup>a</sup> | 367,5 $\pm$ 82,7 <sup>a</sup> | 379,7 $\pm$ 10,9 <sup>a,b</sup> | 530,5 $\pm$ 92,2 <sup>b</sup> | 605,4 $\pm$ 386,7 <sup>c</sup> |

*Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupos ( $p \leq 0,05$ )*

A LDH apresentou aumento significativo no GC no momento 48 horas após a recuperação em relação aos momentos pré-exercício, imediatamente após e 1 hora após a recuperação e no momento 24 horas após a recuperação em relação aos momentos pré – exercício e imediatamente após a recuperação. O GE não apresentou diferenças em nenhum dos tempos de coleta, sendo possível verificar que a crioterapia de imersão estabilizou os níveis de LDH no GE não causando aumentos em relação aos níveis pré – exercício como ser visto na figura 16.

**Figura 16-** Comparativo da LDH pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação



*Letras diferentes acima representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo controle ( $p \leq 0,05$ )*

Vaile *et al.*, (2008), realizaram uma investigação que contou com 38 homens com experiência em treino de força para comparar os efeitos da imersão em água gelada (14 minutos a 15°C), imersão em água quente (14 minutos a 38°C), terapia de contraste (1 minuto a 15°C + 1 minuto a 38°C até completar 14 minutos) e controle (recuperação passiva sentado por 14 minutos). Foi utilizado um protocolo de exercícios excêntricos no *leg press* que consistiu em 5 séries de 10 repetições a 120% de 1 RM. Amostras de sangue venoso foram colhidas antes, logo após, 24, 48 e 72 horas após o exercício. Os autores concluíram, assim como na presente pesquisa que não houve diferença entre os grupos nas concentrações de LDH em nenhum dos tempos de coleta.

Banfi *et al.*, (2009) utilizaram exposições alternadas a temperaturas do ar extremamente baixas (-60°C) por 30 segundos uma vez ao dia por uma semana em atletas profissionais de rugby. As cargas de treinamento durante essa semana não foram alteradas, sendo as mesmas da semana anterior ao experimento. Foram coletadas amostras sanguíneas antes do início das exposições ao ar gelado e após 1 semana. Neste caso os autores verificaram que as concentrações de LDH foram significativamente menores após a exposição ao frio quando comparadas com as

concentrações iniciais e concluíram que este tipo de crioterapia melhora a recuperação pós – exercício.

#### 4.3.4 Creatina Kinase

A enzima Creatina Kinase (CK) localiza-se no interior da célula e está envolvida no processo de ressíntese do ATP por meio da quebra da Creatina Fosfato, processo que fornece energia para a formação de uma nova molécula de ATP (WILMORE & COSTILL, 2001).

Atualmente, a concentração sanguínea dessa enzima tem sido associada com exercício físico e lesões musculares, pelo fato de que quando há um rompimento de alguma célula do músculo, o conteúdo do citoplasma, dentre eles a CK, se extravasa para a corrente sanguínea (TOTSUKA *et al*, 2002; SAYERS & CLARKSON, 2003). A tabela 12 demonstra a variação da CK pré – exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 e 48 horas após o protocolo de recuperação nos grupos experimental (GE) e controle (GC).

**Tabela 12** – Comportamento da CK (U/L) em média e desvio-padrão

| Grupo                     | Pré                      | Imediatamente após       | 1 hora após              | 24 horas após              | 48 horas após              |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>Crioterapia<br/>GE</b> | 440,2 ±395,4             | 458,0±396,7              | 476,3±397,9              | 685,1±422,1                | 625,3±450,9*               |
| <b>Controle<br/>GC</b>    | 189,4±140,9 <sup>a</sup> | 206,7±139,7 <sup>a</sup> | 224,8±130,3 <sup>a</sup> | 1964,2±1875,3 <sup>b</sup> | 2265,8±4251,0 <sup>b</sup> |

*Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupos ( $p \leq 0,05$ )*

*Asteriscos representam diferenças estatisticamente significativas inter-grupos ( $p \leq 0,05$ )*

Os valores de CK encontrados nesta pesquisa se assemelham aos encontrados por Chapman *et al.*, (2006), que realizaram um estudo que comparou duas séries (uma série a 30º/s e outra a 120º/s) de 30 repetições de exercícios excêntricos de flexão de cotovelo em sujeitos destreinados no dinamômetro isocinético e encontraram valores de 1298,2 ± 427,7 U/ L com pico de liberação enzimática em 96 horas após o exercício.

Valores muito mais elevados do que os encontrados por Chapman *et al.*, (2006) e pela presente pesquisa foram os encontrados por Toft *et al.*, (2002).

Estes autores realizaram um protocolo de 60 minutos de exercícios excêntricos em cicloergômetro com 10 sujeitos praticantes de atividade física regular. As concentrações de CK foram monitoradas a cada hora por 4 horas após o exercício e 1, 2 e 5 dias após o exercício. As concentrações de CK total apresentaram pico no quinto dia após o exercício apresentando valores em média e desvio – padrão de  $10,301 \pm 5,863$  U/l.

Totsuka *et al.*, (2002), citam que a variação das concentrações de CK nos indivíduos depende das características físicas individuais e da experiência de treino de cada indivíduo. Estes autores recrutaram 15 sujeitos do sexo masculino não atletas que realizaram 90 minutos de exercício aeróbico no cicloergômetro por três dias consecutivos. A liberação de CK sérica foi monitorada 22 vezes por nove dias consecutivos ao exercício. Os sujeitos apresentaram um pico de liberação de CK 48 horas pós o exercício e foram divididos em “altos respondentes” e “baixos respondentes” apresentando valores em média e desvio-padrão de  $751 \pm 81$  e  $184 \pm 16$ , respectivamente.

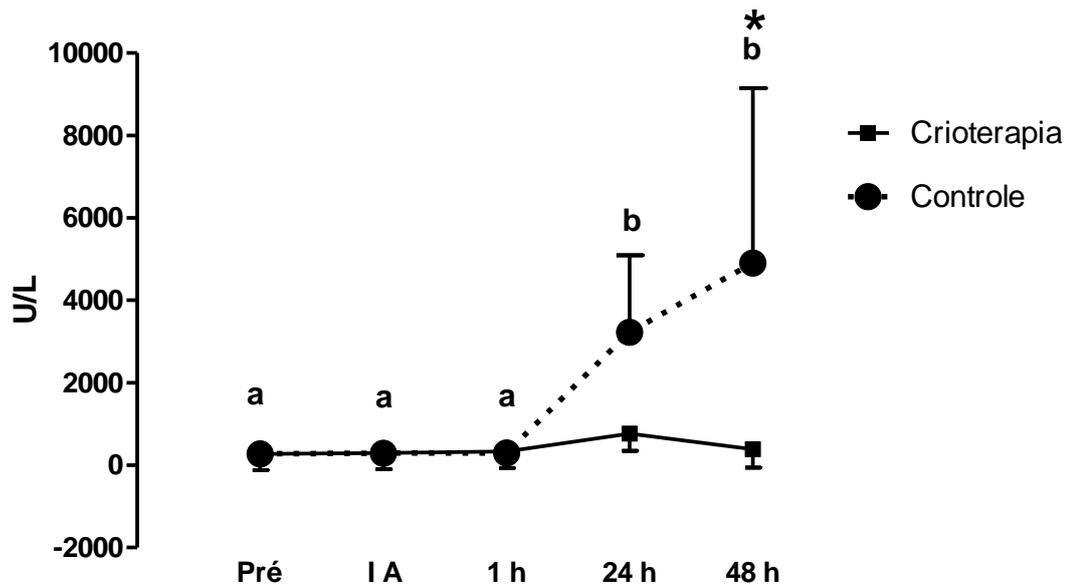
Já Eston *et al.*, (1996) utilizou uma amostra de atletas estudantis para verificar o comportamento da CK após exercícios de corrida em esteira com inclinações negativas. Os valores apresentados de CK alcançaram seu pico em 48 horas após os exercícios e são apresentados em média e desvio – padrão de  $405 \pm 234$ .

A existência de dois tipos de comportamentos (“altos respondentes e “baixos respondentes”) para a resposta de CK, como colocam Totsuka *et al.*, (2002), e a grande variabilidade de valores de CK apresentados por outras investigações (Chapman *et al.*, 2007; Toft *et al.*, 2002; Eston *et al.*, 1996) pode ser a explicação para os valores elevados dos desvios-padrões em ambos os grupos encontrados nesta investigação.

Na presente investigação, como pode ser observado na figura 17, as concentrações de CK apresentaram aumento significativo no GC nos momentos 24 e 48 horas após a recuperação em relação aos momentos pré-exercício, imediatamente após e 1 hora após a recuperação. O grupo que foi submetido à crioterapia de imersão não apresentou diferenças em nenhum dos tempos de coleta, sendo possível observar que a crioterapia de imersão foi efetiva e eficaz para estabilizar os níveis de CK após o exercício.

Observa-se na figura 17 que, no momento 48 horas após a recuperação houve diferença ( $p=0,03$ ) entre os grupos nos valores das concentrações de CK.

**Figura 17-** Comparativo da CK pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação



Letras diferentes acima representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo controle ( $p \leq 0,05$ )

Asteriscos representam diferenças estatisticamente significativas inter-grupos ( $p \leq 0,05$ )

Deve-se ressaltar que houve diferença entre os grupos GE e GC no momento 48 horas após a recuperação. Pode-se notar que o aumento da CK no GC foi significativo em 24 e 48 horas após a recuperação e apresentou seus valores de pico em 48 horas, fato que não ocorreu no GE. Muitos autores citam que o tempo de pico de liberação da CK fica entre 24 e 96 horas após o exercício (ESTON & PETERS, 1999; MOUGIOS, 2007; CHAPMAN *et al.*, 2007; TOTSUKA *et al.*, 2002).

Pastre *et al.*, (2009) e Brancaccio (2005) apontam que após a aplicação da crioterapia, ocorre uma diminuição do fluxo sanguíneo (limitando a formação do edema), uma diminuição da temperatura tecidual e do metabolismo, levando a uma redução da morte celular por hipóxia secundária, protegendo assim as células que sobreviveram ao dano muscular e conseqüentemente o dano é reduzido, reduzindo assim a concentração de marcadores de lesão tecidual.

A cinética de resposta da CK na presente pesquisa se mostrou muito semelhante à encontrada por Eston & Pertes (1999). Os autores contaram com uma amostra de 15 mulheres jovens e saudáveis para a realização de 8 séries com 5 repetições excêntricas máximas de flexores de cotovelo, no dinamômetro isocinético. Após o protocolo de exercícios o grupo foi dividido em grupo controle (n=7) ou grupo crioterapia (n=8). O grupo crioterapia imergiu o membro superior exercitado em água com temperatura a 15°C por 15 minutos imediatamente após o exercício e a cada 12 horas até completar 7 sessões enquanto o grupo controle permaneceu em repouso.

Neste estudo de Eston & Peters (1999) os valores de CK no grupo controle, no terceiro dia após o exercício, se apresentaram maiores ( $p < 0,05$ ) dos valores de repouso e dos valores do grupo experimental, ressaltando um efeito positivo de recuperação do grupo experimental. Estes autores explicam que ainda não está claro qual o mecanismo para a diferença encontrada na atividade de CK entre os grupos. Citam que muitas linhas de explicação podem ser propostas: houve uma redução do efluxo de CK do músculo para o sistema linfático, uma redução na quantidade do dano muscular pós - exercício como um resultado da aplicação do gelo, ou um aumento da remoção no grupo tratamento.

Vaile *et al.*, (2008), encontraram, após protocolo de indução ao dano muscular seguido por imersão em água gelada, uma diminuição importante nas concentrações de CK, nos tempos 24 e 72 horas após o exercício. Para explicar os efeitos benéficos da imersão em água gelada nas concentrações de CK, os autores justificam que os efeitos compressivos da imersão em água criam um deslocamento de fluidos da periferia para a cavidade central o que resultaria em múltiplas mudanças fisiológicas, aumento no transporte de substratos e no débito cardíaco. Estas mudanças podem aumentar a remoção de produtos catabólicos com o potencial de melhorar a recuperação após exercícios.

Banfi, Malegati & Valentine (2007) concluíram que após uma sessão profissional de treino de rugby a crioterapia de imersão (10 minutos a 5°C) estabiliza a atividade da CK e pode ser efetiva para melhorar a recuperação.

Outros estudos não apresentaram diferenças nas concentrações de CK após a aplicação de crioterapia de imersão (BAILEY *et al.*, 2007; YANAGISAWA *et al.*, 2003a, HOWATSON, GOODAL & VAN SOMEREN, 2009; GOODAL & HOWATON, 2008; SELWOOD *et al.*, 2007). Deve-se ressaltar que esses estudos apresentam grande variabilidade quanto à temperatura da água, tempo de aplicação

da imersão, diferenças nas características amostra, alguns tendo não atletas como sujeitos, o que dificulta a possibilidade de comparações mais fidedignas.

#### 4.3.5 Mioglobina

A mioglobina, freqüentemente é encontrada como um dos marcadores de dano muscular (LAVENDER & NOSAKA, 2006; NOSAKA *et al.*, 2007; NEUBAUER, KÖNIG & WAGNER, 2008; AHMADI, SINCLAIR & DAVIS, 2008), isso porque essa molécula é citoplasmática e não tem a capacidade de atravessar a barreira da membrana sarcoplasmática. Por esse fato, o aumento da concentração sérica dessa molécula é utilizado como indicativo de dano na membrana muscular e outras estruturas teciduais (FOSCHINI, PRESTES & CHARRO, 2007).

A tabela 13 demonstra a variação da mioglobina pré – exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 e 48 horas após o protocolo de recuperação.

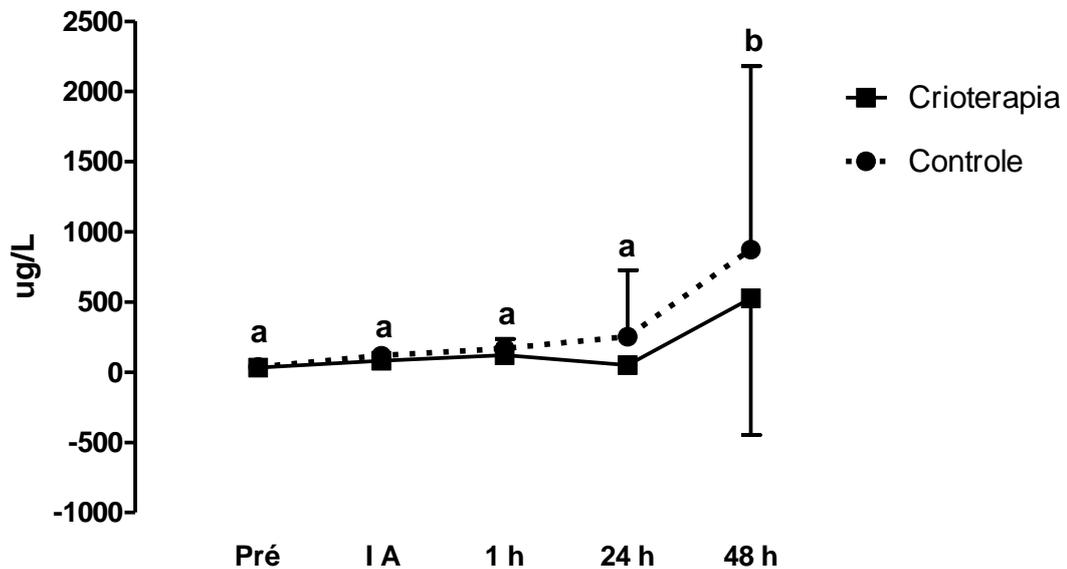
**Tabela 13** – Comportamento da mioglobina (ug/L) em média  $\pm$  desvio-padrão

| Grupo                 | Pré                          | Imediatamente após            | 1 hora após                   | 24 horas após                  | 48 horas após                   |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| <b>Crioterapia GE</b> | 32,7 $\pm$ 11,7              | 80,9 $\pm$ 28,8               | 121,2 $\pm$ 58,6              | 50,2 $\pm$ 24,0                | 526,2 $\pm$ 974,5               |
| <b>Controle GC</b>    | 36,7 $\pm$ 12,2 <sup>a</sup> | 118,4 $\pm$ 46,3 <sup>a</sup> | 169,5 $\pm$ 67,8 <sup>a</sup> | 252,2 $\pm$ 474,7 <sup>a</sup> | 873,8 $\pm$ 1308,0 <sup>b</sup> |

*Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupos ( $p \leq 0,05$ )*

A mioglobina apresentou aumento significativo no GC nos momentos 24 e 48 horas após a recuperação em relação aos momentos pré-exercício, imediatamente após e 1 hora após a recuperação. O GE não apresentou diferenças em nenhum dos tempos de coleta, como pode ser visto na figura 18. Este comportamento aproxima-se muito do comportamento apresentado pela LDH e CK nesta pesquisa.

**Figura 18-** Comparativo das concentrações de mioglobina pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação



*Letras diferentes acima representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo controle ( $p \leq 0,05$ )*

Diferentemente dos achados desta pesquisa, Ahmadi, Sinclair & Davis (2008) realizaram um estudo com uma série de 40 minutos de caminhada a 6,4 km/h em esteira com inclinação negativa de  $-25^\circ$  e verificaram o padrão de resposta da mioglobina antes, logo após e nos 4 dias seguintes ao exercício. Os autores observaram um pico da concentração de mioglobina no tempo 1 hora após a atividade. As concentrações da proteína retornaram aos seus níveis pré – exercício no terceiro dia após o mesmo.

Lavender & Nosaka (2006) tiveram como objetivo comparar o comportamento da CK e da mioglobina, após um protocolo de exercícios excêntricos de flexores de cotovelo, em uma amostra de idosos e de jovens saudáveis. Foram observados picos de concentrações sanguíneas dessas proteínas nos quarto e quinto dias após o exercício, sendo estas maiores em jovens do que nos idosos. Os autores atribuem as diferenças de concentrações dessas proteínas, nos sujeitos de diferentes idades, à suscetibilidade que as fibras musculares do tipo II (contração rápida) apresentam ao dano muscular induzido pelo exercício quando comparadas às fibras do tipo I (contração lenta).

Neubauer, König & Wagner (2008) verificaram a resposta de enzimas de dano muscular e do sistema imune durante 19 dias após uma corrida competição

de triatlon “ironman” que consiste em 3,8 km de natação, 180 km de ciclismo e 42,2 km de corrida. Os autores encontraram um pico da concentração de mioglobina de 3842% ( $p < 0,001$ ) acima dos valores de pré – corrida, logo após a prova e mantendo-se elevados durante os 19 dias após a competição.

Bailey *et al.*, (2007), após a realização de um protocolo de corrida intermitente em campo e consequente aplicação de crioterapia de imersão a 10°C por 10 minutos, apresentaram aumentos nas concentrações de mioglobina logo após o exercício tanto no grupo crioterapia quanto no grupo controle ( $p < 0,05$ ). A mioglobina alcançou um pico em 1 hora após o exercício no grupo controle, porém apresentou reduções significativas no grupo crioterapia neste mesmo momento. Estes fatos não ocorreram na presente pesquisa, sendo que as concentrações de mioglobina apresentaram aumento e um pico em seus valores no momento 48 horas após a recuperação para os dois grupos, não apresentando diferenças entre os mesmos.

Já Vaile *et al.*, (2008) não encontraram diferenças nas concentrações de mioglobina sanguínea após protocolo de exercícios excêntricos de indução ao dano muscular seguido por 4 protocolos de recuperação muscular (recuperação passiva, imersão em água gelada, terapia de contraste e imersão em água quente).

Howatson, Gaze & Van Someren (2005), investigaram o efeito da massagem com gelo após séries de exercícios excêntricos, nas concentrações de mioglobina e de CK e em algumas funções musculares em 12 indivíduos destreinados. Os autores encontraram um aumento significativo na concentração de mioglobina até 96 horas após o exercício em ambos os grupos: controle e experimental, porém não observaram diferenças entre os grupos.

É possível notar, nesta investigação, que as concentrações de mioglobina, assim como as de CK e de LDH, apresentam uma tendência à estabilização, sendo possível apontar que a crioterapia de imersão pode ser benéfica para a recuperação muscular.

### 4.3.6 Cortisol

McArdle, Katch & Katch (2003) citam que concentrações elevadas de cortisol por longos períodos acarretam em fracionamento excessivo das proteínas, desgaste dos tecidos, equilíbrio nitrogenado negativo e aceleração das gorduras para fornecimento de energia em períodos de inanição e exercício prolongado.

Estudos revelam que os níveis de cortisol são alterados conforme a intensidade e a duração do exercício. Em exercícios de longa duração (acima de 2 horas), observa-se aumento do cortisol, cujas normalizações podem demorar de 18 a 24 horas (DE SOUZA *et al.*, 1995; HOOGEVEEN & ZONDERLAND, 1996).

A tabela 14 demonstra a variação do cortisol pré – exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 e 48 horas após o protocolo de recuperação.

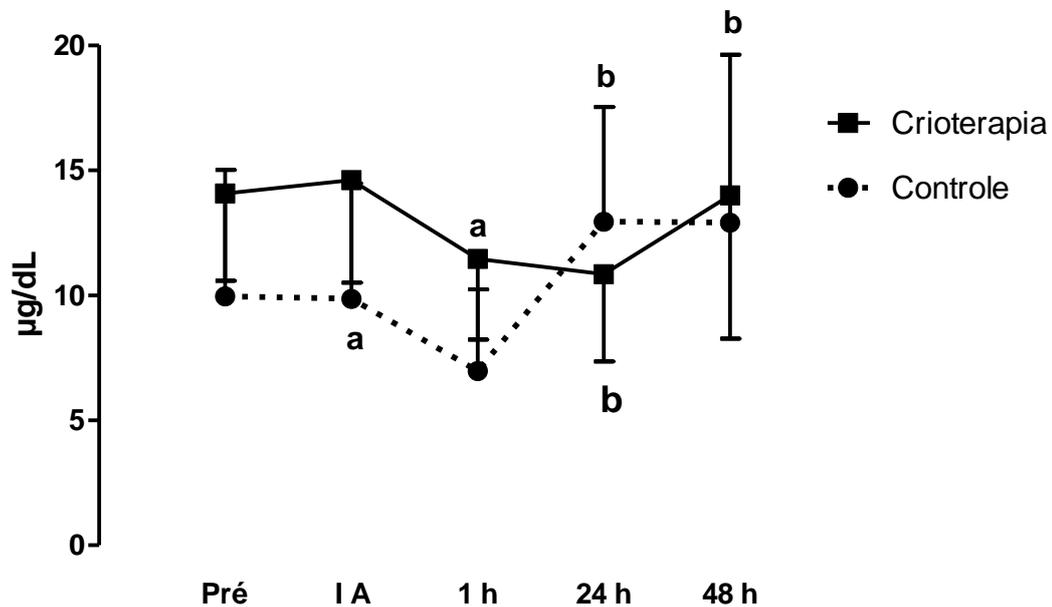
**Tabela 14** – Comportamento do cortisol sanguíneo ( $\mu\text{g/dL}$ ) em média  $\pm$  desvio-padrão

| Grupo                 | Pré            | Imediatamente após          | 1 hora após                | 24 horas após               | 48 horas após               |
|-----------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Crioterapia GE</b> | 14,0 $\pm$ 3,4 | 14,6 $\pm$ 4,1 <sup>a</sup> | 11,4 $\pm$ 3,2             | 10,8 $\pm$ 3,4 <sup>a</sup> | 14,0 $\pm$ 5,7              |
| <b>Controle GC</b>    | 9,9 $\pm$ 5,0  | 9,8 $\pm$ 4,6               | 6,9 $\pm$ 3,2 <sup>a</sup> | 12,9 $\pm$ 4,5 <sup>b</sup> | 12,9 $\pm$ 6,7 <sup>b</sup> |

*Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupos ( $p \leq 0,05$ )*

O cortisol apresentou diminuição significativa no GE no momento 24 horas após a recuperação em relação ao momento imediatamente após a recuperação. O GC apresentou aumento significativo nos momentos 24 e 48 horas após a recuperação em relação ao momento 1 hora após a recuperação. Em nenhum momento dos tempos de coletas houve diferenças entre os grupos ( $p > 0,05$ ) nos valores das concentrações de cortisol, sendo possível notar que a crioterapia de imersão não causou efeitos significativos na quantidade desse hormônio encontrado nos atletas, como demonstra a figura 19.

**Figura 19-** Comparativo do cortisol pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação



Letras diferentes acima representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo controle ( $p \leq 0,05$ ). Letras diferentes abaixo representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo crioterapia ( $p \leq 0,05$ ).

França *et al.*, (2006), verificaram o aumento do cortisol sérico logo após uma maratona em 20 atletas do sexo masculino. Os altos níveis de cortisol também apresentaram uma correlação positiva com enzimas de desgaste muscular como a LDH e a CK. Os autores citam que várias modalidades de exercícios intensos e de longa duração (maior que 2 horas) promovem aumento dos níveis de cortisol logo após o término do exercício e que alguns autores observaram aumento deste hormônio em exercícios de curta duração, ou exercícios de força, porém sem uma justificativa clara.

Halsen *et al.*, (2008) realizaram um estudo com objetivo de examinar as respostas termorregulatórias, cardiovasculares, metabólicas, endócrinas e inflamatórias à crioterapia de imersão após ciclismo em alta ambiente com alta temperatura. Onze ciclistas treinados completaram 2 séries (uma para grupo tratamento e outra para grupo controle) de 40 minutos de ciclismo a 74% do  $VO_2$  máx. O grupo tratamento realizou 3 imersões com duração de 60 segundos, separadas por 120 segundos, a 11,5°C e o grupo controle permaneceu sentado em ambiente a 24°C. As concentrações de cortisol foram medidas imediatamente depois do exercício e logo após o protocolo de recuperação.

Os autores colocam que informações ainda empíricas suportam o fato de que a crioterapia poderia induzir alterações hormonais, assim como a diminuição de hormônios catabólicos (cortisol) e aumentar concentrações de hormônios anabólicos estimulando assim uma recuperação muscular mais acelerada. Porém os resultados encontrados por Halson *et al.*, (2008) não favorecem estas sugestões, pois nenhuma alteração foi observada nos parâmetros endócrinos avaliados.

#### 4.3.7 Potência de membros inferiores

O salto vertical é um modo padrão ouro para se determinar a habilidade funcional do atleta. Ele tem sido especificamente utilizado para avaliar a potência de membros inferiores de atletas (CROSS, WILSON & PERRIN, 1996; BAILEY, 2007).

Médias e desvios-padrões para o desempenho de potência de membros inferiores por meio da impulsão vertical nos momentos pré – exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 e 48 horas após o exercícios estão listadas na tabela 15.

**Tabela 15** – Comportamento da impulsão vertical (cm) em média  $\pm$  desvio-padrão

| Grupo                 | Pré                         | Imediatamente Após          | 1 hora após                 | 24 horas após                 | 48 horas após                 |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Crioterapia GE</b> | 41,2 $\pm$ 4,5 <sup>a</sup> | 36,4 $\pm$ 2,8 <sup>b</sup> | 36,8 $\pm$ 4,0              | 40,9 $\pm$ 2,5 <sup>a,c</sup> | 42,2 $\pm$ 3,1 <sup>a,c</sup> |
| <b>Controle GC</b>    | 39,3 $\pm$ 5,9 <sup>a</sup> | 36,5 $\pm$ 4,6 <sup>b</sup> | 37,4 $\pm$ 5,2 <sup>b</sup> | 39,3 $\pm$ 4,2 <sup>a,c</sup> | 38,9 $\pm$ 7,0 <sup>a,c</sup> |

*Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo ( $p \leq 0,05$ )*

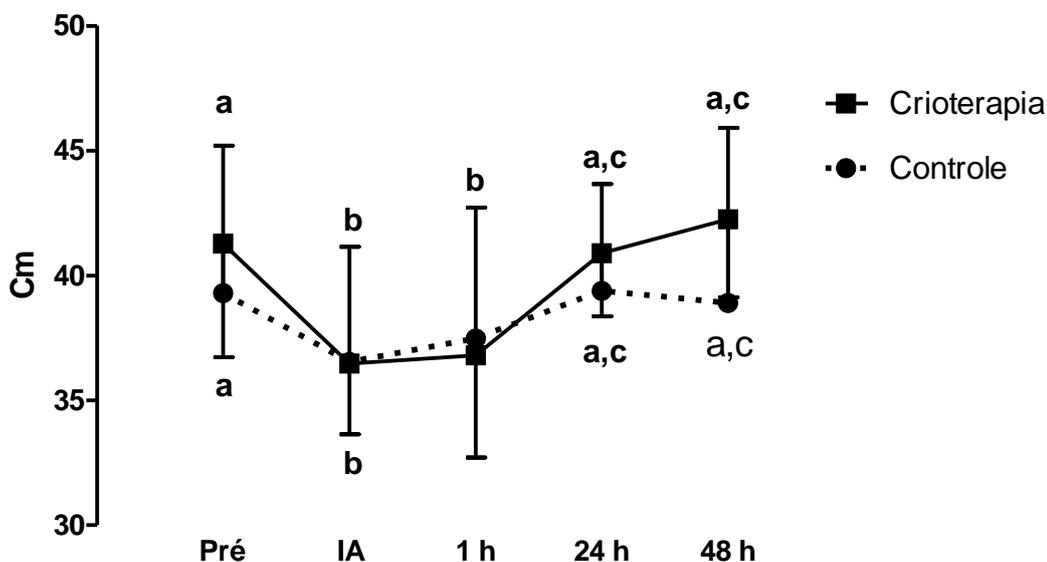
Pode-se notar na figura 20 que o GE apresentou, em relação aos níveis pré – exercício, uma queda na impulsão vertical no tempo imediatamente após a crioterapia. Apresentou melhora com aumento da impulsão vertical realizados pelos atletas nos momentos 24 e 48 horas após a recuperação em relação ao momento imediatamente após a crioterapia.

Já o GC apresentou, nos momentos imediatamente após e 1 hora após a recuperação uma queda significativa em relação aos valores pré – exercício. Os

momentos 24 e 48 horas após a recuperação apresentaram valores mais altos de impulsão vertical em relação aos momentos imediatamente após e 1 hora após a recuperação como mostra a figura 20.

Em nenhum momento dos tempos de coletas houve diferenças entre os grupos ( $p>0,05$ ) na impulsão realizada pelos atletas, como demonstra a figura 20.

**Figura 20-** Comparativa da impulsão vertical pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação



*Letras diferentes acima representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo controle ( $p\leq 0,05$ ). Letras diferentes abaixo representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo crioterapia ( $p\leq 0,05$ )*

Ao final das 48 horas de acompanhamento é interessante notar que o retorno da produção de potência aos níveis pré – exercício foi mais rápido no GE.

Cheung, Hume & Maxwell (2003) citam que a dor pode levar a um prejuízo no desempenho do atleta e levar a uma restrição ou uma falta de habilidade para realizar uma atividade ou função dentro do considerado normal. Os níveis de sensação de dor, como serão apresentados no seguinte subcapítulo, mantiveram-se altos em todos os tempos de coleta pós – exercício podendo alterar os padrões de produção de potência de membros inferiores dos atletas.

Achados semelhantes ao desta pesquisa foram encontrados por Cross, Wilson & Perrin (1996), que realizaram um estudo que examinou os efeitos da

imersão em água gelada (13°C) em 3 testes funcionais para performance: teste de corrida intermitente, salto vertical unipodal e o *hop test* de 6 metros. Vinte voluntários jogadores de futebol amador foram divididos em 2 grupos, o grupo experimental e grupo controle que permaneceu em repouso sem imersão. Os dois grupos foram submetidos aos 3 testes antes e após a aplicação do tratamento. Os autores encontraram uma diminuição significativa ( $p=0.01$ ) da altura dos saltos e dos tempos de corrida intermitente logo após a aplicação da imersão em água gelada.

Os efeitos da crioterapia no fuso muscular e no reflexo miotático são de grande importância considerando a fisiologia muscular. Quando a redução na temperatura do tecido intramuscular, a descarga neuronal e a sensibilidade dos fusos musculares são dificultadas. Adicionalmente, mesmo se o estímulo do músculo ativar o reflexo de estiramento, a mensagem neuronal para aumentar a excitabilidade pode ser inibida devido à significativa diminuição no potencial de ação motor (CROSS, WILSON & PERRIN, 1996).

Crowe, Connor & Rudd (2007), investigaram o efeito da imersão em água gelada (13-14°C por 15 minutos) na recuperação de ciclismo anaeróbio. Foram realizadas 2 séries de 30 segundos de ciclismo máximo seguidos por recuperação ativa+imersão e recuperação ativa+ recuperação passiva (15 minutos sentado). Foram analisadas as concentrações de lactato e pH sanguíneo e ainda alguns testes de *performance*. Os autores observaram que o uso da imersão em água gelada foi associado com significativo declínio da potência muscular para *sprints* e das concentrações de lactato quando comparados ao grupo controle. Concluíram também que atletas que participam de competições de altas intensidades e curtas durações devem ser cautelosos quando utilizarem a imersão em água gelada para recuperação quando os eventos são separados por curto período de tempo.

O trabalho de Farr *et al.*, (2002) foi outra investigação que utilizou o salto vertical para avaliação funcional de potência de membros inferiores após protocolo de caminhada com inclinação negativa. Este utilizou a massagem com gelo para recuperação pós – exercício em apenas um membro inferior sendo o outro considerado controle. A massagem foi aplicada por 30 minutos após o término do exercício. O Salto vertical unipodal foi aplicado nos dois membros inferiores e foi avaliado pré, 1, 24, 72 e 120 horas após o exercício. Uma redução, em relação aos valores pré – exercício, da altura do salto no membro inferior massageado foi verificada em 1 e 24 horas após o exercício, não apresentando diferenças com o

membro inferior controle. Porém nos momentos 72 e 120 horas após o exercício a altura dos saltos realizados já não apresentava diferenças em relação aos níveis pré – exercício, assim como aconteceu na presente pesquisa.

Patterson *et al.*, (2008), verificaram que testes funcionais para desempenho de atletas, como testes de potência, velocidade e agilidade, são afetados imediatamente e até 32 minutos após a imersão em água gelada (20 minutos a 10°C).

Outra investigação realizada por Kinzey *et al.*, (2000), propôs que deve-se esperar aproximadamente 15 minutos após a aplicação da crioterapia para a realização de desempenhos esportivos sem perdas funcionais.

Já Peifer *et al.*, (2008), verificaram, por meio de testes máximos de contração isométrica de quadríceps, um efeito negativo da imersão em água gelada (20 minutos a 14 °C) na função neuro muscular por até 90 minutos após a imersão. Em geral perdas funcionais são evidenciadas imediatamente após o exercício (FARR *et al.*, 2002), além disso, a aplicação de gelo local afeta o disparo do neurônio motor e quanto maior o resfriamento tecidual menor a velocidade de condução nervosa dos neurônios motores e sensitivos (ESTON & PETERS, 1999), fatos que evidenciam a necessidade de cautela na aplicação da crioterapia para recuperação pós - exercício quando se necessita de *performance* num período curto após a aplicação da mesma.

Ingran *et al.*, (2008) utilizaram tempos de *sprints* de corrida como uma maneira funcional de avaliar a potência de membros inferiores após a aplicação de protocolo de exaustão seguido de imersão em água gelada. Os autores verificaram, no momento 48 horas após o exercício, que a imersão em água gelada facilitou um retorno mais acelerado aos níveis pré – exercício dos valores do desempenho em *sprints*, quando comparados ao grupo controle e ao grupo que realizou terapia de contraste e concluíram que a imersão em água gelada oferece maiores benefícios para a recuperação de atletas.

Também Vaile *et al.*, (2008) observaram que o grupo que realizou imersão em água gelada obtiveram uma menor queda na produção de potência muscular (squat jump) nos momentos 48 e 72 horas após o exercício quando comparados ao grupo controle.

Observando-se os resultados pode-se ressaltar que a crioterapia de imersão acelerou o retorno, aos níveis pré – exercício, da produção de potência de

membros inferiores no GE, sendo possível apontar que seus resultados demonstram a efetividade e os possíveis efeitos benéficos da aplicação da crioterapia de imersão para recuperação muscular pós - exercício.

#### 4.3.8 Escalas de Dor

A dor muscular de início tardio (DMIT) e diminuições da função muscular são os tipos mais comuns de indicativos de lesões relacionadas ao esporte (BYRNE, TWIST, & ESTON, 2004).

Um dos mecanismos da DMIT sugere que consecutivos estímulos de alongamento do músculo durante o exercício resultam em alto estresse mecânico e “quebra” das estruturas do músculo (FRIDEN, SJO” STROM, & EKBLUM, 1983 *apud* TAKAHASHI, ISHIHARA & AOKI, 2006).

A EVA ou escala numérica da dor, segundo Pereira & Sousa (1998), é um dos instrumentos mais utilizados na área da saúde. É um método subjetivo de percepção da dor tendo sua variação de 0 a 10, onde 0 representa ausência de dor e 10 o máximo de dor sentida.

As médias e desvios-padrões para a sensação de dor muscular, por meio da aplicação da EVA, nos momentos pré – exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 e 48 horas após o exercícios estão apresentados na tabela 16.

**Tabela 16** – Comportamento da sensação de dor muscular (nota) por meio da aplicação da EVA (média  $\pm$  desvio-padrão)

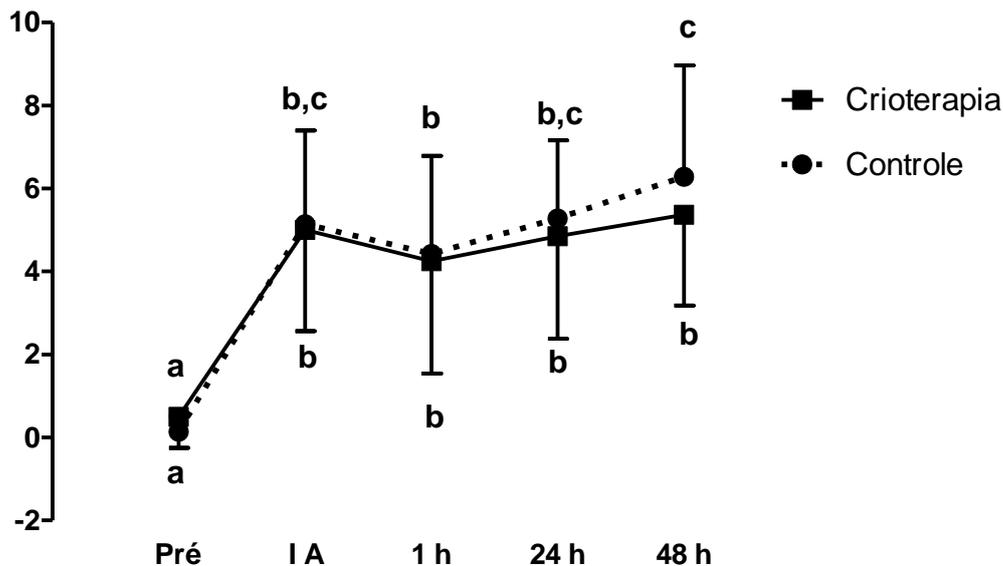
| Grupo                 | Pré                          | Logo após                    | 1 hora após                  | 24 horas após                | 48 horas após                |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>Crioterapia GE</b> | 0,50 $\pm$ 0,75 <sup>a</sup> | 5,00 $\pm$ 2,44 <sup>b</sup> | 4,25 $\pm$ 2,71 <sup>b</sup> | 4,85 $\pm$ 2,47 <sup>b</sup> | 5,37 $\pm$ 2,19 <sup>b</sup> |
| <b>Controle GC</b>    | 0,14 $\pm$ 0,37 <sup>a</sup> | 5,14 $\pm$ 2,26 <sup>b</sup> | 4,42 $\pm$ 2,37 <sup>b</sup> | 5,28 $\pm$ 1,88 <sup>b</sup> | 6,28 $\pm$ 2,69 <sup>b</sup> |

*Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo ( $p \leq 0,05$ )*

Pode-se notar que ambos os grupos apresentaram comportamento semelhante quanto à sensação de dor muscular e que a sensação de dor muscular foi significativamente maior em todos em todos os momentos pós - recuperação quando comparados ao momento pré – exercício.

Em nenhum momento dos tempos de coletas houve diferenças entre os grupos ( $p>0,05$ ) na sensação de dor muscular, como demonstra a figura 21.

**Figura 21-** Comparativo da sensação de dor, por meio da aplicação da EVA, pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação



Letras diferentes acima representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo controle ( $p\leq 0,05$ ). Letras diferentes abaixo representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo crioterapia ( $p\leq 0,05$ )

Médias e desvios-padrões para a sensação de dor muscular, por meio da aplicação da escala tipo Likert, nos momentos pré – exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 e 48 horas após a recuperação estão apresentados na tabela 17.

**Tabela 17** – Comportamento da sensação de dor muscular (nota) por meio da aplicação da escala de Vickers em média  $\pm$  desvio-padrão

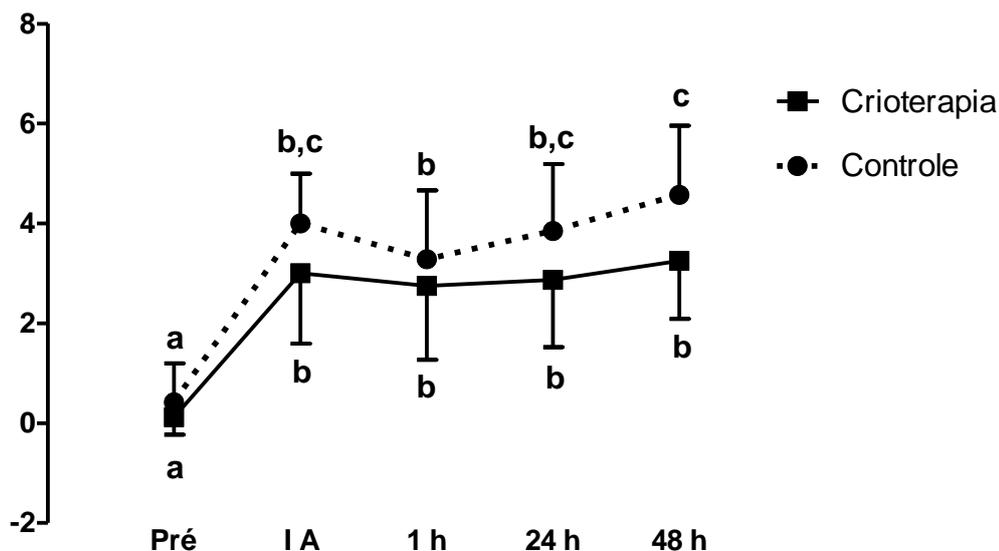
| Grupo                     | Pré                        | Logo após                  | 1 hora após                | 24 horas após              | 48 horas após              |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>Crioterapia<br/>GE</b> | 0,1 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup> | 3,0 $\pm$ 1,4 <sup>b</sup> | 2,7 $\pm$ 1,4 <sup>b</sup> | 2,8 $\pm$ 1,3 <sup>b</sup> | 3,2 $\pm$ 1,1 <sup>b</sup> |
| <b>Controle<br/>GC</b>    | 0,4 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup> | 4,0 $\pm$ 1,0 <sup>b</sup> | 3,2 $\pm$ 1,3 <sup>b</sup> | 3,8 $\pm$ 1,3 <sup>b</sup> | 4,5 $\pm$ 1,3 <sup>b</sup> |

Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo ( $p\leq 0,05$ )

Apresentando um comportamento semelhante ao da EVA, pode-se notar que ambos os grupos apresentaram comportamento semelhante quanto à sensação de dor muscular (FIGURA 22).

Em nenhum momento dos tempos de coletas houve diferenças entre os grupos ( $p>0,05$ ) na sensação de dor muscular, como demonstra a figura 22.

**Figura 22-** Comparativo da sensação de dor, por meio da aplicação da escala de Vickers, pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação



*Letras diferentes acima representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo controle ( $p\leq 0,05$ ). Letras diferentes abaixo representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo crioterapia ( $p\leq 0,05$ )*

Com a utilização da mesma escala utilizada na presente pesquisa, que possui variações de 0-10 pontos, Bailey *et al.*, (2007) observaram que o exercício de corrida intermitente em campo resultou em dor muscular severa que teve picos logo após o exercício e novamente em 24 horas após o exercício. Diferente dos achados desta investigação, os autores observaram que a crioterapia de imersão aplicada logo após o exercício reduziu significativamente a sensação de dor em 1, 24 e 48 horas após o exercício.

Outra investigação que observou o benefício da imersão em água gelada na sensação de dor muscular foi o de Ingran *et al.*, (2008). Onze atletas de variadas modalidades realizaram 80 minutos de exercícios específicos intermitentes até a exaustão. O mesmo grupo serviu de tratamento e controle e realizaram então 3 protocolos de recuperação diferentes: imersão de contraste 2 minutos alternados (água fria 10°C e quente 40°C), imersão em água gelada (10°C) e controle, todos com 15 minutos de duração. Em comparação com os outros 2 grupos, o grupo

imersão em água gelada apresentou níveis significativamente menores ( $p < 0,05$ ) de dor muscular no momento 48 horas após o exercício.

A sensação de dor observada imediatamente após o exercício está relacionada ao acúmulo de produtos que são metabólicos ou induzidos pela contração, enquanto a DMIT é mais comumente associada ao dano muscular. Alguns autores atribuem esta reduzida sensação de dor aos efeitos analgésicos do resfriamento além da inibição que ele causa no dano muscular. A aplicação do gelo ainda reduz a velocidade de condução nervosa, a atividade do fuso muscular, o reflexo de estiramento e a espasticidade assim diminuindo a dor pelo ciclo espasmo – dor. (DENEGAR & PERRIN, 1992; MEEUSEN & LIEVENS, 1986 *apud* BAILEY *et al.*, 2007).

Um estudo realizado por Yanagisawa *et al.*, (2003a) apresentou um padrão de sensação de dor muito semelhante ao desta pesquisa após a realização de exercícios excêntricos para o tríceps sural. Os autores encontraram aumentos significativos nos níveis de dor muscular logo após o exercício e depois aumento progressivo dos níveis de dor até 96 horas após o exercício com pico em 48 horas. Porém os autores encontraram diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) nos valores de sensação de dor muscular dos grupos que realizaram a crioterapia de imersão (15 minutos a 5°C) em relação ao grupo controle no momento 48 horas após o exercício.

Outros estudos verificaram aumento da dor muscular pós - exercício, porém sem efeito significativo de melhora da mesma com a aplicação da crioterapia (ESTON & PETERS, 1999; HOWATSOON, GOODAL & VAN SOMEREN, 2009; SELWOOD *et al.*, 2008; VAILE *et al.*, 2008)

#### **4.3.9 Amplitude de movimento**

A tabela 18 demonstra a variação da amplitude de movimento de membro inferior direito (ADMD) pré – exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 e 48 horas após o protocolo de recuperação.

É possível notar que a ADM no GC apresentou reduções nos momentos 24 e 48 horas em relação ao momento pré – exercício.

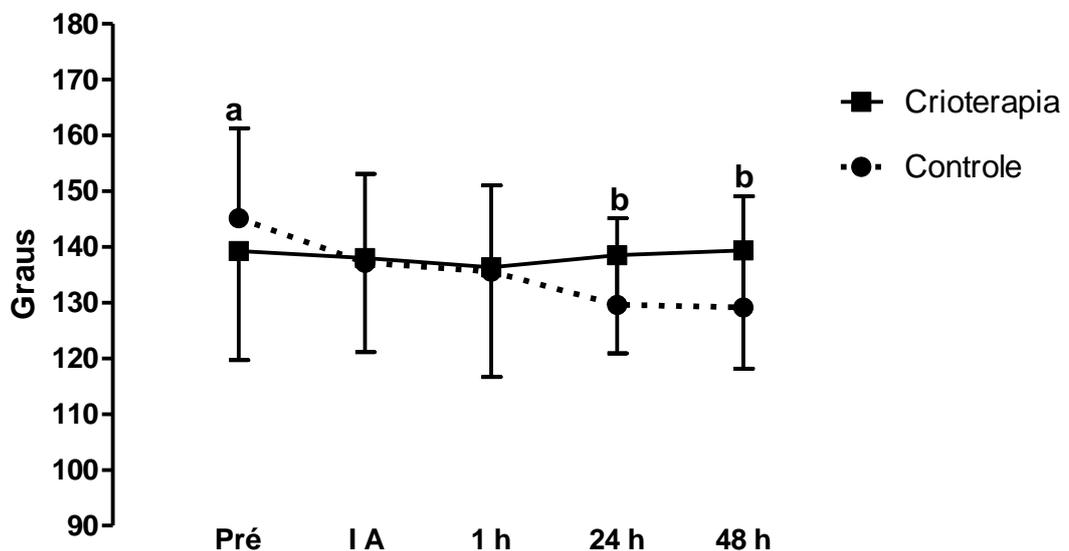
**Tabela 18** – Comportamento da amplitude de movimento de extensão ativa (graus) do membro inferior direito em média  $\pm$  desvio-padrão

| Grupo                 | Pré                           | Imediatamente após | 1 hora após      | 24 horas após                 | 48 horas após                 |
|-----------------------|-------------------------------|--------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Crioterapia GE</b> | 139,2 $\pm$ 19,5              | 138,0 $\pm$ 16,8   | 136,3 $\pm$ 19,6 | 138,5 $\pm$ 17,5              | 139,3 $\pm$ 21,2              |
| <b>Controle GC</b>    | 145,1 $\pm$ 16,1 <sup>a</sup> | 137,1 $\pm$ 15,9   | 135,5 $\pm$ 15,4 | 129,5 $\pm$ 15,5 <sup>b</sup> | 129,1 $\pm$ 19,9 <sup>b</sup> |

*Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupos ( $p \leq 0,05$ )*

Em nenhum momento dos tempos de coletas houve diferenças entre os grupos ( $p > 0,05$ ) na avaliação da amplitude de movimento de extensão ativa de joelhos direito e esquerdo (FIGURAS 23 e 24 respectivamente), porém a ADM de joelho direito no GE não apresentou diferenças em nenhum momento em relação aos valores pré – exercício, assim como aconteceu no GC. Pode-se notar que a crioterapia de imersão pode trazer efeitos benéficos para a redução de espasmos musculares e manutenção da ADM normal.

**Figura 23-** Comparativo da ADM de joelho direito pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação



*Letras diferentes acima representam diferenças estatisticamente significativas intra-grupo controle ( $p \leq 0,05$ )*

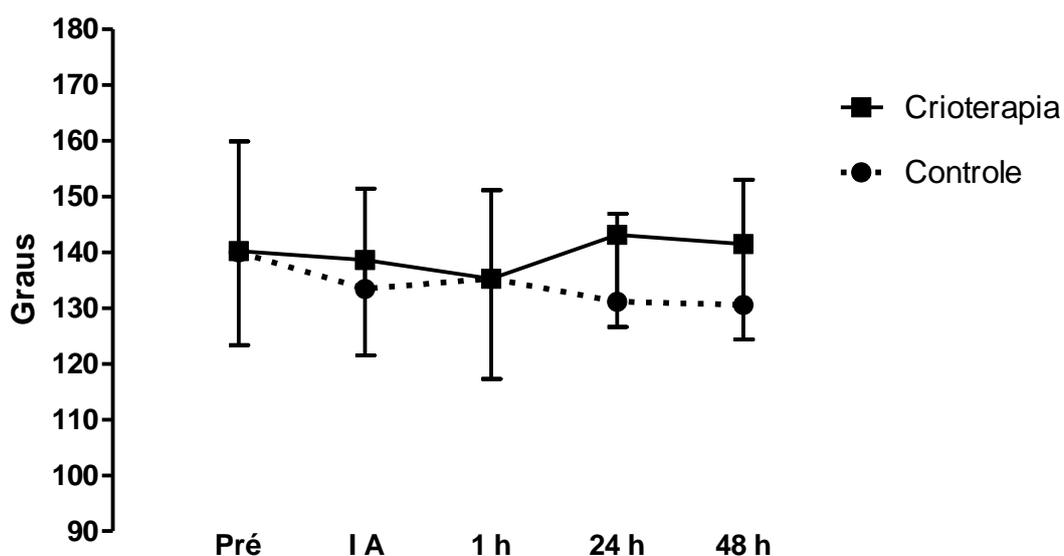
A tabela 19 demonstra a variação da amplitude de movimento de membro inferior esquerdo (ADME) pré – exercício, imediatamente após, 1 hora, 24 e 48 horas após o protocolo de recuperação.

**Tabela 19** – Comportamento da amplitude de movimento de extensão ativa (graus) do membro inferior esquerdo em média  $\pm$  desvio-padrão

| Grupo                 | Pré              | Imediatamente após | 1 hora após      | 24 horas após    | 48 horas após    |
|-----------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Crioterapia GE</b> | 140,2 $\pm$ 16,9 | 138,6 $\pm$ 17,0   | 135,2 $\pm$ 17,9 | 143,1 $\pm$ 16,4 | 141,5 $\pm$ 17,1 |
| <b>Controle GC</b>    | 140,0 $\pm$ 19,8 | 133,4 $\pm$ 18,0   | 135,2 $\pm$ 15,9 | 131,1 $\pm$ 15,7 | 130,5 $\pm$ 22,4 |

Mesmo não apresentando diferenças entre os momentos no mesmo grupo e entre os grupos, é possível observar uma tendência a queda da ADM no GC nos momentos 24 e 48 horas em relação ao momento pré – exercício, como pode ser observado na figura 24, fato que não aconteceu no GE.

**Figura 24-** Comparativo da ADM de joelho esquerdo pré - exercício, imediatamente após, 1 hora após, 24 horas e 48 horas após a recuperação



Muitos autores têm apontado que a causa do encurtamento das fibras musculares após exercícios que causam dano à sua estrutura pode ser um acúmulo anormal de íons cálcio dentro da célula muscular, o que tem sido atribuído a um defeito no retículo sarcoplasmático após o exercício (ARMSTRONG, 1984 apud CHEUNG, HUME & MAXWELL, 2003; CLARKSON & TREMBLAY, 1988). A ADM assim como a produção de potência pode ser muito influenciada pela sensação subjetiva de dor, entrando em um ciclo espasmo-dor (BAILEY, 2007; SELWOOD, 2008).

A aplicação de gelo local afeta a velocidade de condução do neurônio motor e seus aferentes e o fuso muscular. A proporção de ativação aferente do fuso muscular diminui quando todo o músculo tem sua temperatura diminuída. Este efeito é imediato e resulta na diminuição da espasticidade (ESTON & PETERS, 1999).

Eston & Peters (1999) encontraram um maior ângulo de cotovelo com o braço relaxado no grupo que realizou a crioterapia nos dias 1, 2 e 3 após o exercício excêntrico.

Porém assim como nesta investigação, outros autores não encontraram diferenças significativas na amplitude de movimento do tornozelo (YANAGISAWA *et al.*, 2003a) e de flexão de joelho (HOWATON, GOODAL & VAN SOMEREN 2009) após a realização de exercícios excêntricos seguida de crioterapia de imersão.

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados e discussões apresentadas, puderam-se realizar as seguintes conclusões acerca da presente investigação:

- As concentrações de leucócitos, neutrófilos e cortisol não apresentaram alterações após o exercício e após o protocolo de recuperação.
- As concentrações da enzima CK foram menores no grupo crioterapia em relação ao grupo controle no momento 48 horas após a recuperação. Esta enzima foi o marcador de dano muscular que apresentou maior sensibilidade a aplicação da crioterapia, sendo possível afirmar que o tratamento foi eficaz para estabilizar níveis sanguíneos de CK total.
- As concentrações de LDH, no grupo crioterapia, apresentaram uma estabilização nos momentos 24 e 48 horas após a recuperação, não apresentando diferenças em relação ao momento pré – exercício. O grupo controle apresentou aumentos significativos em suas concentrações nos momentos 24 e 48 horas após a recuperação em relação aos valores pré – exercício.
- As concentrações de mioglobina estabilizaram-se, no grupo crioterapia, 48 horas após a imersão, enquanto o grupo controle aumentou seus valores em relação aos valores pré - exercício.
- A altura alcançada na impulsão vertical apresentou um retorno da produção de potência aos níveis pré – exercício mais rápido no grupo que realizou a crioterapia.
- A sensação subjetiva de dor apresentou aumento em todos os tempos após a recuperação relação aos níveis pré – exercício em ambos os grupos.
- A ADM foi afetada positivamente pela crioterapia de imersão, mostrando reduções das angulações poplíteas no grupo controle e manutenção desta no grupo que realizou a crioterapia.
- A crioterapia de imersão é benéfica para a recuperação muscular de atletas pós – exercício, melhorando alguns índices de marcadores indiretos de dano muscular.

- Resultados divergentes como os aqui apresentados, podem ser derivados da variação os protocolos de exercício, da variação de tempo e de modo de aplicação da crioterapia e merecem maiores investigações.

## REFERÊNCIAS

- AHMADI, S; SINCLAIR, P.J.; DAVIS, G.M. Muscle oxigenation after downhill walking- induced muscle damage. **Clin Physiol Funct Imaging** v. 28, p. 55–63, 2008.
- ALVES, R. N.; COSTA, L.O.P.; SAMULSKI, D, M. Monitoramento e Prevenção do Supertreinamento em Atletas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte** v. 12, n. 5, 2006.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription**, USA: Lippincott Williams & Wilkins, 7ed., 2005.
- ARMSTRONG, RB. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. **Medicine and Science in Sports Exercise**. v. 16, n.6 , p. 529-538, 1984 in CHEUNG,K; HUME, P.A.; MAXWELL, L. Delayed Onset Muscle Soreness Treatment Strategies and Performance Factors. **Sports Medicine**. v. 33, n.2, p. 145-164, 2003.
- BAILEY, D.M.; ERITH, S.J.; GRIFFIN, P.J.; DOWSON, A.; BREWER, D.S.; GANT, N.; WILLIAMS, C. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. **Journal of Sports Sciences**. Vol. 25, n. 11, p. 1163 – 1170, September 2007.
- BANFI, G.; MELEGATI, M.; VALENTINE, P. Effects of cold-water immersion of legs after training session on serum creatine kinase concentrations in rugby players. **British Journal of Sports Medicine**. v.41, p. 339, 2007.
- BANFI, G.; MELEGATI, G.; BARASSI, A.; GLIOTTI, G.; MELZID'ERIL, G. DUGUE', B.; CORSI, M. Effects of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes. **Journal of Thermal Biology**. v. 34 p. 55–59, 2009.
- BATISTA, L.H.; CAMARGO, P.R.; OISHI, J.; SALVANI, T.F. Efeitos do alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho na amplitude de movimento e torque. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v.12, n.3, p. 176-182, 2008.
- BITTENCOURT N. F. N.; AMARAL G. M.; ANJOS M. T. S.; D`ALESSANDRO R.; SILVA A. A.; FONSECA S. T. Avaliação muscular isocinética da articulação do joelho em atletas das seleções brasileiras infanto e juvenil de voleibol masculino. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 11, n. 6, p. 331-336, 2005.
- BRANCACCIO, N. et al. Análise de lesão muscular em ratos treinados e sedentários submetidos a crioterapia. **Fisioterapia em Movimento**. v.18, n. 1, p. 59-65, 2005.

BRANCACCIO, P; MAFFULLI, N; LIMONGELLI, FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **British Medical Bulletin**, v. 81 e 82, p.209-230, 2007.

BRENNER IK, SEVERS YD, SHEK PN et al. Impact of heat exposure and moderate, intermittent exercise on cytolytic cells. **Europea Journal of Applied Physiology**, v. 74, p. 162–171, 1996

BYRNE, C., TWIST, C., & ESTON, R. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage: Theoretical and applied implications. **Sports Medicine**. v. 34, p. 49 – 69, 2004.

CANNON JG, ORENCOLE SF, FIELDING RA, et al: Acute phase response in exercise: Interaction of age and vitamin E on neutrophils and muscle enzyme release. **American Journal of Physiology**. v. 259, p. 1214–9,1990.

CHAPMAN, D.; NEWTON, M.; SACCO, P.; NOSAKA, K. Greater Muscle Damage Induced by Fast Versus Slow Velocity Eccentric Exercise. **International Journal of Sports Medicie**. v. 27, p. 591–598, 2006.

CHEUNG,K; HUME, P.A.; MAXWELL, L. Delayed Onset Muscle Soreness Treatment Strategies and Performance Factors. **Sports Medicine**. v. 33, n.2, p. 145-164, 2003.

CHEVION, et al. Plasma antioxidant status and cell injury after severe physical exercise. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.100, n.9, p.5119-5123, 2003.

CLARKSON, P.M; NEWHAM, D.J. Associations between muscle soreness, damage, and fatigue. **Adv Exp Med Biol**. v. 384, p. 457-69, 1995.

CLARKSON, P.M.; EBBELING, C. Investigation of serum creatine kinase variability after muscle damaging exercise. **Clinical Science**. v. 75, n. 257-61, 1988.

CLARKSON PM, KEARNS AK, ROUZIER P, et al. Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 38, p. 623–7, 2006.

CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced Muscle Damage in Humans. **American Journal of Physical Rehabilitaiton**. v. 81, Supl. 52-69, 2002.

COHN, B.T; DRAEGER, R.I; JACKSON, D.W. The effects of cold therapy in the postoperative management of pain in patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction. **American Journal of Sports Medicine**. v.17, p.344-9, 1989.

CROSS MC, RADOMSKI MW, VANHELDER WP et al. Endurance exercise with and without a thermal clamp: effects on leukocytes and leukocyte subsets. **Journal of Applied Physiology**. v. 81, p. 822–829, 1996.

CROSS, K.M.; WILSON, R. W.; PERRIN, D. H. Functional Performance Following an Ice Immersion to the Lower Extremity. **Journal of Athletic Training**. v. 31, n. 2, 1996.

CROWE, M. J.; O'CONNOR, D.; RUDD, D. Cold Water Recovery Reduces Anaerobic Performance. **International Journal of Sports Medicine**. v. 28, p. 994–998, 2007.

CHAPMAN, D.; NEWTON, M.; SACCO, P.; NOSAKA, K. Greater Muscle Damage Induced by Fast Versus Slow Velocity Eccentric Exercise. **International Journal of Sports Medicine**. v. 27, p. 591–598, 2006.

CHEUNG, K, P. A. HUME, L MAXWELL. Delayed Onset Muscle Soreness Treatment Strategies and Performance Factors. **Sports Medicine**. v. 33, n. 2, p. 145-164, 2003.

D'ALESSANDRO R. L.; SILVEIRA E. A. P.; ANJOS M. T. S.; SILVA A. A.; FONSECA S. T. Análise da associação entre a dinamometria isocinética da articulação do joelho e o salto horizontal unipodal, *hop teste*, em atletas de voleibol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 11, n. 5, p. 271-277, 2005.

DE SOUZA MJ, ARCE JC, PESCATELLO LS, SCHERZER HS, LUCIANO AA. Gonadal hormones and semen quality in male runners. **International Journal of Sports Medicine**. v. 5, p. 383-91, 1995.

DENEGAR, C. R.; PERRIN, D. H. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation, cold, and a combination treatment on pain, decreased range of motion, and strength loss associated with delayed onset muscle soreness. **Journal of Athletic Training**. v. 27, n. 200, p. 202, 204 – 206, 1992 In BAILEY, D.M.; ERITH, S.J.; GRIFFIN, P.J.; DOWSON, A.; BREWER, D.S.; GANT, N.; WILLIAMS, C. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. **Journal of Sports Sciences**. v. 25, n. 11, p. 1163 – 1170, 2007.

DIAS, R. et al. Efeito do exercício agudo de curta duração em leucócitos circulantes e linfócitos teciduais de ratos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 21, n.3, p.229-243, 2007.

DOHI, K.; KRAEMER, W.J.; MASTRO, A.M. Exercise increases prolactin-receptor expression on human lymphocytes. **Journal of Applied Physiology**, v.94, p. 518-524, 2003.

ESTON, R.; PETERS, D. Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. **Journal of Sports Sciences**. v. 17, p. 231-38, 1999.

ESTON, R; FINNEY, S.; BAKER, S.; BALZPOULOS, V. Muscle tenderness and peak torque changes after downhill running following a prior bout of isokinetic eccentric exercise. **Journal of Sports Sciences**. v 14, p. 291-299, 1996.

FARR, T.; NOTTLE, C.; NOSAKA, K.; SACO, P. The effects of therapeutic massage on delayed onset muscle soreness and muscle function following downhill walking. **Journal of Science and Medicine in Sport**. v. 5, n 4, p. 297-306, 2002.

FARTHING, J.P.E.; CHILIBECK, P. D. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. **European Journal of Applied Physiology**. v. 89, p. 578-586, 2003.

FERREIRA, C. et al. Influence of short duration acute exercise on the number, viability, functionality and apoptosis of neutrophils in sedentary rats. **Journal of Exercise Physiology Online**, v.10, n.6, 2007.

FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M.A. Relação entre Exercício Físico, Dano Muscular e Dor Muscular de Início Tardio. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**. v. 9, n. 1, p.101-106, 2007.

FRIDEN, J., SJO"STROM, M., & EKBLUM, B. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *International Journal of Sports Medicine*, 4, 170 – 176, 1983 In JUNICHIRO TAKAHASHI, KEIJI ISHIHARA, & UNICHIRO AOKI. Effect of aqua exercise on recovery of lower limb muscles after downhill running. **Journal of Sports Sciences**. v. 24, n.8, p. 835 – 842, 2006.

FRANÇA, S. C.; BARROS NETO, T. L.; AGRESTA, M. C.; LOTUFO, R. F. M.; KATER, C. E. Resposta Divergente da Testosterona e do Cortisol Séricos em Atletas Masculinos Após Uma Corrida de Maratona. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia Metabólica**. v. 50, n 6, Dezembro 2006.

FRIDEN, J.; LIEBER, R. L. Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions. **Cell Tissue Reserch**. v. 293, p.165-171,1998.

FOCHINI, D.; PRESTES, D.; CHARRO, M.A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**. v. 9, n. 1, p. 101-106, 2007.

FRIDEN, J.; LIEBER, R. L. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 24, n. 5, 1992.

GAMA, Z.A. da S.; DANTAS, A.V.R.; SOUZA, T.O.de S. Influência do intervalo de tempo entre as sessões de alongamento no ganho de flexibilidade dos isquiotibiais. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 15, n.2, 2009.

GOFF, D.A.; HAMILL, J.; CLARKSON, P.M. Biomechanical and biochemical changes after downhill running [abstract]. **Medicine and Science**. v. 30 Suppl. 5: S101, 1998.

GOMES, A. R. S. O Efeito do Alongamento na Morfologia das Fibras Musculares e na Expressão Gênica da MYO-D, Miostatina e Atrogina em

**ratos.** 165 f. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

GOODAL, S.; HOWATSON, C.; The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. **Journal of Sports Science and Medicine.** v. 7. p. 235-241, 2008.

GULICK DT, KIMURA IF. Delayed onset muscle soreness: what is it and how do we treat it? **Journal of Sports Rehabilitation.** v. 5, p. 234-43, 1996.

HALSON, S.; QUOD, M.J.; MARTIN, D.T.; GARDNER, A.S.; EBERT, E.R.; LAURSEN, P.B. Physiological Responses to Cold Water Immersion Following Cycling in the Heat. **International Journal of Sports Physiology and Performance.** v. 3. p. 331-346, 2008.

HADAD, Eran; RAV-ACHA, M.; HELED, Y.; EPSTEIN, Y.; MORAN, D. S. Heat Stroke: a Review of Cooling Methods. **Sports Medicine.** v. 34, n. 8, p. 501-511, 2004.

HAMILL J, FREEDSON PS, CLARKSON PN, et al. Muscle soreness during running: biomechanical and physiological considerations. **Int J Sport Biomech.** v. 7, n. 2, p. 125-37, 1991.

HANEISHI, K. et al. Cortisol and stress responses during a game and practice in female collegiate soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research,** v.21, n.2, p.583-588, 2007.

HESPANHOL, J. E.; DA SILVA NETO, L. G.; M. DE ARRUDA. Confiabilidade do teste de salto vertical com 4 séries de 15 segundos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* v. 12, n. 2 – Mar/Abr, 2006.

HEYWARD, V. H.; STOLARCZYK, L. M. **Avaliação da composição corporal aplicada.** São Paulo: Manole, 2000.

HOOGEVEEN, A.R, ZONDERLAND, M.L. Relationships between testosterone, cortisol and performance in Professional cyclists. **International Journal of Sports Medicine.** v.17, p. 423-8, 1996.

HORSTMANN, T; MAYER, F.; FISHER, J.; MASCHMANN, J.; ROCKER, K.; DICKHUTH, H.H. The cardiocirculatory reaction to isokinetic exercises in dependence on the form of exercise and age. **International Journal of Sports Medicine.** v. 15, p.50-55, 1994.

HOWATSON, G.; GOODAL, S.; VAN SOMEREN, K. A. The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. **European Journal of Applied Physiology**. v. 105, p. 615–621, 2009.

HOWATSON, G.; GAZE, D.; VAN SOMEREN, K.A. The efficacy of ice massage in the treatment of exercise-induced muscle damage. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v. 15, p. 416–422, 2005.

HOWATSON, G.; VAN SOMEREN, K. The Prevention and treatment of Exercise – Induced Muscle Damage. **Sports Medicine**. v. 8, n. 6, p. 483-503, 2008.

HOWLEY, E. T; FRANKS, B. D. **Manual de Condicionamento Físico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

HUBBARD, T. J.; ARONSON, S.R. ; DENEGAR, C.  
Does Cryotherapy Hasten Return to Participation? A Systematic Review. **Journal of Athletic Training**. v.39, n. 1, p. 88–94, 2004.

HURME T, RANTANEN J, KALIMO H. Effects of early cryotherapy in experimental skeletal muscle injury. **Scand J Med Sci Sports**. v. 3, p. 46-51, 1993.

HUSKISSON, E.C. Measurement of pain. **Lancet**. v. 2, n. 7889, p.1127-31, 1974.

INGRAN, J.; DAWSON, B.; GOODMAN, C.; WALLMAN, K.; BEILBY, J. Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. **Journal Science and Medicine in Sport** (2008)

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**. v.40, n. 3, p.497-504. 1978.

KINZEY,S.; CORDOVA, M.L.; GALLEN, K.J.; SMITH, J.C.; MOORE, J. B. The Effects of Cryotherapy on Ground-Reaction Forces Produced During a Functional Task. **Sport Rehabilitation**. v. 9, p. 3-14, 2000.

LAVENDER, A.P.; NOSAKA, K. Comparison between old and young men for changes in makers of muscle damage following voluntary eccentric exercise of the elbow flexors. **Appl. Physiol. Nutr. Metab**. v. 31, p. 218–225, 2006.

LEANDRO, C. et al. Exercício físico e sistema imunológico: mecanismos e integrações. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.2, n.5, p.80-90, 2002.

LEE, H.; NATSUI, H.; AKIMOTO, T.; YANAGI, K.; OHSHIMA, N.; KONO I. Effects of Cryotherapy after Contusion Using Real-Time Intravital Microscopy. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 37, n. 7, p.1093-1098, 2005.

LOWE DA, WARREN GL, INGALLS CP, BOORSTEIN DB, ARMSTRONG RB. Muscle function and protein metabolism after initiation of eccentric contraction-induced injury. **J Appl Physiol**. v. 79, n. 4, p. 1260-70, 1995.

MACINTYRE DL, REID WD, LYSTER DM, et al: Different effects of strenuous eccentric exercise on the accumulation of neutrophils in muscle in women and men. **European Journal of Applied Physiology**. v. 81, p. 47–53, 2000.

MACINTYRE DL, REID WD, LYSTER DM, et al: Presence of WBC, decreased strength, and delayed soreness in muscle after eccentric exercise. **Journal of Applied Physiology**. v. 80, p.1006–13, 1996.

MACINTYRE DL, REID WD, MCKENZIE DC: Delayed muscle soreness: The inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. **Sports Medicine**. v. 20, p. 24–40, 1995.

MALFATTI, C.P.; RODRIGUES, S. Y.; TAKAHASHI, A. C. M.; SILVA E.; MENEGON, F.A.; MATTIELLO-ROSA, S.M.; CATAI, A.M. Análise da resposta da frequência cardíaca durante a realização de exercício isocinético excêntrico de grupamento extensor de joelho. **Revista brasileira de fisioterapia**. v. 10, n. 1, p. 51-57, 2006.

MALM, C.; SJODIN, T. H.; SJOBERG, B.; LENKEI, R.; RESTROM, P.; LUNDBERG, I.E.; EKBLUM, B. Leucocyte, cytokines, growth factors and hormones in human skeletal muscle and blood after uphill or downhill running. **Journal of Physiology**. p.983-1000, 2004.

MAYHEW, D. L.; THYFAULT, J.P.; KOCH, A. J. Rest-interval length affects leukocyte levels during heavy resistance exercise. **Journal of Strength Conditioning Reserch**. v. 19, p. 16-22, 2005.

McARDLE, W.; KATCH, F.; KATCH, F. **Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 5 ed., 2003.

MCFARLIN BK; MITCHELL JB. Exercise in hot and cold environments: differential effects on leukocyte number and NK cell activity. **Aviation Space Environmental Medicine**, v. 74, p. 1231–1236, 2003.

MCHUGH, M. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v.13, p. 88-97, 2003.

MENADUE, C.; RAYMOND, J.; KILBREATH, S.L.; REFSHAUGE, K.M.; ADAMS, R. Reliability of two goniometric methods of measuring active inversion and eversion range of motion at the ankle. **BMC Musculoskeletal Disorders**. v. 7, n. 60, p. 1-8, 2006.

MEEUSEN, R.; LIEVENS, P. The use of cryotherapy in sports injuries. **Sports Medicine**. v. 3, p. 398 – 414, 1986 In BAILEY, D.M.; ERITH, S.J.; GRIFFIN, P.J.; DOWSON, A.; BREWER, D.S.; GANT, N.; WILLIAMS, C. Influence of cold-

water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. **Journal of Sports Sciences**. v. 25, n. 11, p. 1163 – 1170, 2007.

MOUGIOS, V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. **British Journal of Sports Medicine**. v. 41, p. 674-678, 2007.

NEUBAUER, O.; KÖNIG, D.; WAGNER, K. Recovery after an Ironman triathlon: sustained inflammatory responses and muscular stress. **European Journal of Applied Physiology**. v.104, p. 417–426, 2008.

NOSAKA, K.; MUTHALIB, M.; LAVENDER, A.; LAURSEN, P.B. Attenuation of muscle damage by preconditioning with muscle hyperthermia 1-day prior to eccentric exercise. **Eur J Appl Physiol**, v.99, p.183–192, 2007.

NADLER, S. F.; WEINGAND, K.; KRUSE, R.J. The Physiologic Basis and Clinical Applications of Cryotherapy and Thermotherapy for the Pain Practitioner. **Pain Physician**. v. 7, p.395-399,2004.

NANJI, A.A. Serum creatine kinase isoenzymes: a review. **Muscle and Nerve**, v.6, n.2, p.83-90, 1983.

NEWHAM, D.J.; JONES, D.A.; EDWARDS, R.H.T. Large delayed plasma creatine kinase changes after stepping exercise. **Muscle & Nerve**, v.6. n.5, p.380-385, 1983.

NIEMAN, D.C. Immune response to heavy exertion. **Journal of Applied Physiology**, v.82, n.5, p.1385–1394, 1997

PASTRE, C.M.; BASTOS, F. DO N.; JUNIOR, J. N.; MARQUES, L.C.; HOSHI, R.A. Metodos de Recuperacao Pos-exercicio: uma Revisao Sistemica. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v.15, n. 2, 2009.

PATTERSON, S.M.; UDERMANN, B.E.; DOBERSTEIN, S.T.; REINEKE, D.M. The effects of cold whirlpool on power, speed, agility, and range of motion. **Journal of Sports Science and Medicine**. v.7, p. 387-394, 2008.

PEAK, J. et al. Body temperature and its effect on leukocyte mobilization, cytokines and markers of neutrophil activation during and after exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 102, p. 391-401, 2008.

PEDERSEN, B.L, HOFFMAN-GOETZ, L. Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. **Physiological Reviews**, v.80, p.1055–1081, 2000.

PEIFFER, J.J.; ABBISSA, C.R.; NOSAKAA, K.; PEAKE, J.M.; LAURSENA, P.B. 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**. 2008.

PEREIRA, V. Lillian; SOUSA, F. Aparecida. Mensuração e Avaliação da dor pós-operatória: uma breve revisão. **Revista Latino-americana de enfermagem**. v. 6, n. 3, p. 77-84, julho 1998.

PIZZA, F.X.; MITCHEL, J.B.; DAVIS, B.H. *et al.* Exercise-induced muscle damage: Effect on circulating leucocyte and lymphocyte subset. **Medicine and Science in Sport and Exercise**. v. 27, p. 363-370, 1995.

POLETO PR, SANTOS HH, SALVINI TF, COURY HJCG, HANSSON GA. O pico de torque e a cinemática do joelho durante a marcha após treino isocinético excêntrico do quadríceps em sujeitos saudáveis. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v. 12, n. 4, p. 331-7, jul./ago. 2008.

POWERS, S.K.; HOWLEY, E.T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. São Paulo: Manole, 5ed., 2006.

PRATT, C.W.; CORNELLY, K. **Bioquímica essencial**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

PRESTES, J. *et al.* Influência do exercício físico em diferentes intensidades sobre o número de leucócitos, linfócitos e citocinas circulantes. **Revista Brasileira de Medicina**, v.65, n.3, p.56-60, 2008.

PROSKE, U.; ALLEN, T.J. Damage to Skeletal Muscle from Eccentric Exercise. *Exercise and Sport Science*. v. 33, n. 2, p. 98–104, 2005.

RAASTAD, T.; RISØY, B.A.; BENESTAD, H.B.; FJELD, J.G.; HALLÉN, J. Temporal relation between leukocyte accumulation in muscles and halted recovery 10–20 h after strength exercise. **Journal of Applied Physiology**. v. 95, p. 2503–2509, 2003.

REZENDE, G. F; PEREIRA. L.B.; BITTENCOURT, L. Dados normativos de força concêntrica, excêntrica, relação agonista/antagonista e relação funcional no joelho em atletas de futebol. I **Congresso Brasileiro de Fisioterapia Esportiva (publicação digital)**. Sociedade Nacional de Fisioterapia Esportiva. Guarujá- SP, 2004.

ROSA, L.F.P.B.C; VAISBERG, M.W. Influências do exercício na resposta imune. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.8, n.4, 2002.

SAFRAN, M.R; SEABER, A.V; GARRETT, J.W.E. Warm-up and muscular indices of damage. **Sports Medicine**. v. 8, n. 4, p. 239-49, 1989.

SAYERS, S. P.; CLARKSON, P.M. Short-Term immobilization after eccentric Exercise. Part II: Creatine Kinase and Myoglobin. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.35, n.5, p.762-768, 2003.

SCHASER, K.D.; DISCH, A. C.; STOVER, J.F.; LAUFFER, A.; BAIL, H.J.; MITTLMEIER, T. Prolonged Superficial Local Cryotherapy Attenuates Microcirculatory Impairment, Regional Inflammation, and Muscle Necrosis After Closed Soft

Tissue Injury in Rats. **American Journal of Sports Medicine**. v. 35, p. 93- 102, 2007.

SELLWOOD, K. L.; BRUKNER, P.; WILLIAMS, D.; NICOL, A.; HINMAN, R. Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled Trial. **British Journal of Sports Medicine**. v. 41, p. 392–397. 2007.

SESTO, M. E.; CHOURASIA, A. O.; BLOCK, W. F.; RADWIN, R.G. Mechanical and magnetic resonance imaging changes following eccentric or concentric exertions. **Clinical Biomechanics**. v. 23, 961–968, 2008.

SIRI, W. E. Body composition from fluid space and density. In: J. Brozek e A. Hanschel (Ed.). **Techniques for measuring body composition**. Washington: National Academy of Science, 1961.

SMITH, L.L. Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness? *Medicine and Science in Sports Exercise*. v. 23, n. 5, p. 542-51, 1991. In CHEUNG, K, P. A. HUME, L MAXWELL. Delayed Onset Muscle Soreness Treatment Strategies and Performance Factors. **Sports Medicine**. v. 33, n. 2, p. 145-164, 2003.

SWENSON, C.; SWARD, L.; KARLSSON, J. Cryotherapy in sports medicine. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v. 6,p. 193 – 200, 1996.

TAKAHASHI, J.; ISHIHARA, K.; AOKI, E. Effect of aqua exercise on recovery of lower limb muscles after downhill running. **Journal of Sports Sciences**. v. 24, n. 8, p. 835 – 842, 2006.

THOMAS, J.R.; NELSON, J.K.; SILVERMAN, S.J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. Porto Alegre: Artmed, 5ed., 2007.

TOFT, A.D.; JENSEN, L.B.; BRUUNSGAARD, H.; IBFELT, T.; KRISTENSEN, J. H.; FEBBRAIO, M.; PEDERSEN, B.K. Cytokine response to eccentric exercise in young and elderly humans. **American Journal Cell Physiology**. v. 283, p.289–295, 2002.

TOTSUKA, M. et al. Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.93, p.1280-1286, 2002.

URHAUSEN, A.; KINDERMANN, W. Diagnosis of overtraining: What tools do we have?. **Sports Medicine**, v.32, n.2, p.95-102, 2002.

VAILE, J.; HALSON, S.; GILL, N.; Dawson, B. Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. **European Journal of Applied Physiology**. v. 102, p. 447–455, 2008.

VENTURINI, C; ANDRÉ, A.; AGUILAR, B.P.; GIACOMELLI, B. Confiabilidade de dois métodos de avaliação da amplitude de movimento ativa de dorsiflexão do tornozelo em indivíduos saudáveis. **Acta Fisiatrica**. v. 13, n. 1, p. 39-43, 2006.

VERRASTRO, T. **Hematologia e hemoterapia: fundamentos de morfologia, fisiologia, patologia e clínica**. São Paulo: Atheneu, 2002.

VICKERS, A. Time course of muscle soreness following different types of exercise. **BMC Musculoskeletal Disorders**. v. 2, n. 5, 2001.

WIENER LAB. **Manual de análises bioquímicas**, Rosário, Argentina, 2000.

WILCOCK, I.M.; CRONIN, J.B.; HING, W.A. Water Immersion: Does It Enhance Recovery From Exercise? **International Journal of Sports Physiology and Performance**. v. 1, p. 195-206, 2006a.

WILCOCK, I.M.; CRONIN, J.B.; HING, W. A. Physiological Response to Water Immersion: A Method for Sport Recovery. **Sports Medicine**. v. 36, n. 9, p. 747-765, 2006b.

WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. São Paulo: Manole, 2001.

YAMANE, M.; TERUYA, H.; NAKANO, M.; OGAI, R.; OHNISHI, N.; KOSAKA, M. Post-exercise leg and forearm flexor muscle cooling in humans attenuates endurance and resistance training effects on muscle performance and on circulatory adaptation. **European Journal of Applied Physiology**. v. 96: 572–580, 2006.

YANAGISAWA, O.; NIITSU, M.; YOSHIOKA, H.; GOTO, K.; KUDO, H.; ITAI, Y. The use of magnetic resonance imaging to evaluate the effects of cooling on skeletal muscle after strenuous exercise. **European Journal of Applied Physiology**. v. 89, p. 53–62, 2003a.

YANAGISAWA, O.; NIITSU, M.; YOSHIOKA, H.; GOTO, K.; KUDO, H.; ITAI, Y. Evaluations of Cooling Exercised Muscle with MR Imaging and <sup>31</sup>P MR Spectroscopy. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 35, n. 9, p. 1517-1523, 2003 b.

ZAGO, M.A.; FALCÃO, R.P.; PASQUINI, R. **Hematologia: fundamentos e prática**. São Paulo: Atheneu, 2004.

**ANEXOS**

## ANEXO 1

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

*Por favor, leia com atenção as informações contidas abaixo antes de dar o seu consentimento para participar desse estudo.*

a) Você, atleta de triatlon, está sendo convidado a participar de um estudo intitulado “INFLUÊNCIA DA CRIOTERAPIA DE IMERSÃO EM INDICADORES DE DANO MUSCULAR PÓS EXERCÍCIO EM ATLETAS”. É através das pesquisas clínicas que ocorrem os avanços importantes em todas as áreas, e sua participação é fundamental.

b) O objetivo desta pesquisa é de verificar os efeitos da crioterapia de imersão em indicadores de dano muscular induzido pelo exercício em atletas. Em outras palavras, esse estudo busca verificar o que a imersão em água gelada pode trazer de benefícios recuperativos após o exercício.

c) Caso você participe da pesquisa, inicialmente serão realizadas duas avaliações, sendo elas: avaliação antropométrica e teste de esforço máximo na esteira. Na avaliação antropométrica, serão avaliados o seu peso e estatura, além de 7 dobras da pele para a verificação do seu percentual de gordura. Essa avaliação tem a duração de aproximadamente 10 minutos. Antes do teste na esteira, você será equipado com uma cinta flexível e confortável no tórax para a quantificação dos seus batimentos do coração, e permanecerá sentado em uma sala específica por 10 minutos, para a quantificação de seus batimentos do coração em repouso. O teste de esforço máximo serve para avaliar a sua capacidade máxima de exercício, e será realizado na esteira com velocidade inicial de 8 km/h e aumento de 1 km/h a cada minuto até a sua exaustão. Durante o teste você estará utilizando a mesma cinta flexível citada anteriormente, além de um prendedor nasal (para evitar a respiração pelo nariz) e uma máscara respiratória conectada a um sistema computadorizado que mede os seus gases inspirados e expirados. Após o teste você caminhará na esteira por 3 minutos a uma velocidade de 2 km/h. Essa avaliação terá a duração de aproximadamente 30 minutos.

d) Para a outra etapa de coleta de dados que será realizada num aparelho chamado de dinamômetro isocinético, é importante que você não faça exercícios um dia antes e dois dias depois do exercício para não alterar os resultados desta pesquisa. O dinamômetro isocinético é um aparelho capaz de avaliar a sua força máxima e nele também podem ser montados protocolos de exercícios. Este aparelho tem velocidade constante de movimento e resistência adaptativa a sua força, ou seja, quanto mais força você fizer mais pesado fica o exercício. Você irá realizar um protocolo de exercício com 8 séries com 10 repetições cada série de extensão e flexão de joelho, com um intervalo de 1 minuto entre as séries. Você irá começar os exercícios com a perna dominante e logo após com a perna não dominante. Neste protocolo você deverá realizar o máximo de força que conseguir em todas as repetições. Os movimentos acontecerão sempre “contra a máquina”, ou seja, tentando frear o movimento dela. Este protocolo tem como objetivo ocasionar dano muscular induzido pelo exercício e pode ser que você sinta dores tardias nas musculaturas trabalhadas. Logo após o exercício você será aleatoriamente (por

sorteio) colocado em um grupo tratamento, ou seja irá submergir suas pernas até a altura da cintura num tanque com água gelada (a 15°C) durante 15 minutos, ou em um grupo chamado controle, no qual você permanecerá sentado durante 15 minutos. Essa parte da pesquisa tem por objetivo verificar o que acontece no seu corpo quando você realiza exercício intenso e depois faz a imersão na água gelada como tentativa de melhorar sua recuperação. O “grupo controle” do estudo serve para comparar o que ocorreu no seu corpo com o que ocorreu no corpo dos que fizeram imersão em água gelada. Esse protocolo de exercícios terá duração de aproximadamente 40 minutos e será realizado na Clínica do Joelho de Curitiba. Antes do exercício, você realizará um aquecimento padronizado leve na esteira de 5 minutos. Durante todo o protocolo você estará utilizando uma cinta cardíaca semelhante com a que foi utilizada no teste da esteira, que também mede os seus batimentos do coração. No dia em que você realizará o protocolo de exercício, serão realizadas cinco coletas de sangue, sendo elas: (1) antes do exercício; (2) depois do exercício; (3) depois de 15 minutos de recuperação; (4) 24 horas após o exercício e 5) 48 horas depois do exercício, não sendo necessário jejum para tal procedimento. As coletas de sangue serão realizadas por uma enfermeira com experiência de no mínimo 2 anos em coletas de sangue, sendo que serão respeitados todos os princípios de higiene e limpeza, sendo utilizados apenas equipamentos descartáveis, tais como luvas, agulhas, seringas, etc. Para as coletas de sangue, seu braço será higienizado com álcool 70% e depois será perfurado por uma agulha que retirará 10 ml de sangue intravenoso. Esse sangue será colocado em um tubo específico e armazenado de maneira adequada até ser levado ao laboratório que fará as análises. Após as análises, o laboratório irá realizar o descarte de seu sangue em lixo hospitalar, não o utilizando para outros fins. Durante o exercício você poderá ingerir a quantidade de água que desejar.

e) Como em qualquer tratamento, você poderá experimentar algum tipo de desconforto, principalmente relacionado à sensação de “garganta seca” em função da máscara que utilizará no teste da esteira, dor muscular localizada ou à perfuração do braço para as coletas de sangue. No entanto, esses desconfortos não duram por muito tempo, desaparecendo após poucos minutos da realização das coletas, com exceção da dor muscular que poderá ser forte nas 24 e 48 seguintes ao exercício.

f) Os riscos que envolvem o seu tratamento são: fadiga em decorrência do testes de esforço máximo ou na realização do exercício; dor muscular tardia pela intensidade de esforço nas atividades; tonturas; rápido ou baixo ritmo do coração; mal súbito em função da realização de esforço máximo; leve incômodo no braço em decorrência das coletas de sangue intravenosas. Caso você sinta algum desses problemas durante as etapas de coleta, você deverá informar imediatamente algum membro da comissão avaliadora. Para garantir a sua segurança, caso seja necessário um transporte de urgência, será acionado os serviços da ECO SALVA (41 3242-1212) se o problema ocorrer no CEPEFIS ou na Clínica do Joelho.

g) Para tanto você deverá comparecer no Centro de Estudos da Performance Física (CEPEFIS), laboratório que fica no Departamento de Educação Física (DEF) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Campus Botânico, para a realização das avaliações antropométricas e de esforço máximo na esteira, por aproximadamente uma hora. Nos 3 dias subseqüentes ao teste de esforço, você deverá comparecer à Clínica do Joelho de Curitiba localizada na Rua Getúlio Vargas nº3666 no Bairro Água Verde, para a realização do protocolo de exercícios. No

primeiro dia será realizado o exercício e o protocolo de recuperação sendo os outros dias apenas para a coleta sanguínea.

h) Contudo os benefícios esperados são: verificar a sua condição física atual, utilizar os resultados das coletas para auxiliar nos seus treinamentos, verificar o que ocorre no seu corpo quando você participa de um protocolo de exercícios intenso e logo após é submetido a uma técnica de recuperação.

i) Os pesquisadores, Prof. Dr. Raul Osiecki, professor adjunto do Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná, e sua aluna de mestrado Ft. Sara Gabellone Hernandez são os responsáveis pelo seu tratamento e poderão esclarecer eventuais dúvidas a respeito desta pesquisa. Eles poderão ser encontrados pessoalmente de segunda à sexta-feira das 8:00 às 18:00h no Centro de Estudos da Performance Física, Departamento de Educação Física da UFPR, Rua Coração de Maria, 92, BR 116, km 95, Jardim Botânico, ou nos telefones 9601-2187 (Raul) ou 9622-5498 (Sara), além de contatos via e-mail para: [raul@ufpr.br](mailto:raul@ufpr.br) (Raul) e [sarinha\\_hrn@hotmail.com](mailto:sarinha_hrn@hotmail.com) (Sara).

j) Estão garantidas todas as informações que você queira, antes durante e depois do estudo.

k) Neste estudo poderá ser utilizado um “grupo controle”. Isto significa que você poderá não realizar a imersão em água gelada permanecendo 15 minutos sentado logo após o exercício, mas você ainda participará de todas as coletas de sangue e poderá fazer parte desse grupo. Fazemos isso para comparar os resultados de quem fez a imersão e de quem não fez para ver se existem diferenças entre eles.

l) A sua participação neste estudo é voluntária. Contudo, se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá solicitar de volta o termo de consentimento livre esclarecido assinado.

m) As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos médicos que executam a pesquisa e pelas autoridades legais. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a **confidencialidade** seja mantida.

n) Todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa (exames, medicamentos etc.) não são da sua responsabilidade.

o) Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro.

p) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.

Eu, \_\_\_\_\_ li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo. Eu

entendi que sou livre para interromper minha participação no estudo a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem que esta decisão afete meu tratamento. Eu entendi o que não posso fazer durante o tratamento e sei que qualquer problema relacionado ao tratamento será tratado sem custos para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

---

Assinatura do Avaliado  
RG: \_\_\_\_\_

---

Assinatura do Pesquisador Responsável  
Msd. Sara Gabellone Hernandez (CREFITO 81839-F PR)  
RG: 001085959 (MS)

Curitiba, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2009.

