UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E DESENVOLVIMENTO NA REGIÃO CENTRO-OESTE

Jair José Gaspar Junior

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE CRIOTERAPIA POR IMERSÃO SOBRE O DESEMPENHO NEUROMOTOR DE ESPORTISTAS AMADORES

Campo Grande
2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E DESENVOLVIMENTO NA REGIÃO CENTRO-OESTE

Jair José Gaspar Junior

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE CRIOTERAPIA POR IMERSÃO SOBRE O DESEMPENHO NEUROMOTOR DE ESPORTISTAS AMADORES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento da Região Centro-Oeste, área de concentração – Saúde e Sociedade, como parte dos requisitos exigidos para obtenção de título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Assis de Oliveira Júnior

Campo Grande
2020

Jair José Gaspar Junior

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE CRIOTERAPIA POR IMERSÃO SOBRE O DESEMPENHO NEUROMOTOR DE ESPORTISTAS AMADORES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento da Região Centro-Oeste, área de concentração – Saúde e Sociedade, como parte dos requisitos exigidos para obtenção de título de mestre.

15 DE ABRIL DE 2020

_____

Prof. Dr. Silvio Assis de Oliveira Junior (Presidente)

_____

Prof. Dr. Daniel Alexandre Boullosa Alvarez (Membro)

_____

Prof. Dr. Fabricio Cesar de Paula Ravagnani (Membro)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela oportunidade que me deu para realizar esta pesquisa. Ao longo desses 2 anos, pude sentir a presença dele mostrando o caminho, abrindo as portas dos clubes para conseguir o maior número de atletas possível e dando forças para continuar o trabalho. Encontrei muitos desafios ao longo desse período, mas nada que não pôde ser superado graças a Ele que sempre esteve comigo!!!

Em segundo lugar, agradeço minha família: pai, mãe, irmãs, sobrinho e avô (*in memoriam)* (Jair, Ozita, Raquel, Rosana, Luiz Miguel e Miguel, respectivamente). Infelizmente não tenho mais a presença física do meu avô, mas tenho certeza que, lá do céu, torceu muito por mim. São eles o meu alicerce, incentivo diário, sustento e fortaleza. Não tenho dúvidas que Deus age na minha vida através deles, por isso merecem todo reconhecimento e gratidão! Em especial, agradeço meus pais pela educação, ensinamentos, companheirismo, amor e carinho que despendem diariamente para mim! Sem vocês isso não seria possível!!! Muito obrigado!!! Amo vocês!!!

A todos contribuintes que, através dos impostos, financiaram essa pesquisa, via bolsa de estudos, regulada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES - Código de Financiamento 001). Muito obrigado!!!

Aos membros do grupo de pesquisa do Laboratório de Estudos do Músculo Estriado (LEME) por todo compartilhamento de conhecimentos que podemos experienciar ao longo desses 2 anos de convivências.

Ao fisioterapeuta, Dr. Paulo Vongroll que, por intermédio do também fisioterapeuta Dr. Filipe Abdalla, abriu as portas do local de trabalho para compartilhar a experiência teórico/prático do Y *Balance Test* que foi utilizado neste estudo. A vocês, muito obrigado!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Silvio Assis de Oliveira Júnior que me deu a oportunidade de realizar essa pesquisa e por todo trabalho realizado desde o início da graduação em 2014. Agradeço também a minha coorientadora, Profª. Drª. Paula Felippe Martinez por todo suporte despendido não somente no mestrado, mas também desde o início da graduação. Muito obrigado por tudo!!!

A minha namorada, Ana Paula Anghinoni que, desde a graduação, me acompanha e apoia em todos os momentos. Agradeço pela paciência, compreensão e parceria. Sou grato não apenas pelo apoio moral, mas também pela ajuda em todo o processo do mestrado, desde as provas de ingresso, passando pela busca de participantes, coleta e análise de dados. Agradeço a Deus pela sua vida e por ter você ao meu lado!!!

Por fim e, em especial, ao professor da Universidade Federal de Rondônia, Dr. Fernando Sérgio Silva Barbosa que, além de ter feito parte da equipe do LEME durante 4 anos, contribuiu e ainda coopera, diretamente ou indiretamente, para a formação de fisioterapeutas, mestres e doutores oriundos do LEME. Todos que por lá passaram, principalmente aqueles que utilizaram a eletromiografia de superfície como ferramenta de avaliação, devem respeito e gratidão a você. De modo particular, este trabalho só foi iniciado e concretizado graças ao apoio incondicional que deu ao longo deste período. Agradeço também, por toda parceria formada desde a sua chegada até a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, por ter me apresentado a eletromiografia de superfície e por toda a orientação que me deu ao longo desses anos, mas principalmente no decorrer do metrado. Grande parte do mérito dessa conquista é sua! Portanto, minha eterna gratidão!!!

RESUMO

A crioterapia é método de recuperação pós-esforço (RPE) muito utilizado sobretudo no âmbito esportivo. Contudo, sua aplicação tem sido, muitas vezes, realizada de forma empírica. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes protocolos de RPE sobre o desempenho neuromotor em esportistas amadores. Participaram do estudo 36 atletas amadores de basquete e futebol, com idade entre 15 e 20 anos. Foram distribuídos em três grupos: recuperação passiva (GRP), CI 5°C (GCI5°) e CI 10°C (GCI10°). Na primeira semana, foi realizada a familiarização, assinatura de termos de consentimento e caracterização da amostra. Na segunda semana, foi realizado o *Y Balance Test* (YBT) antes do protocolo de exaustão (Pré-exaustão), em seguida, foi definida a força isométrica máxima (FIM). Logo após, foi feito uma nova FIM para fins de comparações e normalizações. Todos os grupos foram submetidos a protocolo de exaustão a 40% da FIM em cadeira extensora, equipada com célula de carga. Imediatamente após o protocolo de exaustão, todos realizaram uma nova FIM acompanhada do YBT. Posteriormente, o GRP foi submetido a recuperação passiva, enquanto os grupos CI foram expostos a resfriamento em um tonel com água gelada nas temperaturas de 5ºC e 10ºC, respectivamente. Para avaliar os efeitos dos protocolos de RPE, os participantes realizavam uma nova FIM, um teste submáximo de 10 segundos a 40% da FIM e o YBT aos 15, 30 e 60, 90 e 120 minutos (REC15, REC30, REC60, REC90 e REC120), após o teste de exaustão. Foi utilizada a escala de BORG para determinação da fadiga subjetiva. Foram obtidos os valores de força dos testes de FIM e submáximos em uma janela de 0,5 segundo no software Miotec.Suite 1.0. Os resultados foram analisados por meio do teste de *Two-Way Repeated Measures* com testes *post-hoc* de Bonferroni. O nível de significância foi estabelecido em $p<0,05$. Foi constatada redução significativa da FIM do momento Pré-exaustão para Exaustão nos três grupos avaliados. Houve recuperação da FIM em todos os grupos com destaque para a GCI5°, mas no GRP no momento REC120 e GCI10° nos momentos REC90 e REC120 teve redução da FIM. Houve aumento significativo da percepção de esforço pela escala de BORG entre os momentos Início e Exaustão, porém normalizaram a partir do momento REC15. Durante os esforços submáximos, teve ocorrência de fadiga muscular (Fm) pela presença

de *slopes* positivos de RMS e negativos de FMed. Comparações individuais dos músculos sob parâmetros eletromiográficos para avaliar a RPE não revelaram diferenças estatisticamente significativas entre si, com exceção do músculo vasto medial onde teve recuperação da Fm nos grupos de CI em todos os momentos. No agrupamento dos valores de RMS para compor os valores totais do quadríceps, houve recuperação da Fm nos grupos de CI. Quanto ao YBT, a CI não promoveu alterações de equilíbrio. A CI demonstrou ser eficaz na recuperação da FIM e Fm quando agrupado os valores de RMS do quadríceps. Ademais, não promoveu alterações no equilíbrio e propriocepção a partir do YBT.

Palavras-chave: Força muscular. Fadiga muscular. Crioterapia. Equilíbrio postural.

ABSTRACT

Cryotherapy is a method of post-exercise recovery (RPE) widely used especially in sports. However, its application has often been carried out empirically. The objective of this work was to evaluate the influence of different RPE protocols on neuromotor performance in amateur athletes. 36 amateur basketball and soccer athletes participated in the study, aged between 15 and 20 years. They were divided into three groups: passive recovery (GRP), CI 5 ° C (GCI5 °) and CI 10 ° C (GCI10 °). In the first week, familiarization, signature of consent terms and characterization of the sample were carried out. In the second week, the Y Balance Test (YBT) was performed before the exhaustion protocol (Pre-exhaustion), then the maximum isometric strength (FIM) was defined. Soon after, a new FIM was made for the purpose of comparisons and normalizations. All groups were submitted to an exhaustion protocol at 40% of the FIM in an extension chair, equipped with a load cell. Immediately after the exhaustion protocol, everyone underwent a new FIM accompanied by YBT. Subsequently, the GRP was subjected to passive recovery, while the CI groups were exposed to cooling in a vat with ice water at temperatures of 5ºC and 10ºC, respectively. To assess the effects of the RPE protocols, participants performed a new FIM, a 10 second submaximal test at 40% of the FIM and the YBT at 15, 30 and 60, 90 and 120 minutes (REC15, REC30, REC60, REC90 and REC120), after the exhaust test. The BORG scale was used to determine subjective fatigue. The strength values of the FIM and submaximal tests were obtained in a 0.5 second window in the Miotec.Suite 1.0 software. The results were analyzed using the Two-Way Repeated Measures test with Bonferroni's post-hoc tests. The level of significance was set at $p < 0.05$. A significant reduction in the FIM of the Pre-exhaustion to Exhaustion moment was found in the three groups evaluated. There was recovery of the FIM in all groups, especially the GCI5 °, but in the GRP at REC120 and GCI10 ° at REC90 and REC120 there was a reduction in FIM. There was a significant increase in the perception of effort by the BORG scale between the Onset and Exhaustion moments, but normalized from the REC15 moment. During submaximal efforts, muscle fatigue occurred due to the presence of positive RMS and negative FMed slopes. Individual comparisons of muscles under electromyographic parameters to assess RPE did not reveal statistically

significant differences between them, except for the vast medial muscle where muscle fatigue recovery in the IC groups at all times. In the grouping of RMS values to compose the total values of the quadriceps, there was recovery of muscle fatigue in the IC groups. As for YBT, CI did not promote balance changes. IC proved to be effective in the recovery of FIM and muscle fatigue when the RMS values of the quadriceps were grouped. Furthermore, it did not promote changes in balance and proprioception from YBT.

Key words: Muscle strength. Muscle fatigue. Cryotherapy. Postural Balance.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BCAA	Aminoácidos de Cadeia Ramificada
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CI	Crioterapia por Imersão
CIVM	Contração Isométrica Voluntária Máxima
EMG	Eletromiográfico (a)
FC	Fadiga Central
FIM	Força Isométrica Máxima
Fm	Fadiga Muscular
FM	Força Muscular
FMed	Frequência Mediana
FP	Fadiga Periférica
FS	Fadiga Subjetiva
MI	Membro Inferior
MMII	Membros Inferiores
QT	Quadríceps Total
RF	*Rectus Femoris*

RMS	*Root Mean Square*
RP	Recuperação Passiva
RPE	Recuperação Pós Esforço
SNC	Sistema Nervoso Central
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
UMs	Unidade Motora
VC	Velocidade de Condução
VCN	Velocidade de Condução Nervosa
VL	*Vastus Lateralis*
VM	*Vastus Medialis*
YBT	*Y Balance Test*

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	13
2	**REVISÃO DE LITERATURA**	16
2.1	**Força Muscular**	16
2.2	**Fadiga Muscular**	17
2.3	**Crioterapia por Imersão**	19
2.4	**Equilíbrio**	22
3	**OBJETIVOS**	24
3.1	**Objetivo Geral**	24
3.2	**Objetivos Específicos**	24
4	**MATERIAIS E MÉTODOS**	25
4.1	**Tipo de estudo, Participantes, Critérios de Inclusão e Exclusão**	25
4.2	**Delineamento da Pesquisa**	27
4.2.1	Desenho de Grupos e Protocolos de Recuperação Pós-Esforço.	28
4.3	**Caracterização Geral e Familiarização (Semana 1)**	29
4.4	**Desempenho Neuromuscular e Protocolo Experimental (Semana 2)**	30
4.4.1	Determinação da Força Isométrica Máxima	30
4.4.2	Protocolo de Indução a Exaustão	32
4.5	**Registro e Análise da Atividade do Sinal Eletromiográfico**	32
4.6	***Y Balance Test* (semana 2)**	34
4.7	**Procedimentos de Análise Estatística**	37
5	**RESULTADOS**	39
6	**DISCUSSÃO**	51
7	**CONCLUSÕES**	61
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICE	73
	ANEXO I	77
	ANEXO II	79
	ANEXO III	81
	ANEXO IV	84

1 INTRODUÇÃO

A recuperação pós-esforço (RPE) consiste em restaurar condições de homeostase do organismo, de forma a recondicionar os indivíduos praticantes de exercício físico e esporte para uma nova carga de trabalho, prevenindo o surgimento de lesões resultantes de desequilíbrios entre treinamento e recuperação (ALMEIDA *et al.*, 2012; PASTRE *et al.*, 2009). Um dos métodos de RPE é a imersão em água gelada, denominada crioterapia por imersão (CI), um recurso termoterápico muito estudado no decorrer dos anos e que vem ganhando destaque devido às diversas vantagens que apresenta em termos de recuperação muscular (LIN, 2003; LINDSAY *et al.*, 2017; ROWSELL *et al.*, 2009; SWENSON; SWARD; KARLSSON, 1996; YEUNG *et al.*, 2016).

Os efeitos da CI, dentre outros são: redução da temperatura do tecido, fluxo sanguíneo e metabolismo. Nesse sentido, essas alterações fisiológicas levam aos efeitos terapêuticos, isto é, redução da dor, espasmos musculares e redução de edema (HERRERA *et al.,* 2011), remoção de lactato e prevenção contra a dor muscular tardia (ADAMCZYK *et al.*, 2016). Além disso, a CI é muito utilizada âmbito esportivo na tentativa de acelerar o processo de recuperação, oriundo da fadiga muscular (Fm), após treinamentos e competições (ARGUS *et al.*, 2017).

Todavia, os efeitos da CI, no contexto da RPE, são ainda pouco fundamentados em razão da variedade de protocolos utilizados, muitas vezes, de forma empírica. Tal fato pode ser justificado pela falta de padronização de intervenções, principalmente, em termos de tempo e temperatura. Além disso, há poucos trabalhos comparativos acerca da avaliação do desempenho neuromotor, avaliado com a utilização de eletromiografia de superfície.

Esse instrumento é utilizado na gravação das mudanças do potencial elétrico de um músculo. Além disso, pode ser associado ao emprego de uma célula de carga, aparelho que faz a quantificação dos níveis de força a partir de uma contração muscular (BARBOSA; ALMEIDA, GONÇALVES, 2010). Sob essa perspectiva, a eletromiografia de superfície permite analisar, sob parâmetros eletromiográficos, a ocorrência de Fm pela contração submáxima sustentada (CARROL; TAYLOR; GANDEVIA, 2017) e, posteriormente, a repercussão em decorrência de algum tipo de intervenção (MALLETTE *et al.,* 2018).

Ademais, outro efeito causado pela CI é a redução da velocidade de condução nervosa (VCN) (ALGAFLY; GEORGE, 2007), o que pode afetar o controle neuromotor. Nesse sentido, um teste muito utilizado na avaliação do equilíbrio e propriocepção é o *Y Balance Test* (YBT). O YBT é composto e executado em três direções (anterior, posteromedial e posterolateral) no qual é possível mensurar a distância de alcance de cada membro (GRIBBLE *et al.,* 2012). Contudo, ainda carece de estudos que tenham documentado os efeitos da CI sobre o equilíbrio, utilizando-se o YBT como ferramenta de avaliação.

Diante disso, o presente trabalho foi proposto para avaliar a influência de diferentes protocolos de CI sobre o desempenho neuromotor em esportistas amadores. Como objetivos específicos, incluem-se: 1) analisar os efeitos da CI em relação ao equilíbrio e propriocepção; e 2) analisar o comportamento da amplitude do sinal eletromiográfico (EMG) dos músculos extensores do joelho após fadiga aguda e no decorrer da recuperação após resfriamento, utilizando-se de diferentes protocolos de intervenção em RPE.

A maioria dos estudos concentram-se em reavaliações imediatamente após os exercícios (ABAÏDIA *et al.* 2017; ADAMCZYK *et al*. 2016; POURNOT *et al.* 2011), após 30 minutos (ADAMCZYK *et al*. 2016), 1 hora (POURNOT *et al.* 2011), 24 horas (POURNOT *et al.* 2011; ABAÏDIA *et al.* 2017), 48 e 72 horas (ABAÏDIA *et al.* 2017). Por outro lado, como descrito acima, pouco se discute em repercussões agudas da crioterapia com intervalos acima de 60 minutos após a instalação da Fm.

Portanto, com base em estudos prévios, em relação aos efeitos da redução da temperatura, a primeira hipótese é que a CI promove recuperação dos níveis de força muscular (FM) em 60 minutos após a instalação de exaustão neuromuscular em esportistas amadores. A segunda hipótese, é que o resfriamento causado pela CI reduzirá consideravelmente o equilíbrio em todos os momentos avaliados, haja vista sobre o controle neuromotor, como relatado em estudos prévios (ALGAFLY; GEORGE, 2007; BLEAKLEY; COSTELLO, 2013; FULLAM *et al*., 2015).

A relevância deste estudo se dá pela necessidade de maiores esclarecimentos em relação às repercussões da CI em condições de fadiga e recuperação aguda, partindo-se de parâmetros eletromiográficos. Alia-se a isso também a inconsistência de resultados de outros trabalhos, fazendo com que

este estudo tenha o potencial de fornecer contribuições significativas para o meio científico e prática esportiva no contexto da RPE.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Força Muscular

A FM pode ser definida como a capacidade de um músculo ou grupamento muscular gerar tensão mecânica (ALVES *et al.,* 2018). Nesse sentido, o aparato neuromuscular que permite a produção de força muscular e movimento é chamado de unidade motora (UMs), constituída de um neurônio motor alfa e as respectivas fibras musculares inervadas por ele (BOYAS; GUÉVEL, 2011; HUNTER; PEREIRA; KEENAN, 2016). Sob essa perspectiva, a FM gerada a partir de esforços máximos e submáximos pode ser controlada pelo número de UMs recrutadas e pela taxa de disparos de potenciais de ação que atingem cada UM. Nesse sentido, a relação entre UMs e força é diretamente proporcional, isto é, quanto maior o número de UMs recrutadas, maior será a força produzida (HUNTER *et al.,* 2016).

Estudos prévios mostraram que a FM, em particular a força máxima e a força explosiva, são marcadores mais relevantes de dano muscular. Dessa forma, a redução de força estaria intimamente ligada a esse processo (MORTON *et al.,* 2005; WARREN; LOWE; ARMSTRONG, 1999). Por outro lado, levando-se em consideração apenas o dano muscular, torna-se inconsistente essa afirmação (MERTON, 1954; RUTHERFORD; JONES; NEWHAM*,* 1986), pois esse processo de diminuição de força pode estar ligado também a uma redução ou até mesmo à falta de impulsos centrais para os músculos (MORTON *et al.,* 2005; BOYAS; GUÉVEL, 2011). Nesse aspecto, em resposta ao exercício intenso, tem-se um processo clássico: a Fm. Com isso, a diminuição de força a partir da Fm pode ocorrer tanto por vias centrais, quanto por vias periféricas (BOCCIA *et al.*, 2017), assuntos que serão abordados mais adiante.

Consequentemente, sem uma avaliação mais aprofundada, ficaria incoerente afirmar que apenas o dano muscular seria o causador de alterações nos níveis de força. Dessa forma, torna-se fundamental compreender os processos de Fm desde as origens até as consequências. Boccia *et al.* (2017) mostraram que a perda de força dos músculos extensores do joelho é acompanhada de uma diminuição da VCN. Além disso, relataram ainda que existe uma correlação entre VCN e perda de força (<0,80). Vale ressaltar que

alguns fatores contribuem ainda para alterações na VCN, mesmo sem a prática do exercício, são eles: idade, tamanho, propriedade e morfologia das UMs, dentre outros (HUNTER *et al.,* 2016).

2.2 Fadiga Muscular

A Fm é caracterizada a partir do declínio de desempenho muscular durante uma atividade física, levando o indivíduo à perda de força e redução da capacidade funcional (ABAIDIA *et al.*, 2017). Durante o processo de fadiga, pode-se destacar a redução do potencial elétrico das fibras musculares, gerando decréscimo na condução da atividade elétrica para produção de FM (ROBERTS *et al.*, 2015). A fadiga tem caráter multifatorial complexo e sua origem depende, dentre outros fatores, da característica da atividade que está sendo executada, levando então a declínio no desempenho muscular (ENOKA; STUART, 1985). Em razão de afetar a contratilidade, a Fm tornou-se objeto de estudo, principalmente, por parte de profissionais envolvidos com o esporte de alto rendimento. De fato, o emprego de recursos voltados para a abreviação da recuperação de modo a deixar apto o(s) atleta(s) tem importância fundamental como complemento da preparação esportiva, visando-se aumento de desempenho físico-motor.

Por muito tempo, acreditou-se que a fadiga fosse algo pontual ou repentino quando, na verdade, é um processo que caminha em paralelo com o exercício físico. Sob essa perspectiva, a fadiga tem duas formas principais de manifestação: fadiga central (FC) e fadiga periférica (FP) (BOYAS; GUÉVEL, 2011). A fadiga central envolve o sistema nervoso central (SNC) e está relacionada com uma diminuição da ativação muscular voluntária, levando a um decréscimo de descargas nas UMs recrutadas durante a FM (GANDEVIA, 2001). Além disso, pode ocorrer no encéfalo e/ou em todo trajeto da medula espinhal (SILVA-CAVALCANTE*,* 2018). Muitos pesquisadores têm buscado meios para entender melhor os mecanismos e formas de avaliação da FC (TAYLOR; TODD; GANDEVIA*,* 2006; HUSMANN *et al.,* 2017; CARROLL; TAYLOR; GANDEVIA, 2017; HOHENAUER *et al.;* 2017). Em geral, o enfraquecimento do comando central está relacionado com a redução da excitação fornecida pelo córtex motor (GANDEVIA, 1998). Apesar de incerto, existem algumas hipóteses fortemente

estudadas que poderiam justificar o surgimento da FC (TAYLOR *et al.,* 2016; TAYLOR & GANDEVIA, 2008; TAYLOR; TODD; GANDEVIA, 2006), entre elas, depleção ou acúmulo de neurotransmissores que induzem declínio da excitação corticoespinhal, em especial a 5-hidroxitriptamina, popularmente conhecida como serotonina (CORDEIRO *et al.*, 2017).

A serotonina, por si só, não é capaz de ultrapassar a barreira hematoencefálica, por isso, utiliza de seu precursor para tal finalidade, o triptofano. Contudo, o triptofano, que está livre no plasma sanguíneo, compete com os aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA) para adentrar o cérebro. Durante o exercício físico prolongado, os BCAA fornecem energia também para os músculos. Dessa forma, ocorre um desequilíbrio nessa competição, deixando o caminho livre para o triptofano atravessar a barreira hematoencefálica e sintetizar serotonina. Logo, esse neurotransmissor dificulta a transmissão do potencial de ação e transmissão da sinapse para a geração de movimento, levando a uma diminuição na capacidade dos músculos gerarem força (KAVANAGH; McFARLAND; TAYLOR, 2019). Em estudos com eletroestimulação transcraniana, pôde-se observar que 25% da queda da FM foi causada pela FC (GANDEVIA, 2001; McNEIL *et al.,* 2009; TAYLOR & GANDEVIA, 2008). Além disso, Smith *et al.* (2007) constataram que, durante a flexão isométrica sustentada do antebraço a 5% da CIVM, dois terços da fadiga foram devido a mecanismos centrais (supraespinhais).

Em relação à FP, esta se condiciona ao sistema nervoso periférico, mais precisamente no nervo, junção neuromuscular e a célula muscular. Pode gerar alterações na transmissão neuromuscular, propagação do potencial de ação muscular, acoplamento excitação-contração e outros mecanismos aliados a este processo (CARROLL; TAYLOR; GANDEVIA, 2017). Nesse sentido, a transmissão a nível neuromuscular, que é definida como transformação do potencial de ação do nervo em potencial de ação muscular, pode ser afetada por alguns fatores, dentre eles: 1) diminuição de liberação ou até depleção de neurotransmissores na fenda sináptica; 2) diminuição da sensibilidade de acetilcolina nos receptores e membrana pós-sinápticas; e 3) insuficiência na propagação do potencial de ação do nervo nas terminações (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008). Sob essa perspectiva a FP está relacionada com o esgotamento de reservas de energia, acúmulo de subprodutos, ou até mesmo,

com o comprometimento do mecanismo contrátil muscular (JONES *et al*., 2008).

Outro fator relacionado à FP foi descrito no estudo de Krnjevick e Miledi (1959). Após estimulação elétrica de terminações nervosas dos motoneurônios de diafragma de ratos, não houve ativação dessas terminações. Eles concluíram que esse fenômeno ocorreu devido à baixa concentração de oxigênio intramuscular. Nesse sentido, o estado de hipóxia, segundo Romer *et al.,* (2007), causa um estímulo nos aferentes do grupo III e IV. Dessa forma, a fadiga é gerada pelo fator inibitório que esses aferentes provocam no comando do córtex motor. Apesar de terem algumas características singulares, os mecanismos da fadiga neuromuscular podem interagir, pois a atividade física desencadeia tanto os processos centrais quanto periféricos (BOYAS; GUÉVEL, 2011). Entretanto, dependendo de alguns fatores, como mencionado no início desta seção, pode ocorrer a predominância de um mecanismo em relação ao outro (ZAJĄC *et al*., 2015).

2.3 Crioterapia por Imersão

A prática esportiva promove saúde e melhora a qualidade de vida dos praticantes. Contudo, independentemente da modalidade, se não realizada com acompanhamento, de modo a lançar mão de estímulos adequados além de promover a prevenção de lesões e RPE, seus malefícios podem ser superiores aos benefícios, haja visto a gama de riscos inerentes a diversas modalidades esportivas (DE MARCHI *et al.*, 2017). Nesse sentido, um método de RPE muito utilizado é a CI que consiste, basicamente, na imersão em água gelada com temperatura abaixo de 15°C (LATEEF, 2010).

Dentre suas finalidades, a CI destaca-se pelos efeitos derivados da pressão hidrostática e das mudanças dos fluídos intracelulares, de forma a reduzir a inflamação e edema. Consequentemente, preserva a função muscular mantendo seu desempenho (BLEAKLEY; DAVISON, 2010; WILCOCK; CRONIN; HING, 2006;). Além disso, outra atuação fundamental da CI é relacionada à minimização dos danos causados pelo exercício excêntrico, sendo estes: microtraumas de fibras musculares, edema, rigidez e dor. Assim, a CI reduz essa resposta inflamatória, bem como outras consequências relacionadas a este tipo de exercício (CLARKSON; NOSAKA; BRAUN, 1992).

Sob essa perspectiva, o dispêndio energético ou aumento do metabolismo provocado pela prática esportiva e de atividades físicas, ou ainda nos esforços realizados nas intervenções fisioterapêuticas, pode ser amenizado pelo uso de CI, principalmente, se essas situações repetem-se a curtos intervalos de tempo (WILCOCK; CRONIN; HING, 2006). Não obstante, há ampla variação entre protocolos de aplicação da CI, considerando-se parâmetros de tempo e temperatura. São comuns intervenções entre 5 e 11ºC durante períodos de 5 a 10 minutos (BAHNERT; NORTON; LOCK, 2013; BARONI *et al*., 2010; LEAL JUNIOR, 2011), assim como protocolos de 10°C e 15ºC por 15 minutos (HERNANDEZ, 2010; WASSMANSDORF, 2012; LINDSAY *et al*., 2017).

Elias *et al.* (2012) avaliaram quatorze jogadores de futebol da liga australiana durante três semanas de treinamento padronizado. Na primeira semana, todos os atletas realizaram recuperação passiva (RP); já na segunda semana, os voluntários foram divididos em dois grupos de intervenção: um grupo realizou terapia por contraste de água (1 minuto imerso em água a 38°C e 1 minuto a 12°C) durante 14 minutos e o outro grupo foi submetido a CI com temperatura a 12°C por 14 minutos consecutivos. Os autores concluíram que a CI foi mais eficaz para restaurar o desempenho físico dos atletas quando comparada com as outras terapias propostas.

Adamczyk *et al.* (2016) avaliaram os efeitos da CI, massagem com gelo e RP na temperatura corporal e os potenciais benefícios para prevenção da dor muscular tardia. No total, 36 participantes foram divididos em três grupos correspondentes ao método de recuperação proposto. O grupo RP permaneceu deitado, enquanto os outros foram expostos a baixas temperaturas. A aplicação da crioterapia no grupo massagem com gelo foi realizada bilateralmente no quadríceps de forma simultânea; já o grupo CI permaneceu em pé com a água no nível da espinha ilíaca anterossuperior, com temperatura de 8,0±1,1°C. Após três minutos de intervenção, os praticantes foram submetidos à realização de saltos, partindo do agachamento total até a amplitude máxima durante 1 (um) minuto. Após as reavaliações, os autores concluíram que tanto a massagem com gelo quanto a CI tiveram resultados significativos. Ressaltaram apenas que a massagem com gelo é mais recomendada quando a fadiga é localizada, enquanto a CI é mais apropriada a situações de Fm global ou em casos de lesões.

De forma mais específica, Lindsay *et al.* (2017) compararam os efeitos entre CI e RP, com uso de biomarcadores de estresse estrutural e inflamação em atletas de artes marciais mistas, após uma sessão de treinamento de preparação para competição. Verificou-se redução da dor muscular de início tardio, da fadiga e nos níveis de todos os biomarcadores, comprovando então a efetividade da CI. Em contrapartida, outro estudo, também com atletas de futebol (WASSMANSDORF, 2012), mostrou que a CI afetou apenas um dos sete indicadores utilizados para analisar a recuperação dos atletas. Do mesmo modo, também com atletas, Leal Junior *et al.* (2011) demonstraram que a CI não afetou a recuperação dos três parâmetros utilizados para analisar a RPE.

Com isso, é provável que os diferentes protocolos de recuperação utilizados (tempo e temperatura), formas de indução a fadiga (contração isométrica, isotônica e isocinética), métodos e tempo de avaliação após a exaustão possam justificar essas contradições. Sob outra perspectiva, a redução da temperatura através da crioterapia pode levar a interferências nas UMs (MARLLETTE *et al.*, 2018), ocasionando alterações nas aferências e eferências do sistema nervoso (FREIRE *et al.*, 2016).

Essas mudanças na condução do impulso nervoso podem afetar diretamente a VCN. Segundo Algafly e George (2007), a VCN pode ser influenciada pelo sexo, idade e, de forma mais pertinente, pela temperatura da pele. Isso faz com que o uso da CI, como método de RPE aguda possa, de certa forma, prejudicar o desempenho do exercício físico. Várias teorias são utilizadas para explicar esse fenômeno. Em estudo com modelo animal, Reid, Babes, Pluteanu (2002) investigaram os mecanismos de transdução do frio em neurônios termorreceptivos de gânglios da raiz dorsal de ratos. A partir dos resultados, sugeriram que a temperatura poderia alterar as trocas iônicas de Ca^{2+} e Na^{+} em razão, segundo os autores, do aumento do atrito entre o Ca^{2+} e seu sítio celular, ocasionando retardo na geração do potencial de ação.

Com razão, essa alteração na VCN pode conduzir a prejuízos do controle neuromuscular (SAEKI, 2002). Uma interferência danosa na aferência acarreta déficit de provimento ao sistema nervoso acerca de estabilidade articular; já na eferência, há retardo na velocidade da resposta motora. Uma alteração dessa configuração nas duas respostas, aferente e eferente, pode ocasionar um comprometimento na propriocepção, cinestesia (MACHADO;

HAERTEL, 2006) e nos níveis de força (FREIRE *et al.*, 2016). Por sua vez, as medidas de FM podem também variar segundo mecanismos neurais, pois o número de UMs recrutadas e a frequência com que são descarregados os estímulos nervosos afetam diretamente o mecanismo de contração muscular (GROSS, 2011). Dessa forma, além de manter relações com adaptações do controle neuromotor, a manutenção dos níveis de força é essencial para o desenvolvimento do exercício (SAITO; ANDO; AKIMA, 2016).

No estudo de Garcia *et al.* (2014), embora tenha usado a aplicação de bolsa de gelo, os autores mostraram aumento das medidas de *root mean square* (RMS) e diminuição da frequência mediana (FMed) em 30 minutos após aplicação do agente termoterápico. O sinal EMG foi captado a partir de contrações isométricas de 25%, 50% e 75% da força máxima. Esses achados indicam que a crioterapia causa importante alteração das respostas neuromusculares sob diferentes níveis de força.

2.4 Equilíbrio

O equilíbrio postural pode ser definido como a capacidade de manter o centro de massa do corpo dentro da base de suporte. Além de possuir grande complexidade, é modulado pela execução do controle motor e resulta da participação integrada de, pelo menos, três sistemas: visual, vestibular e somatossensoral, em associação com estímulos proprioceptivos (CORRIVEAU *et al*., 2004; GAZZOLA; PERRACINI; GANANÇÇA, 2006). Sob essa perspectiva, o sistema nervoso tem papel fundamental na manutenção do equilíbrio. Alterações na homeostase desse sistema podem ocasionar distúrbios no controle motor, levando a desequilíbrios ou até mesmo à instalação de lesões. Entre os agentes que podem levar a essa instabilidade, situa-se a crioterapia, principalmente, pelo fato de que um dos seus efeitos mais importantes é a diminuição na VCN, repercutindo em possível desequilíbrio no controle motor (ALGAFLY; GEORGE, 2007).

Giemza *et al.* (2013) submeteram 24 jovens saudáveis a um resfriamento de corpo inteiro a -110°C durante 2 minutos. Foram realizadas medições de oscilação postural de olhos abertos em quatro momentos de 20 segundos cada: pré-intervenção e 1 (um), 6 (seis) e 11 minutos após a exposição. No plano

sagital, houve aumento da oscilação postural durante todos os momentos avaliados após a intervenção. Dessa forma, o estudo concluiu que a crioterapia foi responsável pelo déficit de controle postural.

De forma mais específica, Fullam *et al.* (2015) investigaram os efeitos agudos na estabilidade postural dinâmica após a aplicação de crioterapia na articulação do tornozelo. Participaram da pesquisa 29 atletas masculinos de elite, com idade de 20,8±1,12 anos. Para avaliar o equilíbrio, utilizaram o YBT antes e após a intervenção com crioterapia. O resfriamento foi realizado por 15 minutos através de um equipamento que faz aplicação local. Nesse sentido, os resultados apresentaram uma diminuição significativa dos escores de alcance do YBT nas três direções entre os momentos pré e pós crioterapia. Além disso, foi verificada uma diminuição na velocidade média do caminho do centro de pressão da pré-terapia até o momento pós-terapia. Logo, concluíram que a estabilidade postural dinâmica na articulação do tornozelo foi afetada negativamente após a crioterapia.

Além da instabilidade, Bleakley *et al*. (2007) relataram ainda que existe uma redução do torque muscular, *feedback* periférico inadequado em relação à propriocepção e alterações nas propriedades biomecânicas das articulações, em resposta à CI. Dessa forma, a conjunção de todos esses fatores pode levar a consequências mais graves como, por exemplo, lesões. Com isso, Bleakley e Costello (2013) destacaram o cuidado que se deve tomar no retorno ao exercício físico após a exposição à crioterapia, principalmente, em atletas que executam atividades com exigência alta de controle sensório-motor.

Contudo, ainda não está bem esclarecido na literatura qual o tempo hábil para o retorno à prática do exercício físico após a aplicação da crioterapia, de forma a aproveitar todos os benefícios que essa terapia pode proporcionar, sem comprometer o corpo com o surgimento de lesões oriundas do déficit de controle motor. Além disso, pouco se discute em relação à avaliação com eletromiografia, para determinar-se o tempo ideal de retorno ao exercício.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O estudo teve como objetivo geral avaliar a influência de diferentes protocolos de CI sobre o desempenho neuromotor em esportistas amadores.

3.2 Objetivos Específicos

Em relação aos objetivos específicos, foram elencados dois: analisar os efeitos da CI em relação ao equilíbrio e propriocepção; e analisar o comportamento da amplitude do sinal EMG dos músculos extensores do joelho após fadiga aguda e no decorrer da recuperação após resfriamento, utilizando-se de diferentes protocolos de intervenção em RPE.

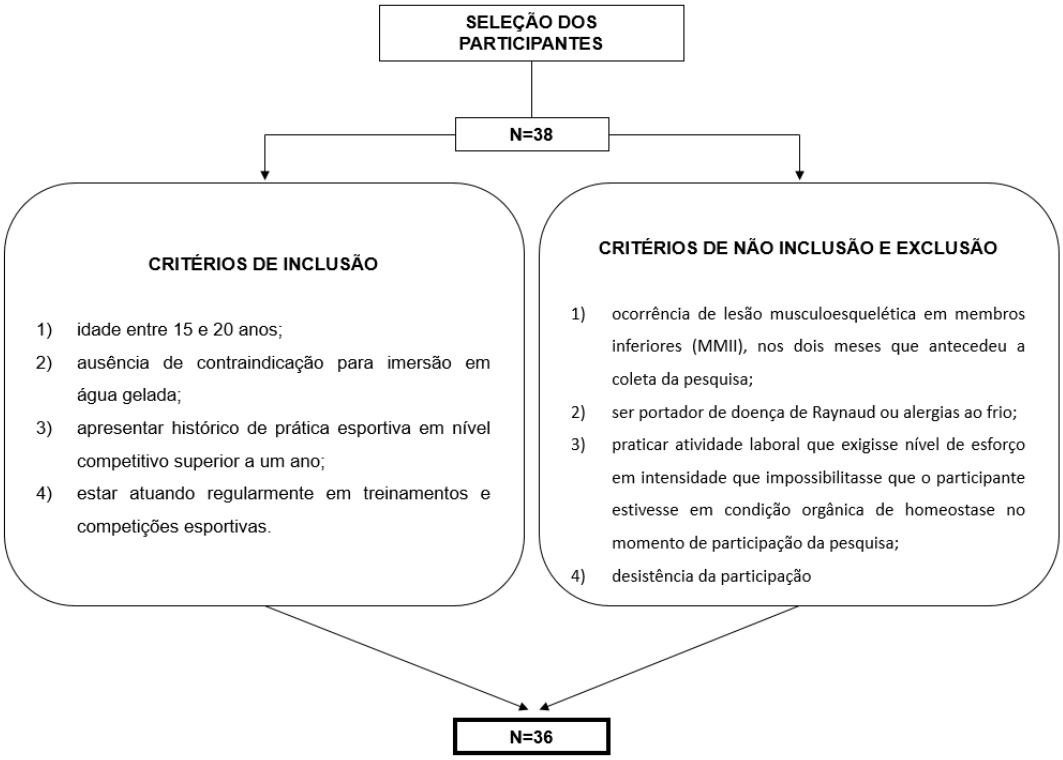
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Tipo de estudo, Participantes, Critérios de Inclusão e Exclusão

O presente estudo teve caráter experimental e os procedimentos de coleta de dados tiveram duração de duas semanas, sendo a primeira composta pela caracterização geral, familiarização e assinatura dos termos. Na segunda semana, foram realizados os protocolos de intervenção, descritos detalhadamente mais adiante. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Estudo do Músculo Estriado, situado na Clínica Escola Integrada, Instituto de Integrado de Saúde, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Todas as coletas de dados foram realizadas em ambiente com temperatura entre 21°C e 23°C e umidade de 40 a 60%.

No total, 38 participantes foram convidados, mas 2 (dois) optaram por não participar da pesquisa. Dessa forma, a amostra foi constituída por 36 esportistas do sexo masculino, saudáveis e praticantes de futebol e basquete membros de equipes de categorias de base, de nível competitivo, da cidade Campo Grande – MS. Como critérios de inclusão, foram considerados: 1) idade entre 15 e 20 anos; 2) ausência de contraindicação para imersão em água gelada; 3) apresentar histórico de prática esportiva em nível competitivo superior a um ano; e 4) estar atuando regularmente em treinamentos e competições esportivas (Figura 1).

Figura 1- Seleção da amostra.



Fonte: o próprio autor.

Por outro lado, como critérios de não inclusão e exclusão, foram ponderados: 1) ocorrência de lesão musculoesquelética em membros inferiores (MMII), nos dois meses que antecedeu a coleta da pesquisa (LEAL JUNIOR *et al.*, 2011); 2) ser portador de doença de Raynaud ou alergias ao frio; e 3) praticar atividade laboral que exigisse nível de esforço em intensidade que impossibilitasse que o participante estivesse em condição orgânica de homeostase no momento de participação da pesquisa. Além disso, foram considerados preceitos éticos e a seleção respeitou os casos nos quais os sujeitos não quiseram participar do estudo (Figura 1).

A escolha dessas modalidades esportivas se deu por pelo menos dois motivos: 1) por estarem na ativa em disputa de campeonatos, inclusive a nível nacional e; 2) por serem acompanhados por estagiários e bolsistas de projeto de extensão do curso de Fisioterapia da UFMS em programas de prevenção e reabilitação de lesões. Todos os participantes foram detalhadamente orientados, conforme a Resolução Nº 466 do Conselho Nacional de Saúde, acerca dos procedimentos aos quais seriam submetidos e do uso exclusivamente científico que foi dado aos resultados, sempre garantindo a não identificação dos

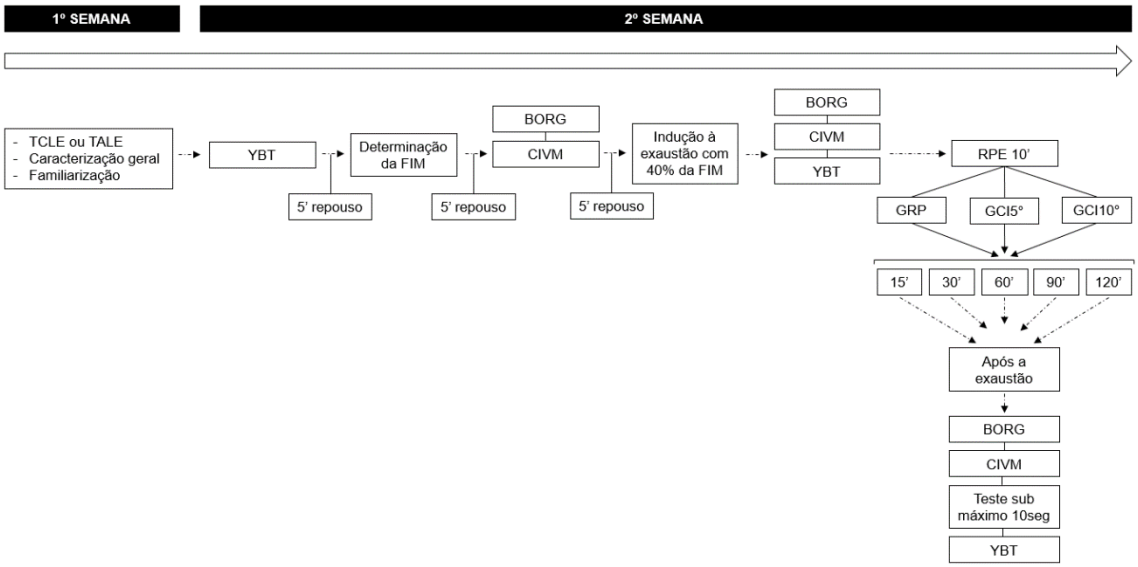
participantes. Ainda respeitando a resolução supracitada, todos os riscos, benefícios e intervenções relacionadas à pesquisa foram detalhadamente explicados a todos os participantes e, havendo concordância, os participantes com 18 anos ou mais e os responsáveis assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); já os participantes legalmente incapazes assinaram um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE).

Todas as recomendações ou exigências do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFMS e recomendações ou exigências nacionais relacionadas à ética em pesquisas com seres humanos foram rigorosamente seguidas. Esta pesquisa foi aprovada pelo CEP da UFMS (parecer número 2.920.457) (APÊNDICE).

4.2 Delineamento da Pesquisa

O presente estudo teve duração de duas semanas. A primeira semana foi composta por procedimentos de familiarização, caracterização geral dos participantes, assinatura dos termos; já a segunda, foi constituída pela realização dos protocolos propostos no estudo, conforme a Figura 2.

Figura 2- Desenho experimental da pesquisa.



Fonte: o próprio autor.

4.2.1 Desenho de Grupos e Protocolos de Recuperação Pós-Esforço

Como condição para o delineamento experimental, foi considerada estratificação por faixa etária e alocação aleatória dos participantes em três grupos, segundo protocolo de recuperação:

- Grupo RP (GRP, n=12), preenchido por participantes que foram submetidos a protocolo de indução à Fm e mantidos em repouso sobre uma maca, durante 10 minutos;

- Grupo CI 5°C (GCI5º, n=12), composto por participantes submetidos a protocolo de Fm, seguido de imersão em água gelada a 5±2ºC, durante 10 minutos;

- Grupo CI 10°C (GCI10°, n=12), com participantes submetidos a protocolo de Fm e imersão em água gelada a 10±2º C por 10 minutos.

Durante a RPE, os participantes dos grupos GCI5º e GCI10º foram mantidos em posição ortostática, em repouso, no interior de recipiente plástico com dimensões de 980 mm de altura, 490 mm de largura e 560 mm de comprimento e capacidade de 240 litros (Figura 3). Para resfriamento da água, foram utilizados cubos de gelo e a temperatura foi controlada por meio de termômetro flutuante. A escolha dos valores de temperatura e tempo foi feita, considerando-se a maior frequência de uso em protocolos similares de RPE em estudos previamente publicados (BAHNERT; NORTON; LOCK, 2013; GOODALL; HOWATSON, 2008; GROSS, 2011; HERNANDEZ, 2010).

Figura 3 - Recipiente plástico utilizado na crioterapia por imersão.

Fonte: o próprio autor.

4.3 Caracterização Geral e Familiarização (Semana 1)

Na primeira semana, foram realizados procedimentos voltados à assinatura dos termos, coleta geral de informações para fins de caracterização dos participantes e familiarização com os procedimentos de coleta de dados. Para caracterização geral dos sujeitos, foi feita coleta de informações demográficas e antropométricas, anamnese, registro de histórico de prática esportiva, ocorrência de lesões musculoesqueléticas e detalhamento do nível de atividade física de cada participante pelo Inquérito de Morbidade Referida tanto para os praticantes de futebol (ANEXO I) (SILVEIRA *et al*., 2013) quanto para os de basquete (ANEXO II) (AMEIDA NETO; TONIN; NAVEGA, 2013). A massa corporal foi aferida com a utilização de uma balança digital da marca G-Tech e modelo BALGL10, com precisão de 0,1 kg e capacidade máxima de 150 kg. Como conduta padrão, os avaliados permaneceram descalços e vestindo roupas leves, foram então orientados a se manter na posição ortostática, sobre o centro da plataforma da balança.

Para mensuração da estatura, foi utilizado um estadiômetro fixo de madeira, com precisão de 0,1cm e extensão máxima de 2m. Os avaliados permaneceram na posição ortostática, descalços, voltados de costas para a superfície vertical do aparelho e olhando para frente, com os membros

superiores relaxados ao lado do tronco, palmas das mãos voltadas para as coxas, calcanhares unidos, tocando a haste vertical do estadiômetro e as bordas mediais afastadas. A parte móvel do estadiômetro foi conduzida até tocar o vertix e comprimir o cabelo (CARVALHO *et al.,* 2014). O nível de atividade física foi obtido com utilização do questionário *International Physical Activity Questionnaire* (ANEXO III) (PAES; ROSSETTO; LIBERALI, 2008).

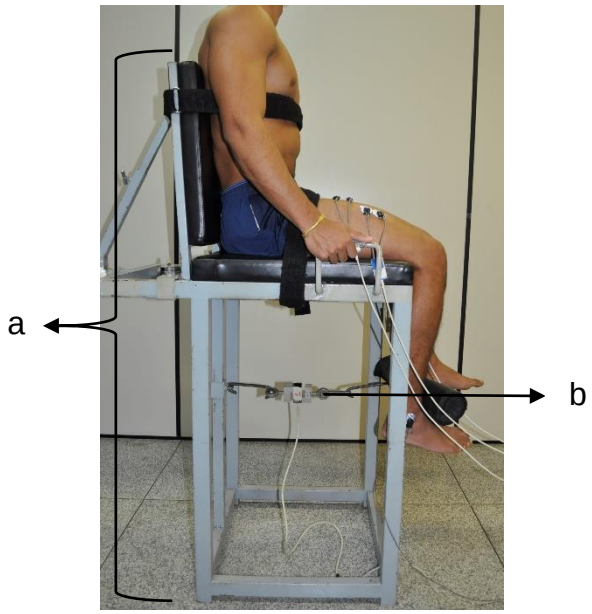
Em relação à familiarização, os participantes tiveram conhecimento do ambiente, equipamentos, instrumentos de coleta, leitura das regras, posturas e movimentos adequados do YBT, escala de percepção de esforço ou escala de BORG (ANEXO IV) (descrita mais adiante), esforços máximos e submáximos, entretanto sem que houvesse exaustão. Por fim, foi descrita, sequencialmente, cada etapa de execução que o participante percorreria no dia do teste. Como procedimento padrão, a familiarização foi finalizada quando houvesse total compreensão de todo o processo por parte do participante.

4.4 Desempenho Neuromuscular e Protocolo Experimental (Semana 2)

4.4.1. Determinação da Força Isométrica Máxima

Para a obtenção da força isométrica máxima (FIM), foi realizado o teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM). Como procedimento padrão, cada participante foi posicionado numa cadeira extensora, desenvolvida exclusivamente para essa finalidade, de modo a permanecer com o joelho flexionado a 90º, sendo estabilizado por duas fitas: uma na região proximal de MMII e a outra no nível do tronco (TANAKA *et al.,* 1996; WINTER, 1990). A FIM representa à máxima força capaz de ser gerada pelo indivíduo, a partir de três esforços máximos isométricos em extensão do joelho, realizados contra uma célula de carga fixada à cadeira extensora (Figura 4).

Figura 4 – a) Cadeira extensora utilizada para determinação da força isométrica máxima e no protocolo de esforço para indução à exaustão, b) célula de carga.



Fonte: o próprio autor.

A célula de carga também foi acoplada a um computador que fez o registro da intensidade do esforço. Cada CIVM teve duração de três segundos, sendo a articulação do joelho mantida em 90º, seguindo a proposta de Silva e Gonçalves (2007). Para fins de estudo, foram considerados cinco minutos de intervalo entre cada CIVM, de forma a permitir a completa recuperação dos músculos avaliados. Esse período de repouso ocorreu por meio da manutenção da própria posição sentada na cadeira utilizada para teste, mas com o membro inferior (MI) livre, permitindo plena recuperação muscular conforme previamente demonstrado (GOODALL; HOWATSON, 2008; SILVA; GONÇALVES, 2007; MIRANDA *et al*., 2013).

Com o objetivo de quantificar os níveis de FIM para as devidas análises, foi realizada CIVM antes, imediatamente após o protocolo de exaustão e em todos os outros momentos de análise 15 min (REC15), 30 min (REC30), 60 min (REC60), 90 min (REC90) e 120 min (REC120). Para análise do desempenho neuromuscular, foi captado o sinal EMG no domínio do tempo que, entre outras variáveis existentes, foi representada pelo RMS e a FMed obtidas tanto na determinação da FIM quanto na contração a 40% da FIM com duração de 10” (BARBOSA; GONÇALVES, 2013). Para avaliar objetivamente tanto a Fm quanto a RPE, foram utilizados estimadores eletromiográficos e de FIM, registrados

durante todos os momentos de realização de CIVM ou submáxima.

Para avaliar a percepção subjetiva de esforço, foi aplicada a Escala de BORG (CR-10) (ANEXO IV) antes e imediatamente após o protocolo de indução a exaustão, bem como em 15, 30, 60, 90 e 120 minutos após o teste de exaustão.

4.4.2. Protocolo de Indução à Exaustão

Após a obtenção dos valores de FIM, foi realizado o protocolo de indução à exaustão. Em relação ao posicionamento, seguiu-se o mesmo padrão utilizado para a determinação da FIM. Com isso, o participante realizou um esforço correspondente a 40% da medida de FIM até a exaustão, determinada com oscilação superior a 5% do esforço a ser mantido ou até que o participante relatasse ser incapaz de continuar o protocolo de exaustão (SILVA; GONÇALVES, 2007; MIRANDA *et al*., 2013). Tanto para o teste de FIM quanto para realizar o protocolo de exaustão, foi dado estímulo verbal padronizado com o objetivo de estimular o participante a atingir o maior nível de força possível e manter o esforço na intensidade solicitada pelo maior tempo possível.

Durante a sessão de intervenção, a realização de CIVM antes e imediatamente após o protocolo de indução de exaustão é voltada para a comparação da FIM e confirmação da Fm (GUILHEM *et al.,* 2013). Ademais, para avaliar as repercussões neuromusculares sob parâmetros eletromiográficos em relação à fadiga e aos efeitos dos métodos de recuperação proposto neste estudo, foi realizado um teste submáximo de 10 seg a 40% da FIM (semelhante ao protocolo de indução a exaustão) em todos os momentos de análise, após o protocolo de indução a exaustão (REC15, REC30, REC60 e REC120).

4.5 Registro e Análise da Atividade do Sinal Eletromiográfico

A atividade do sinal EMG dos músculos *rectus femoris* (RF), *vastus lateralis* (VL) e *vastus medialis* (VM) foi registrada por meio de eletrodos de superfície de Ag/AgCl (Medi Trace, Kendal, Chicopee, MA, Estados Unidos) posicionados conforme recomendação internacional da *Surface Electromyograhpy for the Non-Invasive Assessment of Muscles* (SENIAM, 2013). Os respectivos eletrodos foram acoplados a sensores por meio de garras e, em

sua outra extremidade, foram conectados ao eletromiógrafo (Figura 5).

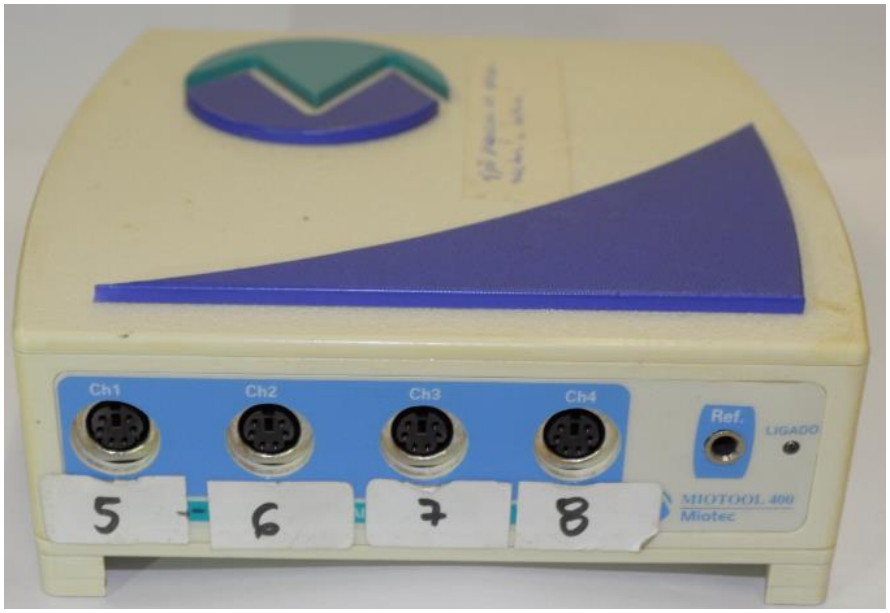
Figura 5 – Posicionamento dos eletrodos nos músculos avaliados.

Fonte: o próprio autor.

Os eletrodos foram acoplados de forma equidistante, a 3 cm entre si, e, previamente a sua colocação, foram realizados procedimentos que minimizaram possíveis interferências no sinal EMG (tricotomia, abrasão com lixa fina e limpeza da pele com álcool) (BARBOSA; GONÇALVES, 2013). Adicionalmente, um eletrodo referência foi colocado sobre o maléolo externo do MI dominante.

Para a captação da atividade do sinal EMG dos músculos avaliados foi utilizado um eletromiógrafo (Figura 6) da marca Miotec (Miotec Equipamentos Biomédicos LTDA, Porto Alegre, RS, Brasil), equipado com quatro canais aos quais foram conectados sensores e a célula de carga. Esse eletromiógrafo foi calibrado com um ganho de 1000 vezes, filtro passa-alta de 10 Hz, filtro passa-baixa de 500 Hz e filtro *notch* de 60 Hz. A frequência de amostragem foi de 2000 Hz.

Figura 6 - Eletromiógrafo com quatro canais.



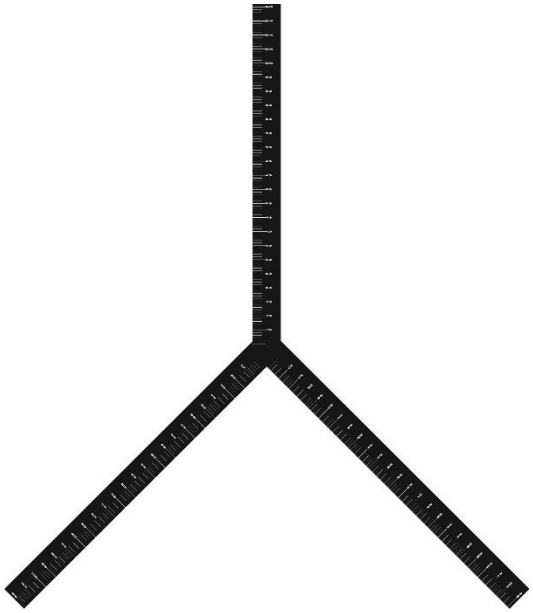
Fonte: o próprio autor.

Para análise do sinal EMG, foi utilizado o *software* MiotecSuite 1.0, a partir do qual foram obtidos os valores de RMS e FMed. Para comparar as variáveis EMG entre os participantes do estudo, foi realizada a normalização dos dados pelos valores de RMS e FMed obtidos da CIVM no momento pré-exaustão. Além disso, esses dados também foram normalizados na base do tempo, em porcentagens sucessivas e correspondentes a cada 10% do tempo de resistência isométrica e dos tempos correspondentes às contrações submáximas (15, 30, 60, 90 e 120 após a exaustão).

4.6 *Y Balance Test* (semana 2)

Para avaliar o equilíbrio e propriocepção, foi utilizado o YBT, que consiste em linhas concentricamente dispostas no solo, cada uma medindo 120 cm, demarcadas em uma escala de um centímetro. Originalmente esse teste é conhecido com *Star Excursion Balance Test*, sendo constituído de oito direções (COUGHLAN *et al.*, 2012; CARDOSO *et al.,* 2016). Por outro lado, Gribble e Hertel (2003) afirmaram que houve uma redundância nos resultados devido à grande quantidade de angulações. Diante disso, os mesmos autores propuseram a manutenção de apenas três direções: anterior, póstero medial e póstero lateral, o que foi adotado no presente estudo (Figura 7).

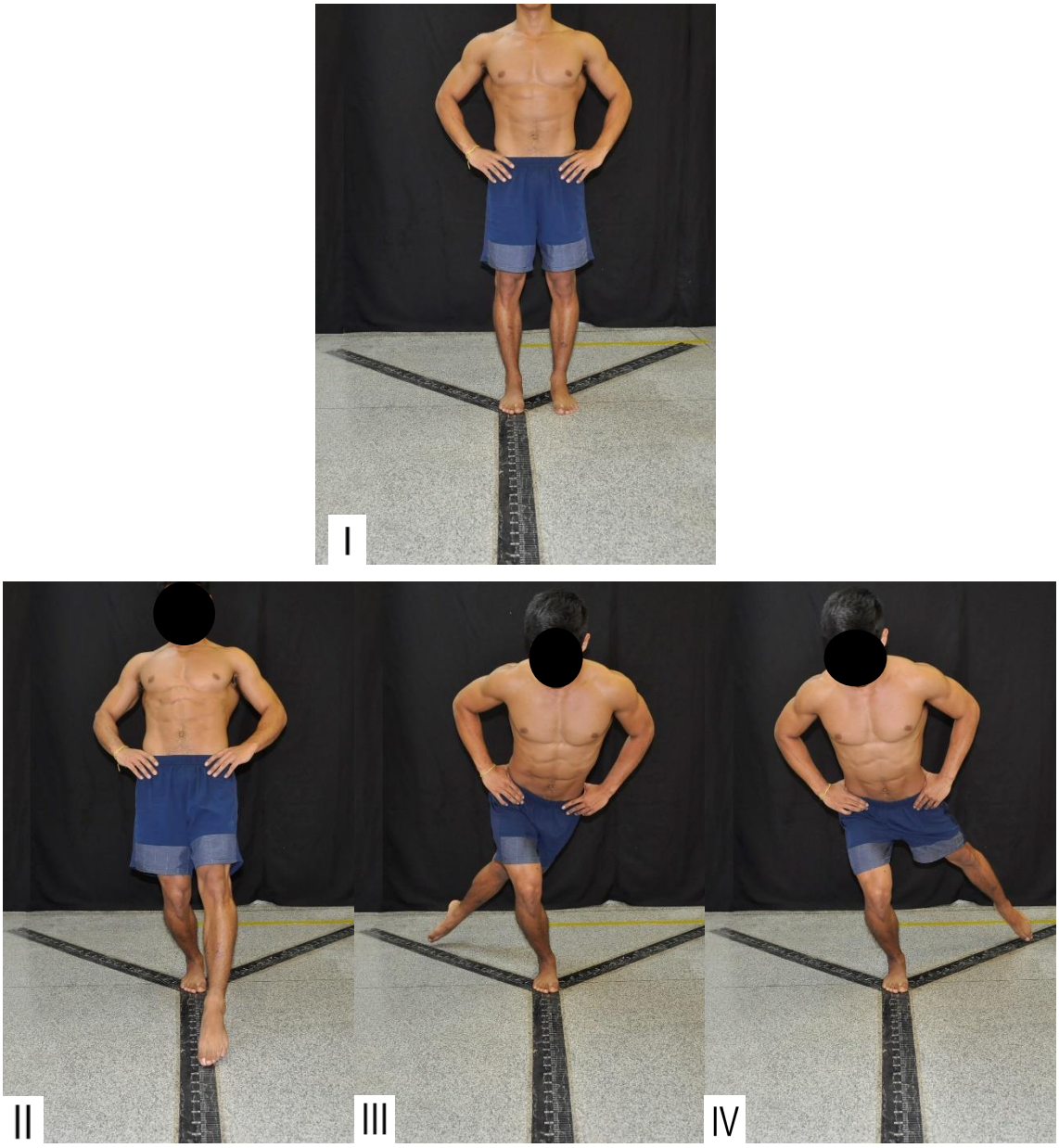
Figura 7 - Modelo das três direções do *Y Balance Test*.



Fonte: o próprio autor.

O YBT foi executado bilateralmente e cada participante foi instruído a se posicionar no centro das fitas com o pé no marco zero, sempre iniciando com o MI direito. O teste tinha início sempre que o participante retirava um MI do chão e, a partir desse momento, cada alcance era realizado de maneira unipodal. O apoio bipodal só era permitido ao término de cada alcance. Dessa forma, o participante tinha liberdade para escolher em qual momento daria início ao teste (GRIBBLE *et al*. 2012). O YBT foi realizado de forma bilateral, com três repetições de cada MI em cada uma das três direções, obedecendo à sequência: anterior, póstero medial e póstero lateral (Figura 8).

Figura 8 - Sequência de execução do *Y Balance Test.*



Fonte: o próprio autor.

Logo depois, foi calculada a média de cada direção do MI direito e do MI esquerdo. Em seguida, para obtenção do escore composto de cada membro, os três valores foram inseridos na fórmula, sendo esta medida normalizada pelo comprimento do MI, que vai da espinha ilíaca anterossuperior até o maléolo medial (GRIBBLE *et al*. 2012), como segue:

$$\text{Escore composto} = \frac{(\text{anterior} + \text{póstero medial} + \text{póstero lateral}) \times 100}{(3 \times \text{comprimento do membro})}$$

O YBT foi realizado antes (momento Pré-Exaustão), imediatamente após a execução do protocolo de fadiga (Exaustão) e nos seguintes momentos de reavaliação na fase de recuperação: REC15, REC30, REC60, REC90 e REC120. No momento inicial, isto é, na primeira coleta do YBT, todos os participantes foram orientados a executar por duas vezes como forma de preparação e, somente na terceira, é que foram coletados valores referentes aos alcances. Vale ressaltar também que esse procedimento de preparação foi exclusivo do momento inicial. Foram admitidos até três erros por membro em cada momento. Foi considerado erro quando o participante realizasse flexão de tronco quando executasse o teste na direção anterior, rotacionasse o tronco para alcançar as direções posteriores, fizesse descarga de peso ao tocar a fita, apoiasse o MI após tê-lo suspenso do chão sem ter completado o movimento, pisasse fora da fita, levantasse o calcanhar de apoio e, por fim, não tocasse com a extremidade do hálux. Os casos em que esse valor fosse ultrapassado não foram considerados para fins de mensuração e registro de resultados.

Vale ressaltar que nenhum participante foi excluído durante as coletas do YBT. Portanto, todos completaram os testes sem extrapolar o número máximo de erros permitidos.

4.7 Procedimentos de Análise Estatística

Considerando-se o delineamento experimental do presente estudo, as variáveis independentes incluíram intervenção de RPE, distribuída em três níveis (GRP, GCI5º e GCI10º), músculo esquelético avaliado, organizado em três níveis (VL, RF e VM), e momento de análise, formatado em até sete níveis de distribuição. Outras variáveis consideradas independentes foram idade, massa corporal, estatura, histórico de treinamento esportivo e carga horária semanal, que foram utilizadas na caracterização dos grupos estudados. Sobre as variáveis dependentes, foram incluídos os estimadores FIM, índice de atividade física, RMS, FMed, assim como os escores do YBT e da escala de BORG.

Os resultados são apresentados no formato descritivo, por meio de medidas de tendência central, posição e variabilidade. Para análise dos pressupostos de normalidade, as variáveis dependentes contínuas foram submetidas ao teste de Kolmogorov-Smirnov. Considerando-se que as medidas

de idade e massa corporal não revelaram características de normalidade, foram analisadas mediante emprego de teste de Kruskal-Wallis (*Kruskal-Wallis One-Way ANOVA*), complementado com o teste de Dunn. Demais características gerais, como estatura, histórico de prática esportiva e carga horária semanal de treinamentos foram avaliadas com uso de análise de variância de uma via (*One-Way ANOVA*) e teste de comparações de Bonferroni.

Para verificar a ocorrência de Fm, foi realizada a regressão linear simples para os valores de RMS e FMed obtidos durante as contrações submáximas a 40% da FIM, previamente normalizadas em função do tempo e da força, como descrito no item 4.5 de Materiais e Métodos. Para isso, foram obtidos, de forma sequencial, a cada 0,5 segundo do sinal EMG registrado durante todos os testes submáximos. Para a análise dos resultados de força, RMS e FMed, considerando-se a combinação entre grupo e momento de análise, foi utilizada análise de variância de duas vias, no modelo de medidas repetidas (*Two-Way RM ANOVA*), complementada com teste de Bonferroni. O nível de significância considerado foi de 5%.

5 RESULTADOS

As informações sobre características demográficas dos participantes estão apresentadas na Tabela 1. Não foram observadas diferenças significativas nas comparações entre grupos.

Tabela 1 - Características gerais dos participantes.

Variável	Grupo		
	GRP	**GCI5º**	**GCI10º**
Idade (anos)	17,0 (16,0 ─ 17,5)	17,0 (16,0 ─ 17,5)	16,0 (16,0 ─ 17,5)
Massa corporal (kg)	66,1 (61,8 ─ 80,8)	68,0 (63,8 ─ 76,9)	69,1 (63,2 ─ 83,8)
Estatura (cm)	176,9 ± 6,1	177,8 ± 8,0	180,5 ± 7,6
H. Prática (anos)	5,58 ± 2,91	5,92 ± 2,91	6,42 ± 4,54
C. H. Sem. (h)	12,0 ± 9,2	12,3 ± 6,2	11,2 ± 5,3

H. Prática, histórico de prática esportiva; C. H. Sem., carga horária semanal de prática esportiva. GRP, grupo recuperação passiva; GCI5º, grupo de imersão em água gelada a 5ºC; GI10º, grupo de imersão em água gelada a 10ºC. Valores de idade e massa corporal expressos em mediana e semi-amplitude; *Kruskal-Wallis One Way ANOVA*. Outras variáveis são apresentadas em média ± desvio-padrão; *One Way ANOVA* ($p>0,05$).

Na Tabela 2, são apresentados valores de FM e escala de percepção subjetiva de esforço (BORG), segundo grupo e momento de avaliação. Houve redução significativa da FM em todos os grupos, quando comparado os momentos Pré-exaustão e Exaustão ($p<0,05$). Nas comparações entre momentos, fixado o grupo, o GRP mostrou diferença significativa entre o momento Pré-exaustão quando comparado ao momento REC120, tendo menores valores para este último. No grupo GCI10º, verificou-se que os momentos REC90 e REC120 exibiram menores valores de força quando comparados ao momento inicial. Fixado o momento, não foram constadas diferenças entre os grupos ($p=0,626$).

Em adição, todos os grupos referiram maior escore de percepção subjetiva de esforço no momento Exaustão, quando comparado ao Pré-exaustão. Não foram constatadas diferenças entre os grupos nas comparações dentro de momentos (Tabela 2).

Tabela 2 - Medidas descritivas de força isométrica máxima e escala de esforço percebido (BORG), obtidas a partir da realização de contração isométrica voluntária máxima, segundo músculo, grupo e momento de análise.

Variável	Grupo	Momento							P-Valor		
		Pré-exaustão	Exaustão	REC15	REC30	REC60	REC90	REC120	Grupo	Momento	Interação
FM (kgf)	GRP	43,5±8,9	39,8±9,4 *	41,2±10,3	41,9±11,3	42,9±12,6	41,5±10,9	39,8±11,3 *	0,626	<0,001	0,915
	GCI5º	47,4±6,4	42,1±4,8 *	44,7±6,2	45,8±5,4	44,8±6,4	44,8±4,4	44,2±4,5			
	GCI10°	46,5±10,1	40,6±7,7 *	44,2±11,4	42,9±9,7	43,8±9,8	41,9±8,9 *	41,8±10,3 *			
Borg	GRP	1,54±1,20	4,83±2,08 *	1,71±1,16	1,54±1,27	1,83±1,79	1,79±1,83	1,71±1,16	0,916	<0,001	0,976
	GCI5º	1,50±1,37	4,63±1,87 *	1,83±1,27	1,83±1,47	1,63±1,52	1,42±1,66	1,88±1,76			
	GCI10°	1,96±1,01	4,58±1,38 *	2,21±1,34	1,67±1,71	1,54±1,64	2,00±2,12	2,13±2,24			

GRP, grupo recuperação passiva; GCI5º, grupo de imersão em água gelada a 5ºC; GI10º, grupo de imersão em água gelada a 10ºC. Pré-exaustão, momento antes da fadiga; Exaustão, momento após fadiga; REC15, momento de recuperação de 15 minutos; REC30, momento de recuperação de 30 minutos; REC60, momento de recuperação de 60 minutos; REC90, momento de recuperação de 90 minutos; REC120, momento de recuperação de 120 minutos. Valores expressos em média ± desvio-padrão. * p<0,05, comparado ao momento Pré-exaustão, dentro do grupo. *Two-Way* RM ANOVA e teste de Bonferroni.

Os valores brutos de RMS, obtidos a partir da realização da CIVM, segundo músculo, grupo e momento constam na Tabela 3. Na análise de todos os músculos, constatou-se interação significativa entre grupo e momento de avaliação ($p<0,001$). Considerando-se o músculo VL, no GRP, os valores de RMS foram maiores no momento Exaustão, comparado ao momento Pré-exaustão. No GCI5º, o RMS foi maior nos momentos Exaustão, REC15 e REC30, com pico em REC15, em comparação ao Pré-exaustão. Não foram constatadas mudanças significativas dentro do grupo GC10º; fixado o momento, os grupos foram similares entre si em todas as comparações realizadas ($p>0,05$).

Levando-se em conta o RF, fixado o grupo, o GCI5º mostrou maiores valores de RMS no momento REC15 e REC30, quando comparados ao Pré-exaustão. Não foram verificadas diferenças significativas nas comparações realizadas entre momentos no grupo GCI10º. Além disso, não foram constatadas diferenças significativas entre grupos, fixado o momento. Em relação ao músculo VM, fixado o grupo, os participantes do GCI5° mostraram maior RMS no momento REC15 do que no Pré-exaustão. Não foram constatadas diferenças significativas dentro dos demais grupos, nem derivadas do protocolo (entre grupos; $p>0,05$).

Em relação ao comportamento do músculo quadríceps como um todo, denominado como quadríceps total (QT), o grupo GRP mostrou pico de RMS no momento Exaustão, em comparação ao Pré-exaustão. Os grupos GCI5º e GCI10º revelaram maior RMS no REC15 do que no Pré-exaustão; as medidas de RMS permaneceram maiores ($p<0,05$) no momento REC30 versus Pré-exaustão, quando se considera o grupo GCI5º. Não foram constatadas diferenças decorrentes do tipo de intervenção (entre grupos; $p>0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3 - Medidas descritivas de *root mean square* obtidas a partir da realização de contração isométrica voluntária máxima, segundo músculo, grupo e momento de análise.

Músculo	Grupo	Momento							P-Valor		
		Pré-exaustão	Exaustão	REC15	REC30	REC60	REC90	REC120	Grupo	Momento	Interação
VL	GRP	374±119	429±110 *	357±126	369±134	359±140	388±155	379±143	0,604	<0,001	<0,001
	GCI5º	338±131	407±145 *	460±188 *	436±146 *	382±129	352±114	378±133			
	GCI10°	355±134	362±111	379±107	366±126	328±80	315±74	311±92			
RF	GRP	406±112	435±106	392±124	391±118	400±125	405±112	387±127	0,902	<0,001	<0,001
	GCI5º	382±155	396±134	520±193 *	465±191 *	418±156	390±157	380±149			
	GCI10°	408±200	409±189	472±211	452±194	443±215	413±197	415±197			
VM	GRP	399±129	439±146	362±132	372±141	389±126	406±152	390±133	0,532	0,031	0,001
	GCI5º	312±83	334±99	396±108 *	363±102 *	345±106	328±96	325±81			
	GCI10°	359±129	393±144	429±180 *	384±127	398±138	379±156	375±166			
QT	GRP	1179± 267	1302± 269 *	1111±335	1133±328	1148±354	11200±380	1150±342	0,992	<0,001	<0,001
	GCI5º	1031±286	1137±298	1376±397 *	1264±348 *	1145±304	1069±286	1083±280			
	GCI10°	1123±364	1163±334	1280±446 *	1201±379	1168±380	1107±374	1101±403			

VL, músculo vasto lateral; RF, músculo reto femoral; VM, músculo vasto medial; QT, músculo quadríceps, com resultados obtidos pela soma de valores de RMS do VL, RF e VM. GRP, grupo recuperação passiva; GCI5º, grupo de imersão em água gelada a 5ºC; GI10º, grupo de imersão em água gelada a 10ºC. Pré-exaustão, momento antes da fadiga; Exaustão (após fadiga); REC15, momento de recuperação de 15 minutos; REC30, momento de recuperação de 30 minutos; REC60, momento de recuperação de 60 minutos; REC90, momento de recuperação de 90 minutos; REC120, momento de recuperação de 120 minutos. Valores expressos em média ± desvio-padrão. * p<0,05, comparado ao momento Pré-exaustão dentro do grupo. *Two-Way* RM ANOVA e teste de Bonferroni.

Na Tabela 4, constam os resultados de FMed segundo músculo, grupo e momento de avaliação. Para todos os conjuntos musculares, verificou-se interação entre grupo e momento de avaliação. No músculo VL, não foram constatadas alterações derivadas do tempo no GRP. No GCI5º, a FMed foi menor no REC15 do que no Pré-exaustão; dentro do GCI10º, a FMed foi maior no momento Pré-exaustão em comparação com os momentos Exaustão, REC15, REC30 e REC120. Fixado o momento REC15, o GRP mostrou maior FMed do que os demais grupos ($p<0,05$).

No músculo RF, o GCI5º mostrou menor FMed nos tempos de REC15 e REC30 em comparação com o momento Pré-exaustão. Fixado o momento, os participantes do GRP e CGI10° apresentaram maior FMed do que GCI5º no momento REC15. Levando-se em consideração o músculo VM, o GCI10º mostrou maior FMed no momento Pré-exaustão quando comparado aos momentos Exaustão, REC15 e REC30. Dentro do momento REC15, o GCI10° apresentou menor FMed do que GRP e GCI5° (Tabela 4).

No músculo quadríceps, isto é, QT dentro dos grupos GRP e GCI10º, os valores totalizados de RMS foram menores na Exaustão do que no Pré-exaustão. Considerando-se somente os grupos sob crioterapia, o RMS foi menor nos momentos REC15 e REC30 em comparação ao Pré-exaustão. Fixado o momento, no REC15, os grupos GCI5° e GCI10° apresentaram RMS significativamente menor em comparação aos valores exibidos pelo GRP. Resultado similar foi verificado no REC30.

Tabela 4 - Medidas descritivas da frequência mediana obtidas a partir da realização de contração isométrica voluntária máxima, segundo músculo, grupo e momento de análise.

Músculo	Grupo	Momento							P-Valor		
		Pré-exaustão	Exaustão	REC15	REC30	REC60	REC90	REC120	Grupo	Momento	Interação
VL	GRP	83,8±12,7	81,0±11,1	89,8±16,8	87,3±13,8	88,7±13,8	82,0±12,8	89,0±15,5	0,249	<0,001	0,003
	GCI5º	84,4±9,3	80,2±9,1	73,3±10,7 *#	77,1±11,4	79,8±14,3	79,0±15,6	80,8±16,8			
	GCI10°	96,5±21,3	79,1±10,8 *	74,8±12,3 *#	81,7±17,7 *	89,3±9,1	87,5±16,6	84,3±4,3 *			
RF	GRP	102,4±21,5	93,0±22,7	103,3±17,7	103,9±19,4	100,4±18,7	99,9±19,8	102,9±20,4	0,351	<0,001	<0,001
	GCI5º	101,9±17,7	96,0±20,6	79,0±13,2 *#	89,3±16,8 *	99,9±17,7	99,3±15,1	109,2±15,6			
	GCI10°	96,3±21,6	88,1±22,8	87,4±15,4	86,9±14,1	92,2±16,0	92,4±17,7	96,8±17,7			
VM	GRP	92,1±15,7	87,8±14,3	96,3±14,7	96,3±11,9	91,0±15,2	90,7±20,2	88,3±18,3	0,851	0,014	0,003
	GCI5º	93,0±12,2	89,7±16,3	82,4±10,0	88,8±11,4	94,1±16,0	88,4±13,6	96,8±16,0			
	GCI10°	97,3±17,2	86,8±22,1 *	78,5±14,6 *#	86,1±15,9 *	91,5±22,7	90,3±17,6	90,4±19,9			
QT	GRP	284±41	262±38 *	290±33	288±35	280±40	273±44	280±43	0,409	<0,001	<0,001
	GCI5º	279±28	266±35	235±24 *#	255±19 *#	274±29	267±22	287±34			
	GCI10°	290±43	254±37 *	241±28 *#	255±29 *#	273±26	270±31	271±38			

VL, músculo vasto lateral; RF, músculo reto femoral; VM, músculo vasto medial; QT, músculo quadríceps, com resultados obtidos pela soma de valores de FMed do VL, RF e VM. GRP, grupo recuperação passiva; GCI5º, grupo de imersão em água gelada a 5ºC; GI10º, grupo de imersão em água gelada a 10ºC. Pré-exaustão, momento antes da fadiga; Exaustão (após fadiga); REC15, momento de recuperação de 15 minutos; REC30, momento de recuperação de 30 minutos; REC60, momento de recuperação de 60 minutos; REC90, momento de recuperação de 90 minutos; REC120, momento de recuperação de 120 minutos. Valores expressos em média ± desvio-padrão. * p<0,05, comparado ao momento Pré-exaustão, dentro do grupo; # p<0,05, comparado ao GRP, dentro do momento. *Two-Way* RM ANOVA e teste de Bonferroni.

Na Tabela 5, são apresentados valores de *slope* referentes às medidas de RMS, segundo músculo, grupo e momento de avaliação. Em particular no músculo VL, o GCI10º exibiu maior *slope* de RMS no momento Exaustão quando comparado aos demais momentos. Fixado o momento Exaustão, o resultado de coeficiente angular foi maior no GCI10º em comparação ao GRP. Não foram constatadas alterações significativas devido à momento e grupo na avaliação do músculo RF. No VM, em todos os grupos, o *slope* foi maior no momento Exaustão em comparação aos momentos REC30 e REC90. Nos grupos sob CI, os valores de *slope* foram também menores nos tempos de REC15, REC60 e REC120 em comparação à Exaustão. Fixado o momento, os participantes do GCI5º apresentaram maior *slope* do que os do GRP no momento Exaustão (Tabela 5).

Considerando-se o QT, em ambos os grupos sob CI, os resultados de *slope* do RMS foram menores nos momentos REC15 a REC120, quando comparados ao Exaustão. Fixado o momento, o grupo GCI10º mostrou maior *slope* do que o GRP na Exaustão.

Tabela 5 - Medidas descritivas do coeficiente angular referente a valores de *root mean square*, segundo músculo, grupo e momento de análise.

Músculo	Grupo	Momento						P-Valor		
		Exaustão	REC15	REC30	REC60	REC90	REC120	Grupo	Momento	Interação
VL	GRP	0,137±0,063	0,044±0,075	0,066±0,063	0,044±0,075	0,066±0,063	0,059±0,077	0,321	<0,001	0,488
	GCI5º	0,220±0,110	0,067±0,100	0,070±0,107	0,045±0,076	0,027±0,029	0,041±0,076			
	GCI10°	0,396±0,751 #	0,072±0,064 *	0,065±0,048 *	0,051±0,105 *	0,062±0,076 *	0,074±0,041 *			
RF	GRP	0,078±0,111	0,059±0,109	0,064±0,103	0,059±0,109	0,064±0,103	0,073±0,027	0,921	0,990	0,920
	GCI5º	0,074±0,091	0,077±0,121	0,058±0,077	0,070±0,086	0,086±0,087	0,079±0,091			
	GCI10°	0,041±0,123	0,064±0,111	0,111±0,123	0,065±0,088	0,062±0,068	0,056±0,084			
VM	GRP	0,139±0,081	0,060±0,050	0,050±0,087 *	0,060±0,050	0,050±0,087 *	0,068±0,081	0,074	<0,001	0,242
	GCI5º	0,232±0,132 #	0,020±0,119 *	0,026±0,074 *	0,036±0,086 *	0,011±0,069 *	0,031±0,046 *			
	GCI10°	0,220±0,179	0,072±0,069 *	0,075±0,063 *	0,114±0,101 *	0,066±0,070 *	0,096±0,097 *			
QT	GRP	0,354±0,184	0,163±0,171	0,180±0,127	0,163±0,171	0,180±0,127	0,200±0,161	0,196	<0,001	0,780
	GCI5º	0,527±0,222	0,163±0,183 *	0,154±0,201 *	0,152±0,174 *	0,125±0,129 *	0,150±0,137 *			
	GCI10°	0,657±0,875 #	0,207±0,124 *	0,251±0,158 *	0,231±0,211 *	0,189±0,123 *	0,226±0,158 *			

VL, músculo vasto lateral; RF, músculo reto femoral; VM, músculo vasto medial; QT, músculo quadríceps, com resultados obtidos pela soma de valores de coeficiente angular para RMS do VL, RF e VM. GRP, grupo recuperação passiva; GCI5º, grupo de imersão em água gelada a 5ºC; GI10º, grupo de imersão em água gelada a 10ºC. Pré-exaustão, momento antes da fadiga; Exaustão (após fadiga); REC15, momento de recuperação de 15 minutos; REC30, momento de recuperação de 30 minutos; REC60, momento de recuperação de 60 minutos; REC90, momento de recuperação de 90 minutos; REC120, momento de recuperação de 120 minutos. Valores expressos em média ± desvio-padrão. * p<0,05, comparado ao momento Pré-exaustão, dentro do grupo; # p<0,05, comparado ao GRP, dentro do momento. *Two-Way* RM ANOVA e teste de Bonferroni.

Na Tabela 6, estão apresentados valores de coeficiente angular referentes à FMed, segundo músculo, grupo (intervenção) e momento de avaliação. No músculo VL, não foram constatadas alterações significativas derivadas da combinação entre e momento e grupo ($p>0,05$).

Sobre o músculo RF, fixado o grupo, o GCI5° apresentou maior coeficiente angular no momento REC60 quando comparado ao momento Exaustão. Fixado os grupos, não foram encontradas diferenças significativas. No estudo do músculo VM, o GRP apresentou maior coeficiente angular nos momentos REC15 e REC120 comparados ao momento Exaustão. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas associadas às comparações entre grupos, fixado o momento.

Considerando-se a análise do QT, fixado o grupo, os participantes do GRP e do GCI5º mostraram maiores valores de *slope* de FMed no momento REC15 do que na Exaustão; além disso, o GRP mostrou menor *slope* de FMed no REC120 do que no período pós-fadiga. Quanto às comparações entre grupos, o GCI10º revelou menor slope do que GRP no momento REC60.

Tabela 6 - Medidas descritivas do coeficiente angular referente a valores de frequência mediana, segundo músculo, grupo e momento de análise.

Músculo	Grupo	Momento						P-Valor		
		Exaustão	REC15	REC30	REC60	REC90	REC120	Grupo	Momento	Interação
VL	GRP	-0,092±0,117	0,016±0,132	-0,033±0,138	-0,030±0,150	-0,010±0,148	-0,036±0,082	0,364	0,251	0,867
	GCI5º	-0,068±0,138	-0,031±0,050	-0,046±0,116	-0,070±0,098	-0,073±0,094	-0,050±0,126			
	GCI10°	-0,037±0,153	-0,008±0,086	-0,004±0,082	-0,098±0,096	-0,011±0,168	-0,020±0,112			
RF	GRP	-0,106±0,141	-0,058±0,109	-0,020±0,090	-0,028±0,129	-0,067±0,119	-0,034±0,085	0,300	0,010	0,955
	GCI5º	-0,144±0,166	-0,045±0,100	-0,035±0,126	-0,016±0,070 *	-0,050±0,104	-0,072±0,148			
	GCI10°	-0,153±0,182	-0,043±0,090	-0,060±0,104	-0,102±0,130	-0,083±0,114	-0,083±0,128			
VM	GRP	-0,103±0,124	0,027±0,169 *	-0,058±0,090	-0,020±0,093	-0,033±0,120	-0,056±0,112 *	0,654	0,003	0,574
	GCI5º	-0,076±0,174	0,010±0,110	-0,015±0,183	-0,046±0,113	-0,041±0,128	-0,025±0,107			
	GCI10°	-0,098±0,129	-0,030±0,122	-0,021±0,054	-0,108±0,090	-0,003±0,091	-0,001±0,121			
QT	GRP	-0,295±0,272	-0,028±0,235 *	-0,099±0,227	-0,069±0,133	-0,111±0,205	-0,015±0,175 *	0,467	<0,001	0,593
	GCI5º	-0,289±0,336	-0,060±0,201 *	-0,095±0,196	-0,118±0,153	-0,149±0,167	-0,148±0,297			
	GCI10°	-0,284±0,289	-0,080±0,199	-0,083±0,122	-0,295±0,191 #	-0,088±0,255	-0,098±0,221			

VL, músculo vasto lateral; RF, músculo reto femoral; VM, músculo vasto medial; QT, músculo quadríceps, com resultados obtidos pela soma de valores de coeficiente angular para FMed do VL, RF e VM. GRP, grupo recuperação passiva; GCI5º, grupo de imersão em água gelada a 5ºC; GI10º, grupo de imersão em água gelada a 10ºC. Exaustão (após fadiga); REC15, momento de recuperação de 15 minutos; REC30, momento de recuperação de 30 minutos; REC60, momento de recuperação de 60 minutos; REC90, momento de recuperação de 90 minutos; REC120, momento de recuperação de 120 minutos. Valores expressos em média ± desvio-padrão. * p<0,05, comparado ao momento Pré-exaustão, dentro do grupo; # p<0,05, comparado ao GRP, dentro do momento. *Two-Way* RM ANOVA e teste de Bonferroni.

Na Tabela 7, constam os resultados de YBT segundo o lado, grupo e momento de avaliação. Não foi verificada interação entre os fatores avaliados. No lado dominante, não foram encontradas diferenças significativas, considerando-se a combinação entre grupo de intervenção e momento (p=0,254 e p=0,057, respectivamente). No lado não dominante, fixado o grupo, o GRP mostrou menor escore de YBT no momento Pré-exaustão, se comparado aos momentos REC30, REC60, REC90 e REC120 (p=0,002). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas associadas às comparações entre grupos.

Tabela 7. Medidas descritivas de escore do *Y Balance Test*, segundo membro inferior, grupo e momento de análise.

Membro inferior	Grupo	Momento							P-Valor		
		Pré-exaustão	Exaustão	REC15	REC30	REC60	REC90	REC120	Grupo	Momento	Interação
D	GRP	67,6±8,7	67,7±10,0	68,2±9,5	68,7±10,0	69,4±9,2	69,4±9,1	69,7±9,1	0,254	0,057	0,085
	GCI5º	64,9±5,3	64,4±5,2	63,4±5,3	63,4±5,3	63,2±5,3	63,8±5,5	64,6±6,1			
	GCI10°	66,0±5,6	64,3±5,1	64,7±5,6	65,8±6,1	65,8±6,3	65,7±6,7	65,9±7,0			
ND	GRP	67,6±7,6	69,0±7,6	69,1±8,4	69,9±8,0 *	70,2±8,5 *	70,2±7,8 *	70,8±7,6 *	0,355	0,002	0,074
	GCI5º	66,7±5,5	65,6±5,8	64,6±5,5	65,4±5,1	65,8±5,1	65,5±5,1	66,6±5,0			
	GCI10°	67,2±5,9	66,8±6,0	67,3±6,5	67,0±6,0	67,7±7,0	68,9±7,2	68,8±6,5			

D, membro inferior dominante; ND, membro não dominante. GRP, grupo recuperação passiva; GCI5º, grupo de imersão em água gelada a 5ºC; GI10º, grupo de imersão em água gelada a 10ºC. Pré-exaustão, momento pré-exaustão (antes da fadiga); Exaustão (após fadiga); REC15, momento de recuperação de 15 minutos; REC30, momento de recuperação de 30 minutos; REC60, momento de recuperação de 60 minutos; REC90, momento de recuperação de 90 minutos; REC120, momento de recuperação de 120 minutos. Valores expressos em média ± desvio-padrão. * p<0,05, comparado ao momento Pré-exaustão, dentro do grupo. *Two-Way* RM ANOVA e teste de Bonferroni.

6 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência de diferentes protocolos de RPE sobre o desempenho neuromotor em esportistas. Sob essa perspectiva, foi proposto analisar, a partir de variáveis eletromiográficas, o comportamento isolado dos músculos VL, RF e VM, assim como todo o quadríceps, após protocolo de fadiga aguda e no decorrer de 120 minutos de recuperação. Além disso, buscou-se avaliar os efeitos dessas diferentes intervenções sobre o equilíbrio e propriocepção. Como hipóteses iniciais, admitiu-se que a CI promoveria melhor recuperação dos níveis de força após 60 minutos do momento denominado Exaustão e que o resfriamento reduziria o equilíbrio em comparação com a RP. Para confirmar essas premissas, adotamos um modelo de fadiga que, entre outras potencialidades, permite mensurações contínuas do desempenho, oferecendo informações instantâneas em relação ao comportamento contrátil muscular (SILVA; GONÇALVES, 2007).

Sob essa perspectiva, a primeira variável analisada para determinação do desempenho neuromotor foi FM. Tal variável demonstrou decréscimo significativo nos três grupos em resposta ao modelo de indução à exaustão que foi proposto. Essa alteração na capacidade de geração de força pelo aparato muscular, já foi mostrada em outros estudos. Por exemplo, Boccia *et al*., (2017) encontraram decréscimos significativos das contrações voluntárias máximas, os quais correlacionaram-se também significativamente com redução da velocidade de condução (VC) na fibra muscular. Contribuindo com essa desaceleração da VC do potencial de ação ao longo da fibra muscular, está o acúmulo de produtos metabólitos resultantes do exercício, como íons H^+, adenosina trifosfato e fosfato inorgânico (HUGHES; PETTERSON, 2019; SUNDBERG; FITTS, 2019), assim como seus efeitos sobre estruturas específicas, como o retículo sarcoplasmático. Nesse último caso, o declínio da força já demonstrou ocorrer simultaneamente ao decréscimo intracelular de Ca^{+2} e a um comprometimento nas taxas de liberação e reabsorção do Ca^{+2} pelo retículo sarcoplasmático (WESTERBLAD; ALLEN, 1991; WILLIAMS *et al.*, 1993). Consoante a esses estudos, Wan *et al*., (2017) relataram que a FM está relacionada com mecanismos contráteis. Portanto, a redução ou falha dela pode estar intimamente ligada a acúmulo dos metabólitos citados anteriormente.

Já em relação à recuperação da FM, nota-se que ela esteve presente em todos os grupos, inclusive independente dos parâmetros utilizados no caso da CI. Esse resultado diverge quando comparado a outros estudos, entre eles o de De Marchi *et al.* (2017) os quais avaliaram a recuperação muscular de 40 participantes, após a indução da fadiga. Os resultados indicaram que a CI não foi eficaz na recuperação da FM em todos os momentos avaliados (60 minutos, 24h, 48h e 72h após o protocolo de exaustão). Os autores atribuíram esse comportamento à redução na VCN que, por sua vez, pode ter interferido no recrutamento de UMs.

A diminuição da VCN derivada do resfriamento ocorreria, provavelmente, devido à diminuição de abertura e fechamento dos canais de Na^{+}, traduzindo-se mediante redução da condução nervosa (RUTKOVE, 2001). Reid, Babes e Pluteanu (2002) relataram que a baixa temperatura poderia aumentar o atrito entre Ca^{2+} e o seu “portão” celular. Dessa forma, também retardaria a geração do potencial de ação, o que explicaria a redução da VCN. Contudo, no presente estudo este achado não foi reproduzido. Dessa forma, outros aspectos devem ser abordados para explicar esse ocorrido. Antes disso, vale ressaltar que no último momento, dois dos três grupos investigados voltaram a apresentar declínio significativo da FM, provavelmente em resposta aos esforços repetidos nos momentos anteriores.

Em relação ao contraste entre nossos resultados e aqueles apresentados por De Marchi *et al.* (2017), alguns pontos metodológicos diferem entre o nosso e o deles em, pelo menos, três aspectos. Em primeiro lugar, para realizar a Fm, eles utilizaram contrações isotônicas, isto é, alternância em contrações concêntricas e excêntricas; segundo, o método utilizado para o resfriamento foi uma aplicação local através de um pacote de gelo, o que não possibilitou controlar a temperatura; por fim, o tempo utilizado foi de 20 minutos. Nesse sentido, acreditamos que as associações de todos esses fatores contribuíram para divergência de resultados.

Sob outra perspectiva, durante a aplicação de resfriamento, observa-se uma primeira fase de sensação inicial de frio. A segunda etapa é de dor e desconforto, e a terceira inclui analgesia ou anestesia. A quarta fase produz vasodilatação reflexa. Cada resposta perdura por aproximadamente dois a três minutos, dependendo da modalidade utilizada (CARVALHO *et. al.*, 2012).

Considerando-se que o protocolo de intervenção teve duração de 10 minutos, não se pode descartar que a CI tenha repercutido em vasodilatação acompanhada de normalização da atividade neural. Embora esse argumento seja especulativo, os resultados de FMed confirmam que a taxa de disparos aumentou em ambos os grupos sob CI em 15 a 30 minutos após o estabelecimento de fadiga no quadríceps (Tabela 4).

Em consonância com nossos achados, Sanya & Bello (1999) avaliaram a FIM de 60 voluntários, sendo 30 homens e 30 mulheres. Baseados nos resultados obtidos, afirmaram que a crioterapia promoveu a melhora da FIM. Desfechos semelhantes foram relatados por Hausswirth *et al.,* (2011) após avaliarem nove corredores de alta *performance* comparando três protocolos de RPE, sendo estes formados por CI de corpo inteiro, infra vermelho e RP, em três momentos após a indução a fadiga: 60 minutos, 24 horas e 48 horas. A CI promoveu a recuperação da FIM logo no primeiro momento de avaliação após a indução a fadiga. A justificativa que os autores encontraram para explicar os resultados, foi que redução da temperatura, durante exposição à crioterapia induziu, pelo mecanismo de vasoconstrição, uma redução da permeabilidade dos vasos sanguíneos o que afetou as células imunológicas, fazendo com que houvesse uma redução do edema, processo inflamatório e dor, gerando então, aumento na FIM. Diante disso, acreditamos que, em nosso estudo, esse mecanismo pode ter ocorrido gerando aumento da FM a partir do momento REC15 (Tabela 2).

Ademais, por mais óbvio que seja devido aos nossos resultados, acreditamos que os protocolos escolhidos tenham ligação direta com essa recuperação. Tal afirmação pode ser justificada pelo estudo de Razeghi; Nouri (2015), no qual citaram fatores relacionados para não recuperação da FIM, dentre eles, os parâmetros dos protocolos da crioterapia. Tempos mais duradouros e temperaturas mais baixas, têm sido descritos como ineficientes para tal objetivo. Vale ressaltar que os estudos, na sua grande maioria, utilizam o tempo de 20 minutos combinado com a temperatura ≤5°C de exposição (MACEDO

et al., 2015; PRITCHARD; SALIBA, 2014). Por outro lado, nossos protocolos de CI foram de 10 minutos nas temperaturas 5 e 10°C.

Ainda em relação às contrações máximas, mas agora analisando parâmetros EMG, a expectativa inicial era de que valores de RMS e FMed aumentassem e diminuíssem, respectivamente, no momento Exaustão, quando comparados às medidas iniciais, como descrito por Gawda *et al.,* (2018). Porém, em relação à RMS, o que se observa, primeiramente, é que nos músculos RF e VM, os valores permaneceram inalterados quando a FM foi obtida na condição de exaustão. Desse modo, torna-se inadequado que se faça qualquer inferência acerca da recuperação desses músculos. Inclusive, nos dois momentos subsequentes para o GCI5º no caso do RF e VM, aliado aos resultados do GCI10°, considerando-se o momento REC15 no músculo VM, nota-se um aumento significativo nos valores de RMS, o que indicaria piora no quadro de fadiga. Contudo, esse resultado de não recuperação é contraditório em relação aos valores de FM obtidos durante a recuperação, conforme exposto anteriormente.

A exaustão foi identificada de modo predominante (GRP e GCI5º) pela elevação dos valores RMS apenas no músculo VL e, neste músculo, nos momentos subsequentes foi possível constatar o retorno dos valores de RMS nos momentos de recuperação subsequentes, exceto em REC15 e 30 no GCI5º. Ao se combinar os valores RMS dos três músculos componentes do quadríceps que foram avaliados (QT), o que se observa é uma reprodução da não constatação da instalação da Fm (Tabela 3). Levando-se em conta o grau de elevação dos valores de RMS ao longo do tempo (coeficiente angular) conforme exposto na Tabela 5, a fadiga esteve significativamente presente em todos os músculos e no quadríceps. Por conseguinte, a constatação possível é de que a utilização do modelo de elevação da atividade elétrica de um músculo, como indicativo da Fm, não é adequado sob condições de esforço máximo.

Uma possível explicação para essas divergências foi apresentada por Gandevia *et al*., (1996). Segundo os pesquisadores, durante contrações máximas sustentadas, como a CIVM, podem ocorrer respostas inibitórias de células localizadas no córtex motor. Como consequência, a ativação dos músculos investigados a partir dos neurônios motores inferiores não resultaria em captação da elevação da atividade EMG durante as contrações máximas pós-exaustão. Ao fazer uso de eletroestimulação transcraniana, foi possível estimular o recrutamento complementar de neurônios motores superiores e,

subsequentemente, de neurônios motores inferiores resultando, desse modo, em ampliação dos níveis de força. Os autores constataram, assim, a existência de uma concomitante inibição cortical. Em nosso estudo, essa inibição pode ter sido responsável pela não geração efetiva de FM, interferindo na identificação de diferenças significativas entre os momentos Pré-exaustão e Exaustão, quanto à ativação EMG.

No caso da FMed, em geral, não foram identificadas reduções significativas do momento Exaustão para o momento Pré-exaustão (Tabela 4). Além disso, mesmo nos grupos onde se verificou os declínios, seria inviável possíveis discussões acerca da recuperação muscular, visto que, nesses grupos, os valores de FMed permaneceram reduzidos em vários momentos de recuperação confirmando a não recuperação.

Adicionalmente foi também utilizada a escala de BORG CR-10 com o objetivo de analisar a fadiga, mas agora por um contexto subjetivo. Nesse sentido, houve reduções significativas nos três grupos avaliados do momento Início para Exaustão, indicando que os participantes demonstraram estar fadigados em decorrência do modelo de exaustão proposto nesse estudo, mais uma mais vez comprovando a sua efetividade (Tabela 2).

A fadiga subjetiva (FS), também conhecida como fadiga psicológica, está relacionada com aspectos de concentração, estado de alerta e atenção. Dessa forma, durante a prática do exercício, essas funções podem sofrer um declínio, gerando então a FS (DEDERING; NÉMETH; HARMS-RINGDAHL, 1999). Sob essa perspectiva, alguns pesquisadores aprofundaram essa discussão caracterizando a FS como redução da capacidade de realizar atividades cognitivas e que, muitas vezes, vem acompanhada de uma sensação de falta de energia (AZEVEDO *et al.,* 2016; MARCORA; STAIANO; MANNING*,* 2009; MARTIN *et al.,* 2016; PAGEAUX *et al.,* 2014). Nesse sentido, acreditamos que, em virtude do exercício, essas hipóteses justificam a diminuição significativa dos escores da escala de BORG, caracterizando a FS.

Ademais, houve recuperação dos escores de FS em todos os grupos a partir do momento REC15, quando comparado ao momento Início, e que se perdurou até o final do experimento, isto é, até o momento REC120. Em termos práticos, isso demonstra que a CI, sob os parâmetros por nós utilizados, ou a RP são indiferentes em relação à promoção da RPE. Dessa forma, levando-se em

consideração a viabilidade prática, seria mais indicado permanecer em RP do que propriamente utilizar a CI, devido à necessidade de todo um aparato em relação a recipiente e gelo.

Sob outra perspectiva, devido essas interferências que podem influenciar nos escores da FS, Silva-Cavalcante *et al.* (2018) relataram que avaliar a fadiga apenas pelo caráter subjetivo tornaria o estudo inconclusivo. Para isso, utilizar parâmetros EMG daria mais credibilidade, haja vista o indivíduo não ter controle voluntário sobre eles. Por isso, optamos também por ter utilizado parâmetros EMG, de modo a ter mais confiabilidade em nossos resultados.

Ainda com relação às variáveis EMG, porém, agora obtidas a partir das contrações submáximas, as mesmas confirmaram a instalação da Fm a partir do esforço a 40% da FIM, tanto por meio de valores de RMS (Tabelas 5) quanto de FMed (Tabela 6).

Em relação aos valores de RMS, avaliados a partir do nível de elevação em função do tempo de duração do exercício, também denominado de *slope* que é correspondente ao coeficiente angular resultante do modelo estatístico utilizado, a Fm foi identificada em todos os músculos e grupos a partir de valores positivos de *slope* (MAU-MOLLER *et al.*, 2017; WAKABAYASHI; WIJAYANTO; TOCHIHARA, 2017). Nesse sentido, o modelo de exercício adotado demonstrou ser eficiente para induzir fadiga nos músculos avaliados (Tabela 5).

Classicamente, a elevação da atividade EMG em função do tempo tem sido a resposta encontrada em músculos submetidos a esforços exaustivos (McCRARY *et al.*, 2018; STOCK *et al*., 2014). Em razão disso, a adoção de modelos de regressão linear, estabelecidos a partir de medidas de amplitude de sinal EMG em função do tempo de duração do exercício, foi selecionado para a presente pesquisa. Particularmente nas contrações isométricas, esse procedimento é bem utilizado e tem mostrado diferentes estratégias de adaptação neural (STOCK *et al*., 2014). Entre essas, inclui-se o recrutamento de novas UMs, em especial, as de contração rápida, para compensar as UMs inicialmente fadigadas (MORITANI *et al*., 1993). Simultaneamente, ocorre elevação na frequência de disparos daquelas unidades já recrutadas e a redução na VC na fibra muscular, em função do acúmulo de metabólitos (FARINA *et al.*, 2008; KENT-BRAUN, 1999; LINDSTRÖM *et al.*, 1995; DE LUCA, 1984; PETROFSKY; LAYMON, 2005). Esses eventos em nível molecular

consubstanciam a progressiva instalação de fadiga funcional no músculo estriado esquelético.

Da mesma forma, valores negativos de *slope* de FMed indicando a queda deste parâmetro ao longo do tempo de execução do exercício, aspecto classicamente compatível com a ocorrência da Fm (PETROFSKY; LAYMON, 2005), vistos na Tabela 6, confirmam ocorrência deste fenômeno neuromuscular. Já em relação à recuperação, no contexto biomecânico, de modo aproximadamente similar ao observado durante as CIVM, a restauração muscular não ocorreu, exceto no VM, na maioria dos momentos, e VL no GCI10°, em que reduções significativas nos valores de *slope* estiveram presentes em todos os momentos. Esses achados indicam que a inexistência predominante de efeito seja da redução da temperatura muscular ou da manutenção do repouso sobre a função neuromuscular no sentido da recuperação, pelo menos quando se avalia os músculos individualmente.

No VM, a recuperação presente na quase totalidade dos momentos indica uma possível maior solicitação deste músculo apesar da estratégia de compartilhamento de esforço. Bouillard *et al.* (2014) explicaram que o SNC exerce, de certa forma, um controle na distribuição de demandas para os músculos. Esse mecanismo é conhecido como *sharing* muscular e ocorre para que haja uma distribuição de força equalizada entre músculos individuais, em diferentes momentos, visando amortizar os efeitos do gasto energético e deste modo manter o nível de contração por mais tempo. Além disso, por exercer também papel fundamental na estabilização patelar durante a extensão do joelho (WONG *et al.*, 2009), a sobrecarga no VM pode ter sido superior aos demais, possibilitando assim que sua recuperação fosse mais evidente.

Por sua vez, do ponto de vista histológico, os músculos extensores do joelho, embora considerados mistos, possuem proporções distintas de distribuição de fibras do tipo II: RF (57,2-70,5%), VL (53,1-63,7%) e VM (53,1-56,3%) (JOHNSON; WEIGHTMAN; APPLETON, 1973). Em consoante, Iannetta *et al*. (2017) afirmaram que o RF tem na sua estrutura, menor composição de fibras do tipo I (~30%) quando comparado aos músculos VL (~40-50%) e VM (~50%). Essa maior proporção de fibras do tipo I no músculo VM em comparação aos demais confere a ele maior resistência à fadiga, podendo representar um

fator adicional para que este músculo se mantivesse ativo por mais tempo e, por essa razão, mais suscetível à recuperação.

Dentro desse prisma, era de se esperar que o músculo RF tivesse maiores valores de *slope* de RMS do que os outros músculos avaliados, pelo fato de possuir, na sua composição, predomínio de fibras do tipo II, isto é, menos resistentes a exercícios de maior duração. Contudo, isso não ocorreu de acordo com nossos resultados, mais uma vez, sugerindo que a vigência de estratégias do SNC no controle do recrutamento quadricipital, como proposto por Housh *et al*., (1996) e previamente explicado, resulta em possível "compartilhamento" de demandas entre os músculos participantes e tem o potencial de prolongar sua respectiva contribuição funcional, retardando a instalação do processo de fadiga.

Além disso, vantagens mecânicas relacionadas com a arquitetura muscular (área de secção transversa e melhor alinhamento de vetores de força resultantes da disposição da origem e inserção do RF) também parecem ser responsáveis por menor elevação da amplitude do sinal EMG deste músculo durante o esforço. Acrescenta-se ainda que, a característica biarticular do RF já mostrou ser responsável por um nível de ativação menor do que de músculos monoarticulares como VL e VM (PLACE *et al*., 2005 e 2006; CLARK *et al*., 2005). Todos esses aspectos acabam contribuindo de modo compensatório desvantagem inerentes ao maior predomínio de fibras menos resistentes à fadiga. Ao se combinar os valores individuais de RMS de cada músculo e avaliar o músculo quadríceps de forma combinada (QT), o que se encontra é uma indicação de maior representatividade do que, de fato, ocorreu nos músculos componentes do quadríceps sob condição de contração sustentada. Isso explicaria os resultados mais consistentes com essa estratégia.

Em relação à FMed (Tabela 6), a fadiga foi identificada nos doze grupos possíveis, por outro lado, a recuperação caracterizada por valores de coeficiente angular significativamente maiores do que os do momento exaustão estiveram presentes em apenas um grupo no RF (GCI5º), VM (GRP) e no QT (GRP e GCI5º). Esses resultados apontam para a ineficácia do uso desse parâmetro espectral do sinal EMG para a avaliação da recuperação nas condições experimentais e protocolo utilizado. Esse entendimento pode ser ratificado se considerado o fato de que este resultado foi constatado para a quase totalidade dos grupos, independente da manutenção do repouso ou uso da CI.

Outra variável avaliada neste estudo foi o equilíbrio e propriocepção pelo YBT. Nesse sentido, apenas no GRP do ND apresentou diferenças significativas tendo maiores valores nos momentos REC30, REC60, REC90 e REC120, quando comparados ao momento Inicial. De maneira surpreendente, a CI não influenciou negativamente no equilíbrio dos atletas avaliados, contrariando a segunda hipótese deste estudo, que indicou efeito deletério neste quesito, haja vista a interferência que o resfriamento causa no controle neuromotor, baseando em estudos prévios (ALGAFLY; GEORGE, 2007; FULLAM *et al*., 2015; BLEAKLEY; COSTELLO, 2013).

Em uma revisão sistemática, Pritchard e Saliba (2014) alertaram que o desempenho atlético pode ser afetado negativamente quando atletas retomam a prática esportiva imediatamente após o uso da CI. Além disso, os estudos se concentram, na sua maioria, em 20 minutos de terapia. Nesse sentido, os autores sugeriram um retorno progressivo, isto é, baseado em aquecimento de modo a preparar a musculatura para uma nova carga de exercícios.

Sob essa perspectiva, Uchio *et al.,* (2003) utilizaram um resfriamento local no joelho sob temperatura de 4°C com o objetivo de avaliar a influência da crioterapia na frouxidão anteroposterior do joelho e o sentido de posição articular. A baixa temperatura provocou uma rigidez articular e reduziu a sensibilidade do sentido de posição. Como possível explicação, os autores atribuíram esses resultados a mudanças nas propriedades viscoelásticas dos ligamentos.

Levando-se em consideração nossos resultados, segundo os quais, não houve alterações em relação ao equilíbrio, uma possível explicação é o tempo de intervenção proposto. Lee *et al.* (1978), relataram que a VCN começa a sofrer interferências significativas de baixas temperaturas em aproximadamente 25°C. Adicionalmente, Walton *et al.,* (1986) mostraram que uma única aplicação de compressa de gelo triturado por 20 minutos não foi suficiente para reduzir a temperatura em profundidade superior a 2 cm, o que causaria redução da VCN. Nesse sentido, acredita-se que o tempo dispendido na aplicação da CI neste estudo, isto é, 10 minutos, não foi suficiente para causar alterações na VCN, como já discutido, a ponto de gerar efeitos deletérios no controle motor quando avaliado pelo YBT.

Ademais, em relação às diferenças significativas apresentadas no ND do GRP, as execuções do YBT podem ter sido uma espécie de aquecimento,

originando assim, significativas diferenças nas comparações entre o Pré-exaustão e os momentos REC30 até REC120. Apesar de não ter sido significativa a diferença do GRP no MI dominante, vale ressaltar que houve uma tendência ao aumento dos valores a partir do momento inicial. Tal fato pode ser justificado pelo estudo de Robinson e Gribble (2008) no qual afirmam que, quatro tentativas, as quais denominaram de “ensaios”, isto é, treinamento, seriam suficientes para obter a melhor estabilidade do desempenho. Sugeriram ainda a inclusão de exercícios de aquecimento para diminuir a quantidade de ensaios antes da coleta de modo a melhorar o teste, tanto para pesquisa quando para prática clínica. Levando em consideração que no GRP não houve exposição a baixas temperaturas, acreditamos que as execuções no decorrer do experimento contribuíram para um aperfeiçoamento na execução do teste e uma melhor resposta do comportamento muscular, fazendo com que níveis mais altos ou tendência em aumentá-los fossem visíveis.

7 CONCLUSÕES

Em conclusão, pode-se afirmar que houve redução dos níveis força máxima dos músculos extensores do joelho em resposta ao modelo de exaustão utilizado neste trabalho. Levando-se em conta as medidas de RMS e FMed, que revelaram *slope* positivo e negativo, respectivamente, teve-se a instalação de Fm em resposta ao teste de exaustão.

Considerando-se os valores de FM após a exaustão, verifica-se que os protocolos de CI, predominantemente, promoveram a RPE, com ênfase para a CI na temperatura 5°C, que repercutiu em normalização do desempenho neuromuscular em todos os momentos avaliados após a instalação da exaustão. Adicionalmente, avaliando a recuperação da Fm isoladamente, os melhores resultados indicando a RPE concentraram-se no músculo VM. Contudo, quando agrupados os valores de RMS do músculo quadríceps, ambos os protocolos de CI promoveram recuperação da Fm. Como vantagem adicional, os protocolos de CI, seja a 5 ou 10ºC, durante 10 minutos, não promoveram alterações no equilíbrio e propriocepção a partir do YBT.

REFERÊNCIAS

ABAIDIA, A. E. *et al.* Recovery from exercise-induced muscle damage: cold water immersion versus whole body cryotherapy. **International Journal of Sports Physiology and Performance,** Champaign, v. 12, n. 3, 402-409, 2017.

ADAMCZYK, J. G. *et al*. The use of thermal imaging to assess the effectiveness of ice massage and cold-water immersion as methods for supporting post-exercise recovery. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 12, n. 3, p. 402-409, 2016.

ALGAFLY, A. A.; GEORGE, K. P.; The effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance. **British Journal of Sports Medicine,** Loughborough**,** v. 41, n. 6, p. 365-369, 2007.

ALMEIDA, P. *et al*. Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? **Lasers in Medical Science.** [*S.l.*], v. 27, n. 2, p. 453-458, 2012.

ALMEIDA NETO, A. F. *et al.* Caracterização de lesões desportivas no basquetebol. **Revista Fisioterapia e Movimento**, Curitiba, v. 26, n. 2, p. 361-368, 2013.

ALLEN, D. G. *et al.* Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. **Physiological Reviews,** Rockville, v. 88, n. 1, p. 287-332, 2008.

ALVES, R. R. *et al*. Treinamento de força: fatores neurais e produção de força muscular. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v. 12, n. 77, p. 757-766, 2018.

ARGUS, C. K. *et al.* Cold water immersion and contrast water therapy do not improve short-term recovery following resistance training. **International Journal of Sports Physiology and Performance,** v. 12, n. 7, p. 886-892, 2017.

AZEVEDO, R. *et al.* Effects of caffeine ingestion on endurance performance in mentally fatigued individuals. **Europen Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 116, n. 11-12, p. 2293-2303, 2016.

BAHNERT, A. *et al*. Association between post-game recovery protocols, physical and perceived recovery, ande performance in elite Australian Football League players. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Melbourne, v. 16, n. 3, p. 151-156, 2013.

BARBOSA, F. S. S. *et al*. Análise espectral do sinal eletromiográfico do músculo eretor da espinha obtido do teste de Sorensen. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 23, n. 4, p. 575-583, 2010.

BARBOSA, F. S. S.; GONÇALVES, M. Análise da fadiga dos músculos eretores da espinha por meio da amplitude do sinal eletromiográfico durantes contrações submáximas realizadas no teste de Sorensen. **Acta Brasileira do Movimento Humano**, Ji-Paraná, v. 3, n. 4, p. 1-16, 2013.

BARONI, B. M. *et al.* Efeito da crioterapia de imersão sobre a remoção do lactato sanguíneo após exercício. **Revista Brasileira de Cineantropometria Desempenho Humano**. Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 179-185, 2010.

BLEAKLEY, C. M.; COSTELLO, J.T. Do thermal agents affect range of movement and mechanical properties in soft tissues? A systematic review. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,** Philadelphia, v. 94, n. 1, p. 149-163, 2013.

BLEAKLEY, C. M.; DAVISON, G. W. What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review. **British Journal of Sports Medicine,** Loughborough, v. 44, n. 3, p. 179-187, 2010.

BLEAKLEY, C. M. *et al.* The PRICE study (protection rest ice compression elevation): design of a randomised controlled trial comparing standard versus cryokinetic ice applications in the management of acute ankle sprain. **BMC Musculoskeletal Disorder**, Londres, p. 1-8, 2007.

BOCCIA, G. *et al.* Decrease of muscle fiber conduction velocity correlates with strength loss after an endurance run. **Physiological Measurement**, [S.l.], v. 38, n. 2, p. 233-240, 2017.

BOUILLARD, K. *et al.* Effect of vastus lateralis fatigue on load sharing between quadriceps femoris muscles during isometric knee extensions. **Journal of Neurophysiology**, Rockville, v. 111, n. 4, p. 768-776, 2014.

BOYAS, S.; GUÉVEL, A. Neuromuscular fatigue in healthy muscle: Underlying factors and adaptation mechanisms. **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**, [S.l.], v. 54, n. 2, p. 88-108, 2011.

CARDOSO, E. A. *et al*. Relação entre o equilíbrio postural de jovens universitários avaliados por uma plataforma de equilíbrio e o *star excursion balance test*. **Perspectivas Experimentais e Clínicas, Inovações Biomédicas e Educação em Saúde,** Campo Grande, v. 2, n. 2, p. 32-37, 2016.

CARROL, T. J. *et al.* Recovery of central and peripheral neuromuscular fatigue after exercise. **Journal of Applied Physiology,** [S.l.], v. 122, n. 5, p. 1068-1076, 2017.

CARVALHO, A. M. *et al*. Validação e calibração de medidas de peso e altura autorreferidas por indivíduos da cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 735-746, 2014.

CARVALHO, A. R. *et al.* Variação de temperatura do músculo quadríceps femoral exposto a duas modalidades de crioterapia por meio de termografia. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 109-111, 2012.

CLARK, B. C. *et al*. Sex differences in muscle fatigability and activation patterns of the human quadriceps femoris. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 94, n. 1-2, p. 196–206, 2005.

CLARKSON, P. M. *et al.* Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v. 24, n. 5, p. 512-520, 1992.

CORDEIRO, L. M. S. Physical exercise-induced fatigue: the role of serotonergic and dopaminergic systems. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 50, n. 12, p. 1-13, 2017.

CORRIVEAU, H. *et al.* Postural stability in the elderly: empirical confirmation of a theoretical model. **Archives of gerontology and geriatrics**, Amsterdam, v. 39, n. 2, p. 163-177, 2004.

COUGHLAN, G. F. *et al.* A comparison between performance on selected directions of the star excursion balance test and the Y balance test. **Journal of Athletic Training,** Dallas, v. 47, n. 4, p. 366-371, 2012.

DEDERING, A. *et al.* Correlation between electromyographic spectral changes and subjective assessment of lumbar muscle fatigue in subjects without pain from the lower back. **Clinical Biomechanics**, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 103-111, 1999.

DE LUCA, C. J. Myoelectrical manifestations of localized muscular fatigue in humans. **Clinical Reviews in Biomedical Engineering**, [S.l.], v. 11, n. 4, p. 251-279, 1984.

DE MARCHI, T. *et al*. Does photobiomodulation therapy is better than cryotherapy in muscle recovery after a high-intensity exercise? A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. **Lasers in Medical Science**, Londres, v. 32, n. 2, p. 429-437, 2017.

ELIAS, G. P. *et al.* Effects of Water Immersion on Posttraining Recovery in Australian Footballers. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, Champaign, v. 7, n. 4, p. 357-366, 2012.

ENOKA, R. M.; STUART, D. G. Neurobiology of muscle fatigue. **Journal of Applied Physiology**, [S.l.], v. 72, n. 5, p. 1631-1648, 1985.

FARINA, D. *et al*. The change in spatial distribution of upper trapezius muscle activity is correlated to contraction duration. **Journal of Electromyography and Kinesiolog**y, Oxford, v. 18, n. 1, p. 16–25, 2008.

FREIRE, B. *et al.* Effects of cryotherapy methods on circulatory, metabolic, inflammatory and neural properties: a systematic review. **Fisioterapia e Movimento**, Curitiba, v. 29, n. 2, p. 389-398, 2016.

FULLAM, K. *et al.* Dynamic Postural-Stability Deficits After Cryotherapy to the Ankle Joint. **Journal of athletic training**, Dallas, v. 50, n. 9, p. 893-904, 2015.

GANDEVIA, S. C. Neural control in human muscle fatigue: changes in muscle afferents, moto neurones and moto cortical drive. **Acta physiologica Scandinavica**, [S.l], v. 162, n. 3, p. 275-283, 1998.

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological Reviews**, [S.l.], v. 81, n. 4, p. 1725-1789, 2001.

GANDEVIA, S. C. *et al*. Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor córtex. **Journal of Physiology**, p. 529-536, 1996.

GARCIA, L. M. *et al.* On the effect of thermal agents in the response of the brachial bíceps at different contraction levels. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, Oxford, v. 24, n. 6, p. 881-887, 2014.

GAZZOLA, J. M. *et al.* Fatores associados ao equilíbrio funcional em idosos com disfunção vestibular crônica. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, São Paulo, v. 72, n. 5, p. 683, 690, 2006.

GAWDA**, P. *et al*.** Differences in myoelectric manifestations of fatigue during isometric muscle actions. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, Lublin, v. 25, n. 2, 2018.

GIEMZA, C. *et al.* Acute effects of cryotherapy on postural control. **Neuroscience Letters**, [S.l.], v. 1, n. 536, p. 6-9, 2013.

GOODALL, S.; HOWATSON, G. The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. **Journal of Sports Science and Medicine**, Bursa, v. 7, n.2, p. 235-241, 2008.

GRIBBLE, P. A.; HERTEL, J. Considerations for normalizingMeasures of the star excursion balance. **Measurement in Physical Education and Exercise Science,** Mahwah, v. 7, n. 2, p. 89-100, 2003.

GRIBBLE, P. A. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. **Journal of Athletic Training**, Dallas, v. 47, n. 3, p. 339-357, 2012.

GROSS, J. S. **Efeito da crioterapia de imersão pós-exercício sobre os níveis de força e potência de atletas**. 2011. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.

GUILHEM, G. *et al*. Effects of air-pulsed cryotherapy on neuromuscular recovery subsequent to exercise-induced muscle damage. **The American Journal of Sports Medicine,** Baltimore, v. 41, n. 8, p. 1942-1951, 2013.

HAUSSWIRTH, C. *et al.* Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recorery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. **Plos One**, San Francisco, v. 6, n. 12, p. 1-7, 2011.

HERNADEZ, S. G. **Influência da crioterapia de imersão em indicadores de dano muscular pós exercício em atletas de triatlhon**. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Departamento de Educação Física, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

HERRERA, Effect of walking and resting after three cryotherapy modalities on the recorevy of sensory and motor nerve conduction velocity in healthy subjects. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. São Carlos, v. 15, n. 3, p. 233-240, 2011.

HOHENAUER, E. *et al*. The effect of local skin cooling before a sustained, submaximal isometric contraction on fatigue and isometric quadriceps femoris performance: A randomized controlled trial. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 65, p. 88-94, 2017.

HOUSH, T. J. *et al*. Neuromuscular fatigue thresholds of the vastus lateralis, vastus medialis and rectus femoris muscles. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, [S.I.], v. 36, n. 4, p. 247-255, 1996.

HUGHES, L; PATTERSON, S. D. Low intensity blood flow restriction exercise: Rationale for a hypoalgesia effect. **Medical Hypotheses**, [S.l.], v. 132, p. 1-7, 2019.

HUNTER, S. K. *et al*. The aging neuromuscular system and motor performance. **Journal of Applied Physiology**, [S.l.], v. 121, n. 4, p. 982-995, 2016.

HUSMANN, F. *et al.* Central Factors Contribute to Knee Extensor Strength Loss after 2000-m Rowing in Elite Male and Female Rowers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v. 49, n. 3, p. 440-449, 2017.

IANNETTA, D. *et al*. Quadriceps muscles O2 extraction and EMG breakpoints during a ramp incremental test. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 8, artigo 686, 2017.

JOHNSON, M. A., *et al.* Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles. An autopsy study. **Journal of the Neurological Sciences**, [S.I.], v. 18, n. 1, p. 111–129, 1973.

JONES, A. M. *et al.* Muscle metabolic responses to exercise above and below the “critical power” assessed using 31P-MRS. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, Rockville, v. 294, n. 2, p. 585-593, 2008.

KAVANAGH, J. J. Enhanced availability of serotonin increases activation of unfatigued muscle but exacerbates central fatigue during prolonged sustained contractions. **The Journal of Physiology**, Camberra, v. 597, n. 1, p. 319-332, 2019.

KENT-BRAUN, J. A. Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 80, n. 1, p, 57-63, 1999.

KRNJEVJC, K.; MILEDI, R. Presynaptic failure of neuromuscular propagation in rats. **Journal Physiology**, Camberra, v. 149, n. 1, 1959.

LATEEF, F. Post exercise ice water immersion: Is it a form of active recovery? **Journal of Emergencies, Trauma, and Shock**, Tampa, v. 3, n. 3, p. 1-5, 2010.

LEAL JUNIOR, E. C. *et al*. Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscle recovery after high-intensity exercise in athletes—preliminary results. **Lasers in Medical Science,** Londres, v. 26, n. 4, p. 493-501, 2011.

LEE, J. M. *et al*. Effects of ice on nerve conduction velocity. **Physiotherapy,** Londres, v. 64, n. 1, p. 2-6, 1978.

LIN, Y. H. Effects of thermal therapy in improving the passive range of knee motion: comparison of cold and superficial heat applications. **Clinical Rehabilitation**, Thousand Oaks, v. 17, p. 618-623, 2003.

LINDSAY, A. *et al.* The Physiological response to cold water immersion following a mixed martial arts training session. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, Ottawa**,** v. 42, n. 5, p. 529-536, 2017.

LINDSTRÖM, B*. et al*. Knee extensor performance of dominant and non-dominant limb throughout repeated isokinetic contractions, with special reference to peak torque and mean frequency of the EMG. **Clinical Physiology**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 275–286, 1995.

MACEDO, C. S. G. *et al*. Cold-water immersion alters muscle recruitment and balance of basketball players during vertical jump landing. **Journal of Sports Science**, v. 34, n. 4, p. 348-357, 2015.

MACHADO, A. B. M.; HAERTEL, L. M. **Neuroanatomia Funcional. 3**. ed. São Paulo: Atheneu, 2006.

MALLETTE, M. M. *et al.* The effects of local forearm muscle cooling on motor unit properties. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 118, n. 2, p. 401-410, 2018.

MARCORA, S. M. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of Applied Physiology**, [S.l.], v. 106, n. 3, p. 857-864, 2009.

MARTIN, K. *et al.* Superior inhibitory control and resistance to mental fatigue in professional road cyclists. **Plos One**, San Francisco, v. 11, n. 7, p. 1-15, 2016.

MAU-MOLLER, A. *et al.* Neuromuscular function of the quadriceps muscle during isometric maximal, submaximal and submaximal fatiguing voluntary contractions in knee osteoarthrosis patients. **Plos One**, San Francisco, v. 12, n. 5, p. 1-21, 2017.

MERTON, P. A. Voluntary strength and fatigue. **The Journal of Physiology**, Camberra, v. 123, n. 3, p. 553-564, 1954.

McCRARY, J. M.; ACKERMANN, B. J.; HALAKI, M. EMG amplitude, fatigue analysis, and time to task failure: a meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Melbourne, v. 12, n. 7, p. 736-741, 2018.

McNEIL, C. J. The response to paired motor cortical stimuli is abolished at a spinal level during human muscle fatigue. **The Journal of Physiology**, Camberra, v. 587, n. 23, p. 5601-5612, 2009.

MIRANDA, E. F. *et al.* Effects of light-emitting diodes on muscle fatigue and exercise tolerance in patients with COPD: study protocol for a randomized controlled trial. Trials, **Londres,** v. 14, n. 134, p. 1-7, 2013.

MORITANI, T. *et al*. Determination of maximal power output at neuromuscular fatigue threshold. **Journal of Applied Physiology**, [S.I.], v. 74, n. 4, p. 1729-1734, 1993.

MORTON, J. P. *et al.* Reliability of maximal muscle force and voluntary activation as markers of exercise-induced muscle damage. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 94, n. 5-6, p. 541-548, 2005.

PAES, D. A. *et al*. Questionário internacional de atividade física aplicado em praticantes de musculação. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício,** São Luís, v. 2, n. 10, p. 377-389, 2008.

PAGEAUX, B. *et al.* Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 114, n. 5, p. 1095-1105, 2014.

PASTRE, C. M. *et al*. Métodos de recuperação pós-exercício: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 1-9, 2009.

PETROFSKY, J.; LAYMON, M. Muscle temperature and EMG amplitude and frequency during isometric exercise. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, Alexandria, v. 76, n. 11, p. 1024-1030, 2005.

PLACE, N. *et al*. Synergists activation pattern of the quadriceps muscle differs when performing sustained isometric contractions with different EMG

biofeedback. **Experimental Brain Research**, [S.l.], v. 174, n. 4, p. 595-603, 2006.

PLACE, N. *et al*. Twitch potentiation is greater after a fatiguing submaximal isometric contraction performed at short vs. long quadriceps muscle length. **Journal of Applied Physiology**, [S.l.], v. 98, n. 2, p. 429–436, 2005.

POURNOT, H. *et al*. Short term and effects of various water immersions on recovery from exhaustive intermittent exercise. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 111, p. 1287-1295, 2011.

PRITCHARD, K. A.; SABILA, S. A. Should athletes return to activity after cryotherapy? **Journal of Athletic Training**, [S.l.], v. 49, n. 1, p. 95-96, 2014.

RAZEGHI, M.; NOUTRI, H. Comparison of the effects of massage and cryotherapy on the knee extensor muscles fatigue and isokinetic parameters in soccer players. **Journal of Rehabilitation Sciences and Research,** [S.l.], v. 2, n. 1, p. 1-7, 2015.

REID, G. et al. A Cold- and menthol-activated current in rat dorsal root ganglion neurones: properties and role in cold transduction. **Journal of Physiology**, Camberra, v. 545, n. 2, p. 595-614, 2002.

ROBERTS, L. A. Post-exercise cold water immersion attenuates acute anabolic signalling and long-term adaptations in muscle to strength training. **The Journal of Physiology,** Camberra, v. 593, n. 18, p. 4285, 4301, 2015.

ROBINSON, R.; GRIBBLE, P. Kinematic predictors of performance on the Star Excursion Balance Test. **Journal of Sport Rehabilitation**, New Milford, v. 17, n. 4, p. 347-357, 2008.

ROMER, L. M. *et al.* Effect of acute severe hypoxia on peripheral fatigue and endurance capacity in healthy humans. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, Rockville, v. 292, n. 1, p. 598-606, 2007.

ROWSELL, G. J. *et al*. Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high performance junior male soccer players. **Journal of Sports Sciences,** Londres, v. 27, n. 6, p. 565-573, 2009.

RUTHERFORD, O. M. *et al.* Clinical and experimental application of the percutaneous twitch superimposition technique for the study of human muscle activation. **Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry**. Londres, v. 49, n. 11, p. 1288-1291, 1986.

RUTKOVE, S. B. Effects of temperature on neuromuscular electrophysiology. **Muscle & Nerve**, Hershey, v. 24, n. 7, p. 867-882, 2001.

SAEKI, Y. Effect of local application of cold or heat for relief of pricking pain. **Nursing and Health Sciences,** [S.l.], v. 4, n. 3, p. 97-105, 2002.

SAITO, A. *et al*. Effects of prolonged vibration to vastus intermedius muscle on force steadiness of knee extensor muscles during isometric force-matching task. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v. 31, p. 48-54, 2016.

SANYA, A. O.; BELLO, A. O. Effects of cold application on isometric strength and endurance of quadriceps femoris muscle. African Journal of Medicine and Medical Sciences, Abakaliki, v. 28, n. 3-4, 1999.

SILVA-CAVALCANTE, M. D. Mental fatigue does not alter performance or neuromuscular fatigue development during self-paced exercise in recreationally trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, [S.l.], v. 118, n. 11, p. 2477-2487, 2018.

SILVA, S. R. D.; GONÇALVES, M. Análise de variáveis eletromiográficas durante contração isométrica fadigante. **Salusvita**, Bauru, v. 26, n. 1, p. 39-51, 2007.

SILVEIRA, K. P. *et al.* Nosographic profile of soccer injuries according to the age group. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, Florianópolis, v. 15, n. 4, 2013.

SMITH, J. L. *et al.* Sustained contraction at very low forces produces prominent supraspinal fatigue in human elbow flexor muscles. **Journal of Applied Physiology**, [S.l.], v. 103, n. 2, p. 560-568, 2007.

STOCK, M.S.; DRUSCH, A. S.; THOMPSON, B. J. The minimum number of contractions required to examine the EMG amplitude versus isometric force relationship for the vastus lateralis and vastus medialis. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, Oxford, v. 24, n. 6, p. 1023-1035, 2014.

SUNDBERG, C. W.; FITTS, R.H. Bioenergetic basis of skeletal muscle fatigue. **Current opinion in Physiology**, Londres, v. 10, p. 118-127, 2019.

SURFACE ELECTROMYOGRAPHY FOR THE NON-INVASIVE ASSESSMENT OF MUSCLES (SENIAM). Disponível em: <http://seniam.org/>. Acesso em: 13 abr. 2018.

SWENSON, C. *et al*. Cryotherapy in sports medicine. **Journal of Medicine** & **Science in Sports,** Melbourne, v. 6, p. 193-200, 1996**.**

TANAKA, T. *et al*. Analysis of toe pressure under the foot while dynamic standing on one foot in healthy subjects. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, Washington, v. 23, n. 3, p. 188-193, 1996.

TAYLOR, J. L.; GANDEVIA, S. C. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. **Journal of Applied Physiology**, [S.l.], v. 104, n. 2, p. 542-550, 2008.

TAYLOR, J. L. Evidence for a supraspinal contribution to human muscle fatigue. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, [S.l.], v. 33, n. 4, p. 400-405, 2006.

TAYLOR, J. L. Neural Contributions to Muscle Fatigue: From the Brain to the Muscle and Back Again. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v. 48, n. 11, p. 2294-2306, 2016.

UCHIO, Y. *et al.* Cryotherapy influences joint laxity and position sense of the healthy knee joint. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,** Philadelphia, v. 84, n. 1, p. 131-135, 2003.

WAKABAYASHI, H. *et al.* Neuromuscular function during knee extension exercise after cold water immersion. **Journal of Physiological Anthropology**, [S.l.], v. 36, n. 28, p. 1-8, 2017.

WALTON, M. *et al.* Effects of Ice Packs on Tissue Temperatures at Various Depths Before and After Quadriceps Hematoma: Studies Using Sheep. **The Journal of orthopaedic and sports physical therapy**, Washington, v. 8, n. 6, p. 294-300, 1986.

WAN, J. J. *et al.* Muscle fatigue: general understanding and treatment. **Experimental & Molecular Medicine**. Gangnam-gu, v. 49, n. 6, p. 1-11, 2017.

WARREN, G. L. *et al.* Measurement Tools used in the study of eccentric contraction–induced injury. **Sports Medicine**, Auckland, v. 27, n. 1, p. 43-59, 1999.

WASSMANSDORF, R. **Efeitos da crioterapia de imersão sobre indicadores bioquímicos, neurais e motores de desempenho e reativação parassimpática em atletas de futebol**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física)-Departamento de Educação Física, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

WESTERBLAD, H.; ALLEN, D. G. Changes of myoplasmic calcium concentration during fatigue in single mouse muscle fibers. **The Journal of General Physiology**, Nova Iorque, v. 98, n. 3, p. 615-635, 1991.

WILCOCK, M. Physiological Response to water immersion: a method for sport recovery? **Sports Medicine**, Auckland, v. 36, n. 9, p. 747-765, 2006.

WILLIAMS, J.H.; WARD, C. W.; KLUG, G. A. Fatigue-induced alterations in Ca21 and caffeine sensitivities of skinned muscle fibers. **Journal of Applied Physiology**, [S.l.], v. 75, n. 2, p. 586-593, 1993.

WINTER, D. A. **Biomechanics and motor control of human movement**. 2. ed. New York: Wiley-Interscience, 1990.

WONG, Y. M. *et al.* Two modes of weight training programs and patellar stabilization. **Journal of Athletic Training**, Carrollton, v. 44, n. 3, p. 264-271, 2009.

YEUNG, S. S. *et al.* Effects of cold water immersion on muscle oxygenation during repeated bouts of fatiguing exercise. **Medicine**, Hagerstown, v. 95, n. 1, p. 1-8, 2016.

ZAJĄC, A. *et al.* Central and Peripheral Fatigue during resistance exercise – a critical review. **Journal of human kinetics**, Katovice, v. 30, n. 49, p.159-169, 2015.

APÊNDICE - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

APÊNDICE - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO PÓS ESFORÇO SOBRE O DESEMPENHO NEUROMOTOR EM DESPORTISTAS AMADORES

Pesquisador: Jair José Gaspar Junior
Área Temática:
Versão: 2

CAAE: 95844518.0.0000.0021

Instituição Proponente: Faculdade de Medicina

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.920.457

Apresentação do Projeto:

A prática da atividade desportiva amadora tem se intensificado na contemporaneidade. Neste contexto os estudos no âmbito da fisiologia do esforço tem se intensificado. Após a atividade física a recuperação pós esforço (RPE) consiste em restaurar as condições basais do organismo de forma a condicionar os indivíduos praticantes de exercício físico e esporte a uma nova carga de trabalho, executando-a de forma segura, prevenindo o surgimento de lesões resultantes de desequilíbrios entre treinamento e recuperação. Nessa perspectiva tem-se a crioterapia por imersão (CI), um método muito utilizado e estudado que ganha destaque devido as vantagens que apresenta em termos de recuperação muscular. Tratando desse assunto apresenta-se esse projeto com o objetivo de avaliar a influência de diferentes métodos de recuperação pós esforço sobre o desempenho neuromotor em desportistas amadores. O estudo tem caráter experimental, buscando estudar o trabalho de recuperação da fadiga muscular a partir da utilização de métodos de RPE, em que será examinado e comparados os efeitos da crioterapia por imersão e a recuperação passiva por meio de captações eletromiográficas. A casuística será composta por 45 desportistas masculinos amadores com idade entre 15 e 30 anos, sendo estes estratificados por faixa estaria em três grupos com 15 participantes em cada.

Tem-se como hipótese que a crioterapia por imersão promove recuperação dos níveis de força muscular após 60, 90 e 120’ a instalação de exaustão neuromuscular em desportistas amadores.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

-Avaliar a influência de diferentes métodos de recuperação pós esforço sobre o desempenho neuromotor em desportistas amadores.

Objetivo Secundário:

-Analisar os efeitos da CI (Crioterapia por Imersão) em relação ao equilíbrio e propriocepção.

-Analisar o comportamento da amplitude do sinal EMG dos músculos extensores do joelho após fadiga aguda e no decorrer da recuperação após resfriamento, utilizando-se diferentes protocolos de CI (Crioterapia por Imersão).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Os participantes e responsáveis serão orientados sobre os riscos relacionados às intervenções utilizadas na pesquisa, os quais são baixos. Não obstante, se presentes, poderão ocorrer após as intervenções que envolverão força máxima ou submáxima e são inerentes e similares ao que ocorre após a prática de atividades ou esforços físicos, sendo representados por discreta dor ou desconforto denominados de dor muscular tardia, decorrentes dos esforços. Essa dor ou desconforto de pequena intensidade é de resolução espontânea e breve, não exigindo nenhum tipo de intervenção terapêutica e não prejudicando a função da região fonte da dor ou do desconforto, assim como não compromete as atividades diárias ou laborais dos participantes. Do mesmo modo, durante o processo de tricotomia, abrasão com lixa fina, limpeza da pele com álcool e colocação dos eletrodos afim de captar a atividade neural, pode ocorrer alergia devido a essas técnicas. Contudo, não é algo comum ou rotineiro sendo de baixo risco. Além disso, a inclusão de voluntários abaixo dos 18 anos não oferecerá riscos a integridade física dos mesmo em relação ao uso da CI, como pôde ser observado em estudos prévios.

Benefícios: A CI (Crioterapia por Imersão) apresenta benefícios tanto nível fisiológico quanto financeiro. Aprofundar os conhecimentos com esse método de recuperação, ampliará o campo de aplicação para desportistas de forma a recuperar a musculatura após o esforço e prevenir o surgimento de lesões de maneira mais precisa, com o auxílio da EMG como instrumento principal de avaliação.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto de pesquisa tem elevada relevância no campo da fisiologia do esforço, especificamente na avaliação a influência de diferentes métodos de recuperação pós esforço sobre o desempenho neuromotor em desportistas amadores. Apresenta como benefícios o aprofundamento dos conhecimentos sobre método de recuperação pós esforço físico, ampliando o campo de aplicação

para desportistas de forma a recuperar a musculatura após o esforço e prevenir o surgimento de lesões de maneira mais precisa.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O projeto contém os documentos necessários para sua aprovação. O pesquisador atendeu o termo de diligência solicitado por esse comitê, anexando e fazendo correções nos documentos solicitados. Os documentos obrigatórios foram postados no ambiente e são adequados a pesquisa a ser realizada.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As análises dos documentos postados indicam que o pesquisador atendeu o termo de diligência como solicitação desse comitê, anexando e fazendo correções nos documentos solicitados. Os documentos obrigatórios foram postados no ambiente e são adequados à pesquisa a ser realizada. Considerando os documentos postados e avaliados, manifestamos parecer favorável a aprovação deste projeto de pesquisa por esse Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1178046.pdf	10/09/2018 22:23:01		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE.pdf	10/09/2018 22:22:07	Jair José Gaspar Junior	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_RESPONSAVEL.pdf	10/09/2018 22:21:33	Jair José Gaspar Junior	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	10/09/2018 22:21:19	Jair José Gaspar Junior	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	10/09/2018 22:20:39	Jair José Gaspar Junior	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO.pdf	08/08/2018 19:50:54	Jair José Gaspar Junior	Aceito
Declaração de Instituição e	AUTORIZACAO.pdf	08/08/2018 19:49:14	Jair José Gaspar Junior	Aceito

Infraestrutura	AUTORIZACAO.pdf	08/08/2018 19:49:14	Jair José Gaspar Junior	Aceito
Outros	ANEXO_II.pdf	08/08/2018 16:56:45	Jair José Gaspar Junior	Aceito

Outros	ANEXO_I.pdf	08/08/2018 16:56:26	Jair José Gaspar Junior	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.pdf	02/08/2018 16:40:47	Jair José Gaspar Junior	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	02/08/2018 16:36:10	Jair José Gaspar Junior	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAMPO GRANDE, 26 de Setembro de 2018

Assinado por:
Edilson José Zafalon
(Coordenador(a))

ANEXO I

ANÁLISE RETROSPECTIVA

Nº da ficha____

Nome:_____ Data:_____

Idade:_____ Altura:____ Massa corpórea:____ Histórico de treinamento:_____

Tempo de treinamento semanal:_____horas Federado: ( ) Sim ( ) Não Tempo:_____ Destro: ( ) Canhoto: ( )

Posição do jogador:_____

Presença de lesão desportiva: ( )Sim ( )Não

Variáveis	**Lesões desportivas**							
Identificação da lesão desportiva	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª
Data do acometimento								
Tipo de lesão								
Local anatômico								
Período de treinamento								
Mecanismo de lesão ou aumento do sintoma								
Tratamento								
Tempo de afastamento								
Retorno às atividades normais								

Codificação das variáveis			
Tipo de lesão	**Mecanismo de lesão**	**Localização anatômica**	
1-Contusão	1-Explosão	1-Cabeça	13-Quadril
2-Distensão muscular	2-Corrida de velocidade	2-Ombro	14-Virilha
3-Contratura muscular	3-Corrida de resistência	3-Braço	15-Coxa anterior
4-Tendinopatia	4-Salto vertical	4-Antebraço	16-Coxa superior
5-Entorse	5-Salto lateral	5-Cotovelo	17-Coxa medial
6-Mialgia	6-Choque	6-Punho	18-Coxa lateral
7-Periostite	7-Parada brusca	7-Mão	19-Joelho
8-Sinovite	8-Chute	8-Tórax	20-Perna

9-Fratura	9-Drible	9-Abdome	21Panturrilha
10-Bursite	10-Queda	10-Região cervical	22-Tornozelo
11-Dor aguda inespecífica	11-Aterrissagem	11-Região Torácica	23-Pé
12-Dor crônica inespecífica	12-Alongamento	12-Região lombar	24-Outra*
13-Luxação/Sub-luxação	13-Musculação		
14-Outros*	14-Outros*		

*Especificar

*Outro tipo de lesão:_____

*Outro mecanismo de lesão:_____

*Outra localização anatômica:_____

*Alteração do treinamento:_____

OBS:_____
_____
_____
_____

Afastamento
1-Dias (n)
2-Alteração (0)

Tratamento médico
1-Não
2-Sim

Retorno às atividades normais
1-Assintomática
2-Sintomática

Período de Treinamento
1-Base
2-Específico
3-Competitivo

ANEXO II

ANÁLISE RETROSPECTIVA

Nº da ficha____

Nome:_____ Data:_____

Idade:_____ Altura:_____ Massa corpórea:_____ Histórico de treinamento:_____

Tempo de treinamento semanal:_____horas Federado: ( ) Sim ( ) Não Tempo:_____
Destro: ( ) Canhoto: ( )

Posição do jogador:_____

Presença de lesão desportiva: ( )Sim ( )Não

Variáveis	**Lesões desportivas**							
Identificação da lesão desportiva	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª
Data do acometimento								
Tipo de lesão								
Local anatômico								
Período de treinamento								
Mecanismo de lesão ou aumento do sintoma								
Tratamento								
Tempo de afastamento								
Retorno às atividades normais								

Codificação das variáveis			
Tipo de lesão	**Mecanismo de lesão**	**Localização anatômica**	
1-Contusão	1-Aterrissagem	1-Cabeça	13-Quadril
2-Distensão muscular	2- Salto vertical	2-Ombro	14-Virilha
3-Contratura muscular	3- Choque	3-Braço	15-Coxa anterior
4-Tendinopatia	4-Explosão	4-Antebraço	16-Coxa superior
5-Entorse	5-Corrida de velocidade	5-Cotovelo	17-Coxa medial
6-Mialgia	6-Aremesso	6-Punho	18-Coxa lateral
7-Periostite	7-Queda	7-Mão	19-Joelho
8-Sinovite	8-Chute	8-Tórax	20-Perna
9-Fratura	9- Musculação	9-Abdome	21Panturrilha

10-Bursite	10-Lançamento (passe)	10-Região cervical	22-Tornozelo
11-Dor aguda inespecífica	11-Outros	11-Região Torácica	23-Pé
12-Dor crônica inespecífica		12-Região lombar	24-Outra*
13-Luxação/Sub-luxação			
14-Outros*			

*Especificar

*Outro tipo de lesão:_____

*Outro mecanismo de lesão:_____

*Outra localização anatômica:_____

*Alteração do treinamento:_____

OBS:_____

Afastamento
1-Dias (n)
2-Alteração (0)

Tratamento médico
1-Não
2-Sim

Retorno às atividades normais
1-Assintomática
2-Sintomática

Período de Treinamento
1-Base
2-Específico
3-Competitivo

ANEXO III

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA – VERSÃO CURTA – ADAPTADO, para a pesquisa intitulada:

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE CRIOTERAPIA POR IMERSÃO SOBRE O DESEMPENHO NEUROMOTOR DE ESPORTISTAS AMADORES

Nome:_____

Data: _____/ _____ / _____ Idade : _____ Sexo: F ( ) M ( )

Este é um questionário, adaptado do original para esta pesquisa apenas neste texto inicial em que ele é apresentado a pessoa que irá respondê-lo e na última pergunta, que dizia respeito a um programa de atividade física específica do Estado de São Paulo. Isso porque, nosso objetivo é saber que tipos de atividade física você faz como parte do seu dia a dia. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação !

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez:

1a Em quantos dias da última semana você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias _____ por **SEMANA** ( ) Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**?

horas: _____ Minutos: _____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar volei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração **(POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA)**

dias _____ por **SEMANA** ( ) Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

horas: _____ Minutos: _____

3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

dias _____ por **SEMANA** ( ) Nenhum

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

horas: _____ Minutos: _____

ANEXO IV

ESCALA DE BORG CR-10.

0	nenhum
0,5	muito, muito leve (apenas discreto)
1	muito leve
2	fraco (leve)
3	moderado
4	um pouco intenso
5	intenso (pesado)
6	
7	muito intenso
8	
9	
10	muito, muito intenso (quase máximo)
•	máximo