

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO**

**PAULO HENRIQUE GUSMÃO NOGUEIRA MARTINS**

**Estudo comparativo de diferentes estratégias de recuperação pós-exercício em atletas de Crossfit®: Aspectos funcionais e bioquímicos.**

**São Paulo – SP**

**2024**

**PAULO HENRIQUE GUSMÃO NOGUEIRA MARTINS**

**Estudo comparativo de diferentes estratégias de recuperação pós-exercício em atletas de Crossfit®: Aspectos funcionais e bioquímicos.**

Dissertação apresentada à  
Universidade Nove de Julho para  
obtenção do título de Mestre em  
Ciências da Reabilitação

Orientador: Prof Dr. Ernesto Cesar P.  
Leal-Junior  
Coorientadora: Dra. Heliodora Leão  
Casalechi

**São Paulo – SP**

**2024**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Martins, Paulo Henrique Gusmão Nogueira.

Estudo comparativo de diferentes estratégias de recuperação pós-exercício em atletas de Crossfit®: aspectos funcionais e bioquímicos.  
/ Paulo Henrique Gusmão Nogueira Martins. 2024.

87 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2024.

Orientador (a): Prof. Dr. Ernesto Cesar P. Leal-Junior.

1. Terapia de fotobiomodulação.
2. Terapia por ondas de choque.
3. Compressão pneumática intermitente.
4. Desempenho.
5. Recuperação

I. Leal-Junior, Ernesto Cesar P.              II. Título.

CDU 615.8

São Paulo, 26 de junho de 2024.

**TERMO DE APROVAÇÃO**

Aluno (a): PAULO HENRIQUE GUSMÃO NOGUEIRA MARTINS

Título da Tese: "ESTUDO COMPARATIVO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE RECUPERAÇÃO PÓS-EXERCÍCIO EM ATLETAS DE CROSSFIT® ASPECTOS FUNCIONAIS E BIOQUÍMICOS"

Presidente: PROF. DR. ERNESTO CESAR PINTO LEAL JUNIOR

Membro: PROF. DR. EDUARDO FOSCHINI MIRANDA

Membro: PROF. DR. PAULO ROBERTO VICENTE DE PAIVA

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre mostram que o conhecimento é o caminho. A minha esposa, Barbara, quem me apoiou e sempre se mostrou companheira. A minha família, que sempre esteve ao meu lado. E a todos os meus colegas que me ajudaram a realizar esse grande estudo.*

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a Deus, que por Sua graça e poder, me iluminou e guiou na conclusão dessa etapa muito importante em minha vida.

Agradeço aos meus pais, Teresa e Alberto, por todo apoio, onde abriram mão de muitas oportunidades para que seus filhos pudessem ter a melhor educação.

A minha esposa, Barbara, que ao longo dessa jornada soube ser paciente, amorosa e cuidadosa.

Agradeço a minha irmã, Maria Luisa, por cada momento de alegria.

Agradeço ao Prof. Dr. Ernesto, que fez tudo ser possível, organizando e orientando precisamente cada etapa. Sua experiência foi fundamental para a conclusão desse estudo.

Agradeço minha coorientadora, Dora, por todo suporte, pela amizade e paciência ao longo de todo o estudo.

Agradeço aos amigos de laboratório Luana, Matheus, Carol, Marcelo, Ivo, por todo suporte a ajuda em cada etapa.

Agradeço a Universidade Nove de Julho, por todo suporte cedido.

Agradeço ao *Crossfit®* Sanja, por ceder espaço para realização dos estudos, e também aos atletas que se disponibilizaram.

Agradeço a CAPES pela concessão da taxa PROEX sob processo número 88887.823034/2023-00

## RESUMO

*Crossfit®* é uma modalidade esportiva de alta intensidade cuja parte mais intensa é o *WOD* (treino do dia), podendo levar fadiga muscular, reduzindo desempenho e propiciando lesão. A fim de minimizar consequências, dispositivos terapêuticos são utilizados para acelerar a recuperação muscular após o exercício extenuante, como: terapia de fotobiomodulação com campo magnético estático (TFBM-CMe), terapia de ondas de choque extracorpórea (TOC) e a bota de compressão pneumática intermitente (CPI). Entretanto, desconhecido o melhor recurso para recuperação muscular mais rápida e eficiente em atletas de *Crossfit®*. O objetivo desse estudo foi comparar os efeitos entre três diferentes recursos terapêuticos na recuperação da fadiga muscular em atletas de *Crossfit®*. Foi conduzido um ensaio clínico randomizado, controlado, cruzado e cego. Participaram voluntariamente 12 atletas de *Crossfit®* (18 a 36 anos), aleatoriamente distribuídos em ordem cruzada dos tipos de tratamento (TFBM-CMe, TOC, CPI e controle/recuperação passiva) a serem recebidos nas 4 semanas. A recuperação muscular foi avaliada basal, 1h, 24h e 48h após a realização do *WOD*. As avaliações foram compostas pelo teste funcional *Countermovement JumpTest (CMJ)*; marcador sanguíneo para dano muscular, (LDH) percepção subjetiva de esforço/fadiga (PSE), e grau de satisfação da terapia (LIKERT). Após teste de normalidade, os dados foram expressos em média e desvio padrão, e nível de significância estabelecido em  $p<0,05$ . No teste funcional *CMJ*, a TFBM-CMe apresentou diferença estatisticamente significante em relação a recuperação passiva, ( $p<0,05$ ). Na variação de marcador sanguíneo LDH, a TFBM-CMe apresentou valores estatisticamente significante em relação a recuperação passiva, a TOC e CPI ( $p<0,05$ ). Logo, na comparação entre os recursos terapêuticos TOC e CPI, bem como a recuperação passiva, a TFBM-CMe se mostrou mais eficiente na recuperação dos sinais de fadiga muscular, tanto funcional quanto fisiológico, após exercício extenuante em atletas de *Crossfit®*.

**Palavras-chave:** Terapia de fotobiomodulação, Terapia por Ondas de Choque, Compressão Pneumática Intermitente, Desempenho, Recuperação, *Crossfit®*.

## ABSTRACT

Crossfit® is a high-intensity sports modality whose most intense part is the WOD training of the day), which can lead to muscle fatigue, reducing performance and causing injury. In order to minimize consequences, therapeutic devices are used to accelerate muscle recovery after strenuous exercise, such as: static magnetic field photobiomodulation therapy (TFBM-CMe), extracorporeal shock wave therapy (OCD) and the pneumatic compression boot intermittent (CPI). However, the best resource for faster and more efficient muscle recovery in Crossfit® athletes is unknown. The objective of this study was to compare the effects of three different therapeutic resources on recovery from muscle fatigue in Crossfit® athletes. A randomized, controlled, crossover, blinded clinical trial was conducted. 12 Crossfit® athletes (18 to 36 years old) voluntarily participated, randomly distributed in a crossed order of the types of treatment (TFBM-CMe, OCD, CPI and control/passive recovery) to be received over the 4 weeks. Muscle recovery was assessed at baseline, 1h, 24h and 48h after performing the WOD. The evaluations consisted of the Countermovement JumpTest (CMJ) functional test; blood marker for muscle damage, (LDH) subjective perception of effort/fatigue (PSE), and degree of satisfaction with therapy (LIKERT). After normality testing, data were expressed as mean and standard deviation, and the significance level was set at  $p<0.05$ . In the CMJ functional test, TFBM-CMe showed a statistically significant difference in relation to passive recovery ( $p<0.05$ ). In the LDH blood marker variation, TFBM-CMe presented statistically significant values in relation to passive recovery, TOC and CPI ( $p<0.05$ ). Therefore, in the comparison between OCD and CPI therapeutic resources, as well as passive recovery, TFBM-CMe proved to be more efficient in recovering signs of muscular fatigue, both functional and physiological, after strenuous exercise.

**Keywords:** Photobiomodulation Therapy, Shock Wave Therapy, Intermittent Pneumatic Compression, Performance, Recovery, *Crossfit®*.

## **LISTA DE TABELAS E QUADROS**

<b>Tabela 1</b> - Parâmetros da TFBM-CMe	28
<b>Tabela 2</b> - Dados demográficos	33
<b>Tabela 3</b> - Resultados das variáveis em valores absolutos	34

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Fluxograma do estudo 2	22
Figura 2. Demonstração do exercício <i>Assault AirBike</i>	23
Figura 3. Demonstração do exercício <i>Hang Squat Clean</i>	24
Figura 4. Demonstração do exercício <i>Box Jump Over</i>	24
Figura 5. Demonstração da Avaliação Funcional	25
Figura 6. Locais de irradiação	27
Figura 7. Exemplo da aplicação da TFBM-CMe	29
Figura 8. Exemplo da Aplicação da CPI	30
Figura 9. Exemplo de Aplicação TOC	31
Figura 10. Exemplo do descanso passivo em Decúbito Dorsal	31
Figura 11. Gráfico ilustrando a variação percentual da altura de CMJ	35
Figura 12. Gráfico ilustrando a variação percentual da atividade de LDH	36

## LISTA DE ABREVIATURAS

ATP = adenosina trifosfato

CEP = Comitê de Ética em Pesquisa

CR100 = *Category Ratio* 100

RPE = Ratings of perceived exertion

CMJ = Countermovement Jump

CPI = Compressão Pneumática Intermittente

CK = Creatina Quinase

cm = centímetros

CNS = Conselho Nacional de Saúde

DP = desvio padrão

EPM = erro padrão da média

HIIT = *High-Intensity Interval Training*

Hz = Hertz

ID = número de identificação

IL-6 = Interleucina-6

IPC = intermittent pneumatic compression

J = Joules

LDH = lactato desidrogenase

Mpa = mega Pascal

mJ = mega Joule

mW = miliwatts

nm = nanômetros

PSE= Percepção Subjetiva de Esforço

TCLE = Termo de consentimento livre e esclarecido

TFBM-CMe= Terapia de fotobiomodulação com campo magnético estático

TOC = Terapia de ondas de choque

UNINOVE = Universidade Nove de Julho

WOD = *Workout of the Day*- treino do dia

## SUMÁRIO

<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Geral .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Específicos .....</b>	<b>18</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 ESTUDO 1 - Piloto .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 ESTUDO 2 - Recursos Terapêuticos.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Aspectos Éticos.....</b>	<b>19</b>
<b>3.4 Sujeitos.....</b>	<b>19</b>
<b>3.5 Critérios de inclusão e exclusão.....</b>	<b>20</b>
<b>3.6 Randomização e Cegamento.....</b>	<b>21</b>
<b>3.7 Procedimentos.....</b>	<b>23</b>
<b>3.7.1 Workout of the Day (WOD).....</b>	<b>25</b>
<b>3.7.2 Avaliações.....</b>	<b>26</b>
<b>3.7.2.1 Avaliação Funcional .....</b>	<b>26</b>
<b>3.7.2.2 Avaliação Qualitativa De Percepção Subjetiva do Esforço Percebida Borg – RPE.....</b>	<b>27</b>
<b>3.7.2.3 Coletas Sanguíneas .....</b>	<b>27</b>
<b>3.7.2.3 Avaliação de satisfação da terapia .....</b>	<b>28</b>
<b>3.7.3 Intervenções .....</b>	<b>28</b>
<b>3.7.3.1 Terapia de Fotobiomodulação com Campo Magnético estático (TFBM-CMe) .....</b>	<b>28</b>
<b>3.7.3.2 Terapia de Compressão Pneumática Intermittente .....</b>	<b>32</b>
<b>3.7.3.3 Terapias de Ondas de Choque.....</b>	<b>33</b>
<b>3.7.3.4 Recuperação Passiva .....</b>	<b>34</b>
<b>3.8 Análise Estatística.....</b>	<b>35</b>
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>43</b>
<b>7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO I. Termo de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO II. Termo de Consentimento Livre Esclarecido .....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO III. Questionário de Inclusão e Exclusão .....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO IV. Escala de percepção subjetiva de esforço – PSE.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO V. Escala de Satisfação (LIKERT) .....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE I- Artigo .....</b>	<b>74</b>

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O *Crossfit®* surgiu no início dos anos 2000 como um método de treinamento de força e condicionamento físico<sup>1</sup>. O treinamento é baseado na combinação de movimentos funcionais, constantemente variados e de alta intensidade chamado de *WOD* (*Workout of the Day*) ou treino do dia<sup>2</sup>. O WOD é composto por uma grande variação de movimentos como exercícios do basismo (levantamento terra, supino e agachamentos), levantamento de peso olímpico (arremesso e arranco), exercícios de ginástica e calistenia, como barra fixa, flexão de braço, abdominais e burpees<sup>2,3</sup>. Além disso, o *Crossfit®* inclui estímulos cardiorrespiratórios, como correr, pedalar, remar, pular corda e outros saltos<sup>3</sup>. Esses estímulos são frequentemente combinados e realizados em alta intensidade, com repetições rápidas, sucessivas e com limitado ou nenhum tempo de recuperação<sup>4</sup>.

Os *WODs* são pontuados e frequentemente envolvem elementos de competição entre seus participantes, característica que levou esse método com exercícios funcionais a ser conhecido como “*Sports of Fitness*”<sup>5</sup>. A competição oficial de *CrossFit®*, denominada *CrossFit® Games*, teve sua primeira edição em 2007 com a participação de 70 atletas, nos últimos anos a competição vem aumentando e abrange mais de 324 mil atletas de todo o mundo<sup>6</sup>. Nessa competição, os ganhadores são apontados como os atletas mais bem condicionados do mundo, “*The Fittest on Earth*”<sup>7</sup>.

O *Crossfit®* é considerado uma ótima opção de treino *HIIT* (*High-Intensity Interval Training*)<sup>8</sup>. O *HIIT* é um tipo de treino intervalado de alta intensidade capaz de melhorar os sistemas de fornecimento de energia anaeróbico e aeróbico<sup>9,10</sup>. E quando aplicado em práticas de diferentes modalidades esportivas e competições de *Crossfit®* é eficaz em sobrepor quase que maximamente, tanto os sistemas de liberação de energia anaeróbica quanto aeróbica, resultando no desempenho do atleta<sup>11,12</sup>.

Entretanto, o *Crossfit®*, enquanto esporte se diferencia do *HIIT* por incluir elementos de ginástica e levantamento de peso, também por reduzir ou excluir os períodos de descanso<sup>1,13</sup>. Como é visto nas competições tradicionais, cujo objetivo principal dos *WODs* é a execução de determinadas tarefas, com um número de repetições e exercícios no menor tempo possível<sup>13</sup>. Assim, por serem submetidos a vários *WODs* em um mesmo dia e em dias sequenciais de competição, os atletas precisam lidar com a fadiga e a recuperação muscular decorrentes<sup>5</sup>.

Essa alta demanda física exigida na prática de exercício intenso tem preocupado a comunidade científica, o que se confirma pelas várias publicações que estudaram a relação entre a prática de *Crossfit®* e o risco de lesões.<sup>5,14,15,16,17</sup> Weisenthal et al. (2014)<sup>14</sup> concluíram que a

fadiga causa modificações na biomecânica do movimento, aumentando o risco de lesões. Em uma análise sobre a natureza e prevalência das lesões em praticantes de *Crossfit®* a perda da técnica durante a fadiga extrema está associada a lesões na coluna lombar<sup>5</sup>. Estudos acrescentam que muitos exercícios utilizados no *Crossfit®* exigem uma técnica elevada, além de alta potência sustentada ao longo do tempo<sup>17</sup>. Desta forma, podem provocar fadiga considerável e levar a lesões, em sessões de exercícios subsequentes<sup>17</sup>. O processo de fadiga leva a um declínio no desempenho físico e em alguns casos a lesões<sup>18,19,20</sup>. De maneira que é possível inferir que o risco de lesões pode estar intimamente relacionado com a fadiga gerada pela alta intensidade exigida durante a execução dos *WODs*<sup>5,14,17</sup>.

O desenvolvimento da fadiga muscular é um processo complexo e multifacetado que pode estar associado ao estresse oxidativo muscular causado pelo aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) após exercícios extenuantes.<sup>21,22,23</sup> Com o intuito de investigar a fadiga durante duas sessões consecutivas de *Crossfit®*, Pesquisadores analisaram as respostas fisiológicas dos marcadores sanguíneos creatina quinase (CK), interleucinas 6 e 10 (IL-6, IL-10), osteoprotegerina, lactato e glucose<sup>4</sup>. A partir dos resultados obtidos nesse estudo, os autores advertiram para a importância de sessões de menor intensidade e/ou dias de descanso com intuito de ajudar a minimizar os distúrbios imunológicos e possíveis causas da fadiga<sup>4</sup>. De maneira análoga, pesquisadores analisaram os efeitos de treinos de alta intensidade nos marcadores de CK, IL-6, mioglobina e testosterona, e concluíram que a intensidade dos treinos deva ser individualmente escalonada, a fim de minimizar o risco de lesão<sup>24</sup>. Além disso, os autores também apontam para a importância de períodos de recuperação e dias de descanso entre as sessões de treinamento de alta intensidade<sup>24</sup>. Alguns estudos que verificaram os marcadores sanguíneos pós-exercícios extenuantes sugerem que o aumento dessas citocinas está associado ao dano muscular e ao aumento de neutrófilos no período de recuperação da musculatura<sup>25,26</sup>.

Biomarcadores enzimáticos, como a creatina quinase (CK), lactato (LAC) e a lactato desidrogenase (LDH), vem sendo utilizados como marcadores de estresse, dano e lesão muscular<sup>27</sup>. Além disso, em conjunto, podem mostrar o grau de adaptação metabólica dos músculos esqueléticos<sup>28</sup>. Logo após a conclusão da atividade física, normalmente, altos índices sanguíneos de CK, LDH e LAC são encontrados em praticantes de diversas modalidades, sendo esses considerados marcadores da falha de sinalização<sup>29,30</sup>.

Assim como o CK, o LDH é uma enzima, que também está envolvida diretamente na produção de energia através da via glicolítica, precisamente na conversão de piruvato a lactato, sendo assim muito presente em exercícios com alta potência<sup>31</sup>. A LDH catalisa o lactato para a

oxidação do piruvato, concomitante com a coenzima NAD +, estando presente no citoplasma de todas as células do corpo<sup>32</sup>. É considerada um marcador de lesões musculoesqueléticas pela ruptura de fibras, entendidas como diminuição de força e inflamação<sup>27,33</sup>. De forma alternativa, tem-se proposto que pela interação de múltiplos eventos bioquímicos a mitocôndria não seria capaz de oxidar todos os piruvatos que são produzidos durante o esforço intenso, o que resultaria na sua conversão em lactato pela enzima LDH<sup>34</sup>.

Sabendo da iminência do dano muscular após o esforço físico, observado principalmente pelo comportamento de indicadores como CK e LDH, as informações a respeito do tempo necessário para a recuperação são ainda pouco exploradas e inconclusivas. De modo que, ao acompanhar esses indicadores de dano muscular durante períodos mais longos do que imediatamente após a atividade física, venha a oferecer informações importantes, pois estes marcadores podem atingir seu pico em momentos mais tardios<sup>35</sup>.

Estratégias de recuperação muscular envolvem a implementação de uma técnica única ou uma combinação de técnicas a fim de potencializar e acelerar a recuperação após os exercícios e melhor preparar o atleta para a próxima atividade, além de reduzir o risco de lesões<sup>36,37</sup>. Estudos relacionados ao esporte buscam por ferramentas que possam auxiliar a amenizar os danos causados pelo exercício intenso, a fim de otimizar o tempo entre as práticas, aumentar o rendimento do atleta e prevenir lesões<sup>38</sup>. Assim, a diferença entre o sucesso e fracasso no esporte moderno está diretamente ligado à efetividade da recuperação<sup>38</sup>. Corroborando com a afirmação, estudos apontam que a capacidade de recuperação muscular rápida e eficiente é um fator importante para melhor desempenho no *Crossfit®*<sup>39</sup>. Assim, existem evidências que destacam a relevância da investigação de recursos que favoreçam a recuperação muscular de acordo com a demanda física exigida pelo esporte. Historicamente e clinicamente para se obter a recuperação da fadiga muscular e consequentemente aumento desempenho, diversos recursos terapêuticos são utilizados em atletas, associados aos treinos e competições. E apesar de apresentarem, ou não evidência científica, são amplamente aplicados na prática clínica<sup>40</sup>. Algumas modalidades terapêuticas têm sido comumente utilizadas para recuperação muscular na prática esportiva, como: massagens, crioterapia, Compressão Pneumática Intermittente (CPI)<sup>41</sup>, terapia de ondas de choque extracorpórea (TOC) e a Terapia de Fotobiomodulação (TFBM).<sup>41,42,44,43,45</sup> Estudos recentes, vem sendo conduzidos a fim de avaliar alguns recursos terapêuticos em vigência como a CPI, TOC e TFBM e sugerem resultados positivos.<sup>41,44, 45</sup>

A CPI utilizada tanto por atletas, como em clínicas de reabilitação, se trata de câmeras/bolsas que ficam ao redor do membro insuflando de ar sequencialmente realizando

uma pressão.<sup>41,46,47,48</sup> Estudos sugerem que a pressão negativa pode melhorar a recuperação e reduzir a sensação de dor muscular após exercícios extenuantes<sup>41,46</sup>. A CPI age melhorando o retorno venoso, em um nível circulatório e apresenta teoria embasada na melhora do fluxo sanguíneo muscular, acarretando o aumento da oxigenação do tecido, influenciando positivamente a recuperação muscular<sup>49</sup>. Além disso, a CPI tem apresentado resultados satisfatórios em diversas disfunções vasculares, como linfedema, insuficiência venosa crônica grave, doença arterial obstrutiva periférica, e na profilaxia da trombose<sup>50</sup>. Contudo, alguns estudos apresentam resultados irresolutos para a utilização da CPI em relação aos sinais de fadiga e melhora do desempenho muscular, o que pode estar ligado ao não estabelecimento de parâmetros para esse fim. Pois, os parâmetros utilizados para a terapia CPI no retardo dos sinais de fadiga e melhora do desempenho muscular são bastante variados.<sup>41,51,46,52</sup>

Com resultados efetivos em revisões sistemáticas para uma variedade de cenários clínicos musculo esqueléticos, a TOC extracorpórea está emergindo como uma nova opção de tratamento em potencial<sup>53,54</sup>. Na TOC extracorpórea são emitidos pulsos de pressão focados tridimensionais concentrados em microsegundos com pressões de pico de 35-120 Mpa, aplicados em pequenas áreas focais de 2-8 mm de diâmetro perpendicularmente ao tecido<sup>54</sup>. Dentre os mecanismos de ação estão os efeitos diretos na calcificação do tecido, alteração da atividade celular através da cavitação, microextração acústica, alteração da permeabilidade da membrana celular e efeitos sobre os nociceptores através da hiperestimulação, que bloqueiam o mecanismo de controle das comportas<sup>55</sup>. Foram encontrados efeitos satisfatórios para estimular a regeneração do tecido muscular esquelético e acelerar os processos de reparo em lesão aguda muscular, indicando proliferação aumentada e taxas de diferenciação de células satélites<sup>56</sup>. Além disso, TOC extracorpórea tem demonstrado resultados positivos em estudos clínicos para reabilitação de lesões, recuperação muscular em atletas<sup>55,43</sup> e diminuição de dor muscular.<sup>43,57,58,59</sup> Pesquisadores examinaram os efeitos de uma única administração de TOC na dor muscular de início tardio, induzida por exercício excêntrico, e verificaram efeitos clinicamente relevantes no alívio da dor e aumento da força muscular<sup>43</sup>. Similarmente, outro estudo demonstrou aumento significativo na elasticidade, tônus muscular e recrutamento de fibras musculares com a aplicação da TOC no quadríceps<sup>57</sup>. A TOC extracorpórea também apresentou resultados positivos em disfunções osteomusculares como, epicondilites, síndrome da dor subacromial, fascite plantar e tendinopatias<sup>53</sup>. Esses resultados apontam para a TOC como uma possível ferramenta no auxílio do retardo da fadiga e melhora do desempenho muscular, embora existam poucos estudos que demonstrem efeitos da TOC para recuperação muscular após atividade física extenuante em atletas.

Em estudos recentes a TFBM vem apresentando efeitos satisfatórios tanto para redução dos sinais de fadiga, como para o aumento do desempenho e força muscular.<sup>44,45,37,60,61,62,63,64</sup> Os resultados apontam para atenuação da dor muscular de início tardio e menos aumento nas concentrações sanguíneas de marcadores de dano muscular com o uso da TFBM em relação a grupos controle<sup>65,63</sup>. Seu mecanismo de ação está relacionado a geração de maior transferência de elétrons, consequentemente, ativando as cadeias respiratórias mitocondriais e levando ao aumentando da produção de adenosina trifosfato mitocondrial (ATP)<sup>66,67</sup>. Os resultados obtidos em estudo, demonstraram que a TFBM pré-exercício como uma terapia autônoma foi capaz de melhorar diferentes aspectos funcionais relacionados ao desempenho atlético e marcadores bioquímicos relacionados a danos musculares e processo inflamatório em atletas de alto nível<sup>44</sup>. Além disso, os autores apontam que a TFBM pré-exercício apresentou efeito antioxidante, diminuindo o estresse oxidativo induzido pelo exercício, promovendo efeitos ergogênicos e protetores aos músculos esqueléticos<sup>44</sup>.

Conjuntamente, estudos apresentaram resultados positivos utilizando a combinação de TFBM e Campo Magnético estático - TFBM-CMe.<sup>62,63</sup> Uma vez que, o campo magnético promove aumento da produção de ATP e auxilia na diminuição do estresse oxidativo, potencializando os efeitos da TFBM-CMe.<sup>68,67,69</sup> Em teste de campo realizado com atletas de rugby, a TFBM-CMe promoveu melhora do desempenho e recuperação muscular mais rápida dos atletas<sup>37</sup>.

No entanto, as evidências sobre a eficácia de algumas dessas estratégias usadas para recuperação ainda são conflitantes.<sup>70,71</sup> Considerando a alta intensidade de esforço demandada na prática do *Crossfit®*, a utilização de recursos que auxiliem no processo de recuperação muscular é de grande valia, pois pode garantir que o atleta esteja apto a para realização dos próximos WODs com menor risco de lesão. Assim, o avanço no desenvolvimento e conhecimento de terapias ou recursos visando a recuperação muscular ajustada à necessidade de atletas de *Crossfit®* é muito importante para o bom desempenho nesse esporte. O presente estudo busca comparar os recursos terapêuticos frequentemente empregados na prática clínica, a fim de determinar o mais indicado para a recuperação muscular associada a prática de *Crossfit®*.

Até o momento, poucos estudos compararam recursos terapêuticos na recuperação musculoesquelética em atletas de *Crossfit®*. Tendo em vista a importância de uma recuperação da fadiga muscular e melhora do desempenho após um treino muscular intenso/competição, a averiguação dos efeitos por esses recursos terapêuticos se faz necessária.

## **2. OBJETIVOS:**

### **2.1 Geral:**

Comparar os efeitos isolados entre três diferentes recursos terapêuticos TFBM-CMe, CPI e TOC para recuperação muscular em participantes de *Crossfit®*.

### **2.2 Específicos:**

- Analisar os efeitos dos recursos terapêuticos nas variáveis relacionadas a performance a partir da capacidade de recuperação muscular por meio de avaliação funcional.
- Avaliar os efeitos dos recursos terapêuticos sobre o marcador bioquímico relacionado a recuperação muscular e estresse oxidativo.
- Analisar os efeitos dos recursos terapêuticos nas variáveis relacionadas a recuperação da fadiga muscular por meio da escala de percepção de esforço.
- Analisar a satisfação do atleta sobre os efeitos dos recursos terapêuticos nas variáveis relacionadas a recuperação da fadiga.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1 ESTUDO 1 – Piloto**

Na ausência de estudos que comparem os diferentes tipos de tratamentos TFBM-CMe, CPI e TOC, após um programa de exercício extenuante como o *WOD*, o número de participantes do presente estudo foi calculado com base em um estudo piloto. O estudo piloto foi conduzido por nosso grupo de pesquisa previamente ao estudo 2, a fim de estimar o tamanho da amostra, e contou a participação de 3 atletas para cada tipo de tratamento testado, 12 atletas no total.

O estudo piloto seguiu a metodologia utilizada no estudo no estudo 2, pois contou com os mesmos desfechos, critérios de inclusão e procedimentos. Com base nos resultados obtidos para o desfecho primário (avaliação funcional), o tamanho da amostra do presente estudo foi determinado.

### **3.2 ESTUDO 2 - Recursos Terapêuticos**

Após a determinação do tamanho amostral pelo estudo piloto, realizamos o estudo 2. Como desfecho primário foi considerada a avaliação funcional, *CMJ* para indicação do desempenho atlético. Também foram realizadas coletas sanguíneas para análise das variáveis fisiológicas por meio do marcador inflamatório (LDH) relacionados a dano muscular, bem como, foi avaliada a percepção subjetiva de esforço através de escala de esforço de 0-100. Todas as avaliações foram realizadas antes (basal) e 1 hora, 24 e 48 horas após o exercício extenuante (*WOD*). Cinco minutos após o *WOD* os participantes receberam aleatoriamente um dos 4 tratamentos propostos neste projeto (recuperação passiva, TFBM-CMe, CPI e TOC). Em cada semana os participantes receberam um tipo de tratamento diferente sucessivamente nas 4 semanas, até que todos recebessem os 4 tratamentos, caracterizando o *design* cruzado adotado pelo estudo.

### **3.3 Aspectos Éticos**

Foi realizado um ensaio clínico cruzado, randomizado, controlado e cego para o avaliador. O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Nove de Julho (UNINOVE) sob protocolo número 5.244.887 (Anexo I).

Os participantes que concordaram em participar, foram informados sobre todos os procedimentos do estudo anteriormente a sua realização e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE - Anexo II), conforme determinam as resoluções 466/12 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Todos os procedimentos só tiveram início após a aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética e Pesquisa – CEP.

### **3.4 Sujeitos**

Foram recrutados, de maneira voluntária, atletas de *Crossfitt*<sup>®</sup> com idades entre 18 e 36 anos, do gênero masculino de diferentes *Boxes* de *Crossfit*<sup>®</sup> da cidade de São José dos Campos - SP. Após o recrutamento, aplicamos um questionário de inclusão e exclusão (Anexo III) com objetivo de excluir voluntários que não se enquadrassem nos critérios do estudo, desta forma, garantindo a homogeneidade da amostra.

O cálculo amostral foi baseado nos resultados obtidos pela avaliação funcional de *CMJ* (desfecho primário deste estudo) que foram obtidos no estudo piloto (estudo ).

Utilizamos a plataforma *Researcher's Toolkit* para determinar a amostra (<https://www.dssresearch.com/resources/calculators/sample-size-calculator-average/>).

Foi considerado o valor de  $\beta$  de 20% e  $\alpha$  de 5%. Por fim, prevendo uma eventual perda amostral recrutamos um excedente de 20% de participantes. A priori foi seguida a análise por intenção de tratar.

### **3.5 Critérios de inclusão e exclusão**

Foram incluídos no estudo atletas de *Crossfit®*, de 18 a 36 anos, praticantes da modalidade por no mínimo 1 ano, com treinamento igual ou superior a 4 vezes por semana com classificação ativo e muito ativo no questionário IPAQ (questionário internacional de atividade física) e presença de 100% na coleta de dados. Os participantes não poderiam estar fazendo uso de agentes farmacológicos e não apresentar histórico de lesão musculoesquelética nas regiões do quadril, joelhos e tornozelo no mês que antecedeu o estudo. Além de não terem feito tratamento ou *recovery* fisioterapêutico na última semana que antecedeu as coletas.

Foram excluídos do estudo os participantes que fizeram uso de agentes farmacológicos corticosteroides (anti-inflamatórios esteroidais, analgésicos ou miorrelaxantes) e que apresentaram durante a realização do estudo, algum tipo de lesão musculoesquelética ou neurais nos membros inferiores e/ou tratamento fisioterapêutico.

O questionário validado de classificação do nível de atividade física IPAQ-SF (*International Physical Activity Questionnaire — Short Form*) registra a atividade em quatro níveis de intensidade nos últimos 7 dias:

- 1) MUITO ATIVO: atividade vigorosa  $\geq$  5 dias/sem e  $\geq$  30 minutos por sessão, ou atividade vigorosa  $\geq$  3 dias/sem e  $\geq$  20 minutos por sessão + atividade moderada e/ou atividade de caminhada  $\geq$  5 dias/sem e  $\geq$  30 minutos por sessão.
- 2) ATIVO: atividade vigorosa  $\geq$  3 dias/sem e  $\geq$  20 minutos por sessão; ou atividade moderada/caminhada  $\geq$  5 dias/sem e  $\geq$  30 minutos por sessão; ou qualquer atividade somada:  $\geq$  5 dias/sem e  $\geq$  150 minutos/sem (caminhada + moderada + vigorosa).
- 3) IRREGULARMENTE ATIVO: frequência de 5 dias /semana ou duração: 150 min / semana.
- 4) SEDENTÁRIO: aquele que não realizou nenhuma atividade física por pelo menos 10 minutos contínuos durante a semana.

### 3.6 Randomização e Cegamento

Os testes foram realizados ao longo de 4 semanas, com exatos 7 dias de intervalo entre as coletas, e os atletas sempre realizaram as atividades propostas em um mesmo horário ao longo dos dias, para evitar eventuais interferências do ciclo circadiano. A cada semana todos os participantes realizaram os procedimentos para a avaliação basal pré-exercício extenuante (*WOD*), e avaliações 1 hora, 24 e 48 horas após o *WOD*.

Antes do primeiro dia de coleta, a *priori* dos procedimentos, foram realizadas 2 randomizações:

- Primeira randomização - Composição da tabela de tratamentos: blocos da ordem do tipo de intervenção para cada semana. Cada bloco continha as quatro intervenções (TFBM-CMe, TOC, CPI e Recuperação passiva) distribuídas por uma intervenção diferente a cada semana. Dessa forma, todos os atletas receberam as quatro intervenções de maneira aleatorizada e balanceada, como no exemplo abaixo:

	<b>Semana 1</b>	-	<b>Semana 2</b>	-	<b>Semana 3</b>	-	<b>Semana 4</b>
<b>Bloco A:</b>	CPI	-	TFBM-CMe	-	TOC	-	Recuperação Passiva
<b>Bloco B:</b>	TFBM-CMe	-	TOC	-	Recuperação passiva-	-	CPI
<b>Bloco C:</b>	TOC	-	Recuperação passiva-	-	CPI	-	TFBM-CMe
<b>Bloco D:</b>	Recuperação passiva-	-	CPI	-	TFBM-CMe	-	TOC

- Segunda randomização - Código de embaralhamento: cada bloco foi distribuído aleatoriamente para cada ID (número de identificação) de cada atleta. Garantindo assim o ordenamento aleatório de cada sequência (bloco) de intervenção entre os atletas. Exemplo:

Atleta 1: Bloco A

Atleta 2: Bloco C

Atleta 3: Bloco B

Atleta 4: Bloco A

E assim por diante até o atleta 12.

Logo, a distribuição foi realizada por meio de randomização em bloco com a sequência aleatória das intervenções. Depois esses blocos foram aleatorizados de acordo com a ordem de chegada dos atletas baseado no n total. A aleatoriedade da sequência dos blocos e da distribuição deles para cada atleta foi feita pelo site [www.random.org](http://www.random.org), por um pesquisador que não teve conhecimento das avaliações ou processamentos dos dados.

As intervenções foram aplicadas em uma única sessão a cada semana, de forma balanceada e cruzada, com tempo de duração semelhantes de 30 minutos e correspondem:

- Nenhuma Intervenção / Recuperação passiva (Controle): descanso passivo em decúbito dorsal.
- Intervenção TFBM-CMe - Terapia de Fotobiomodulação com Campo Magnético estático: irradiação ativa nos 2 membros inferiores.
- Intervenção CPI - Compressão Pneumática Intermitente: aplicação de bota de compressão pneumática intermitente nos 2 membros inferiores.
- Intervenção TOC - Terapia de Ondas de Choque: aplicação de ondas de Choque nos 2 membros inferiores.

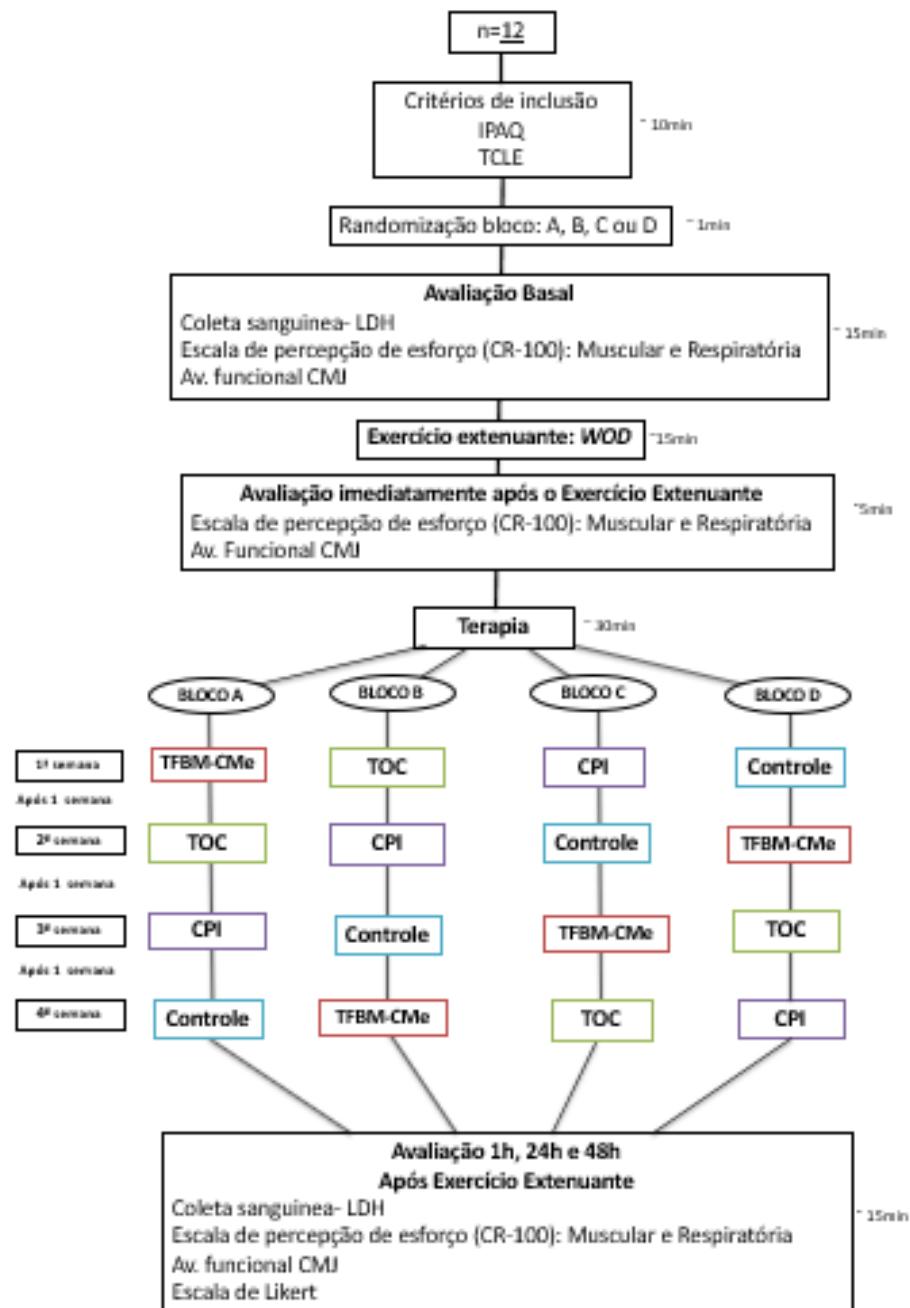
O presente estudo não teve controle ativo, pois até o momento nenhum recurso terapêutico foi dado como evidência absoluta na melhora de fadiga muscular. Como intervenção controle, teve a terapia passiva, equivalente a nenhuma atividade, como já é realizado por muitos atletas em competições e em outros estudos para avaliar o efeito de intervenções e terapias<sup>81</sup>.

O fisioterapeuta que aplicou a terapia de TFBM-CMe, CPI, TOC não esteve envolvido e não teve conhecimento das avaliações, coleta de dados, bem como, da posterior análise desses dados. O pesquisador responsável pelo exercício extenuante (*WOD*) não teve conhecimento dos procedimentos de análise e terapias aplicadas. Assim como, os avaliadores do teste de desempenho, percepção de esforço, coletas sanguíneas, não tiveram conhecimento da

randomização, aplicação das terapias/intervenção e análise dos dados do estudo. Esses cuidados garantem o cegamento dos avaliadores envolvidos no estudo, caracterizando-o como cego.

### **3.7 Procedimentos**

Foi conduzido o ensaio clínico randomizado, controlado, cruzado e cego. Os 12 atletas foram aleatoriamente distribuídos de acordo com a ordem cruzada dos tipos de intervenção (controle/recuperação passiva, TFBM-CMe, TOC e CPI) a serem recebidos nas 4 semanas de procedimento. A recuperação muscular foi avaliada antes de qualquer intervenção (basal), 1, 24 e 48 horas após a realização do exercício extenuante (*WOD*). As avaliações foram compostas pelo desfecho primário: teste funcional por meio do CMJ, e desfechos secundários: variáveis fisiológicas por meio da análise do marcador indireto de dano muscular através da análise de LDH; percepção subjetiva de esforço (PSE) mensurado pela escala CR-100; satisfação da terapia por meio da Escala LIKERT. O fluxograma (figura 1) detalha todos os processos que foram adotados na execução do presente estudo.



**Figura 1.** Fluxograma estudo 2

### 3.7.1 *Workout of the Day (WOD):*

Os atletas foram submetidos a um *WOD* cuja o objetivo era finalizar no menor tempo possível uma sequência de três exercícios (Calorias na *Assault AirBike®*, *Hang Squat Clean* e *Box Jump Over*), em um modelo de série já bem conhecido dos atletas de 21-15-9, sem descanso.

Na primeira série os atletas deveriam completar vinte e uma (21) repetições, na segunda o número de repetições baixa para quinze (15) e na última para nove (9) repetições.

*Calorias na Assault AirBike®* - será utilizado o modelo mais popular e também o mesmo utilizado durante o *Crossfit® Games*, para contabilizar as repetições os participantes deveriam pedalar a bicicleta até alcançarem o número de repetições exigido em calorias.



**Figura 2.** Demonstração do exercício *Assault AirBike*  
Fonte: arquivo pessoal

*Hang Squat Clean* – o exercício teve início com o atleta de pé com o corpo todo estendido segurando uma barra junto ao corpo, com 40kg de peso total, o atleta deveria lançar a barra até os ombros enquanto efetua um agachamento completo, fazendo com que o quadril quebre a linha paralela da patela com relação a crista ilíaca na fase profunda do movimento, e finalizava o movimento estendendo novamente o corpo.



**Figura 3.** Demonstração do exercício *Hang Squat Clean*  
Fonte: arquivo pessoal

*Box Jump Over* – nesse exercício o atleta saltava para cima de uma caixa de uma altura de 60,69 centímetros, tocando no alto da caixa com os dois pés e saltando para o solo do lado oposto para contabilizar cada repetição.

Durante todo o *WOD*, um avaliador contabilizava o número de repetições bem como fiscalizava a validade das mesmas. A duração do *WOD* pode variar de acordo com o desempenho do atleta (tempo estimado para a realização é em média 15 minutos).



**Figura 4.** Demonstração do exercício *Box Jump Over*  
Fonte: arquivo pessoal

### 3.7.2. Avaliações

#### 3.7.2.1 Avaliação Funcional

##### - *Countermovement Jump Test (CMJ)*

Como indicador de capacidade funcional dos membros inferiores foi utilizado o *Countermovement Jump Test (CMJ)* ou teste saltos com contramovimento<sup>72</sup>. Anteriormente a realização do teste o avaliador explicou e demonstrou a execução, em seguida o atleta realizava três CMJs submáximos para se familiarizar com o movimento.

Para a realização do teste o atleta iniciava em pé com as mãos nos quadris e os pés alinhados respeitando a mesma distância dos ombros, depois agachava até uma posição de aproximadamente 90° de flexão do joelho e realizava um salto vertical o mais alto possível. Um *smartphone* foi posicionado a 1,5 metros de distância do atleta para registrar as execuções de três CMJs máximos<sup>72</sup>. O atleta era instruído a utilizar os movimentos de flexão de quadril, joelho e tornozelo para amortecer a aterrissagem. A análise da altura do salto foi feita por meio do aplicativo móvel *MY JUMP 2*. A maior altura obtida entre os três saltos foi considerada para análise<sup>73</sup>.



**Figura 5.** Demonstração da Avaliação Funcional

Fonte: arquivo pessoal

### 3.7.2.2 Avaliação Qualitativa De Percepção Subjetiva do Esforço Percebida Borg – RPE

Como um indicador de carga interna, utilizamos a escala de percepção de esforço CR-100<sup>74,75</sup> (Anexo IV). Essa escala é simples, não-invasiva, sem custos e validada para mensuração da intensidade do exercício<sup>75,37</sup>. Além disso é considerada mais precisa do que a escala CR-10<sup>49</sup>. A fim de diferenciar a carga interna reportada periférica (músculos) e central (respiração), os atletas foram questionados a atribuir uma nota de 0 a 100 para o cansaço/fadiga nas pernas (RPE-MI) e cansaço cardiorrespiratório (RPE-R). Para isso, duas escalas idênticas eram mostradas ao atleta para que ele quantificasse o seu estado naquele momento específico. Todos os detalhes quanto ao preenchimento e a interpretação da escala foram fornecidos antes do início de qualquer procedimento e os pesquisadores se certificaram da compreensão de cada participante. O preenchimento era realizado individualmente antes de cada etapa, e também imediatamente após a realização dos *WODs*, repetindo-se em todos os momentos das avaliações (1h, 24h e 48h), o tempo estimado para realização desse procedimento é 1 minuto.

### 3.7.2.3 Coletas Sanguíneas

Foram coletadas amostras sanguíneas (5ml, através de punção da veia ante cubital) previamente e 1 hora, 24 e 48 horas após a realização dos *WODs*, uma vez que, o dano muscular pós-exercício e o processo inflamatório causado por esse dano apresentam um pico em seu curso temporal de 48 horas após a atividade.<sup>76,64,63,60,61</sup>

As amostras foram coletadas por uma enfermeira que não teve conhecimento sobre a alocação do atleta em determinada terapia. A partir de 20 minutos até uma hora após a obtenção de cada amostra, as mesmas eram centrifugadas a 3000 rpm durante 20 minutos. O soro foi

armazenado em tubos (*Eppendorf*<sup>®</sup>) e mantido a -80° C para posteriores análises. O tempo estimado para cada coleta sanguínea é em média 8 minutos.

A partir das amostras sanguíneas coletadas, foi analisada LDH como marcador sanguíneo como marcador indireto de dano muscular (por espectrofotometria e com uso de kits de reagentes específicos fabricados pela *Labtest*<sup>®</sup> - Brasil).

### **3.7.2.3 Avaliação de satisfação da terapia**

A escala de Satisfação LIKERT, avaliou o contentamento do atleta com o resultado de cada tratamento, TFBM-CMe, TOC, CPI ou passivo (Anexo V). O atleta foi solicitado a indicar o quanto ficou satisfeito com o último tratamento administrado em relação a sua recuperação de fadiga muscular pós exercício. A entrega da escala foi realizada por um pesquisador que não tinha conhecimento das avaliações ou exercício. A escala foi realizada uma vez a cada semana somente no tempo 48 horas após *WOD*. Cada posição é uma questão de pesquisa e a escala usa as seguintes respostas:

- Muito satisfeito = 5
- Um pouco satisfeito = 4
- Nem satisfeito nem insatisfeito = 3
- Não muito satisfeito = 2
- Não está satisfeito = 1

### **3.7.3 Intervenções**

Todas as intervenções foram aplicadas nos membros inferiores, tendo em vista que o *WOD* escolhido teve como principal foco a fadiga dos membros inferiores<sup>77</sup>.

#### **3.7.3.1 Terapia de Fotobiomodulação com Campo Magnético estático (TFBM-CMe)**

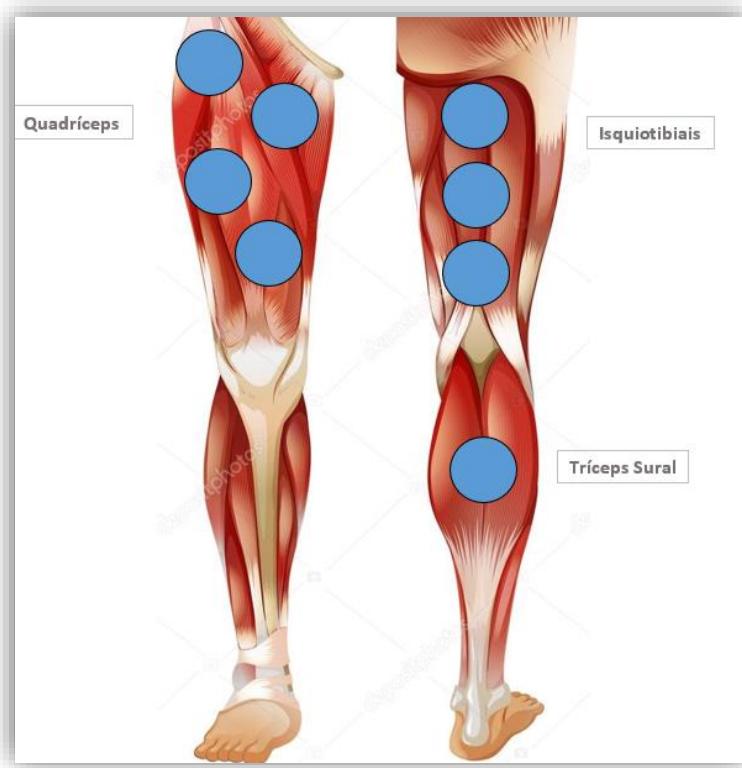
A TFBM-CMe foi aplicada 5 minutos após o *WOD* com duração aproximada de 32 minutos. O tempo de irradiação foi 115 segundos, por ponto de flexores de joelho/extensores de quadril e para flexores plantares e 129 segundos por ponto de extensores de joelho/flexores de quadril. O tempo total para a TFBM-CMe durou cerca de 16 minutos por membro inferior.

Para a aplicação da TFBM-CMe, utilizou um cluster com 20 diodos, sendo 4 de 905 nm (1,25 de potência média, 50 W de potência de pico para cada diodo), 8 de 850 nm (40 mW de

potência média para cada diodo) e 8 de 633 nm (25 mW de potência média para cada diodo), fabricado pela *Multi Radiance Medical®* (Solon, OH, EUA). Tendo em vista a extensa área de irradiação empregada no presente estudo, o uso de *clusters* torna-se necessário. Os parâmetros da fototerapia estão descritos detalhadamente na Tabela 1.

A dose utilizada para as aplicações da TFBM-CMe foi de aproximadamente 270 J para extensores de joelho/flexores de quadril, 180 J para flexores de joelho/extensores de quadril, e 60 J para flexores plantares. As doses foram estipuladas com base na janela terapêutica evidenciada pela atual revisão sistemática de Vanin et al. (2018)<sup>60</sup>, e o *guideline* de Leal-Junior et al. (2019)<sup>61</sup>, que demonstram resultados significantes na recuperação muscular, diminuição da dor muscular tardia e modulação do nível do marcador bioquímico relacionado ao dano muscular. Além disso, as doses utilizadas por grupamento muscular foram previamente otimizadas para a tecnologia que será utilizada com base em diversas pesquisas realizadas por nosso grupo em ambiente laboratorial por Antonielli et al. (2014)<sup>62</sup>, De Paiva et al. (2016)<sup>63</sup> e Miranda et al. (2018)<sup>66</sup>, em teste de campo Pinto et al. (2016)<sup>37</sup> e em situações esportivas reais, como no estudo de De Marchi et al. (2019).<sup>45</sup>

A aplicação da TFBM-CMe foi realizada com o *cluster* em contato direto com a pele e leve pressão em: 4 locais distintos nos músculos extensores de joelho/flexores de quadril, 3 locais nos músculos flexores de joelho/extensores de quadril e 1 local nos músculos flexores plantares, conforme ilustrado na figura 2. A TFBM-CMe foi aplicada nos dois membros inferiores, de acordo com a alocação dos voluntários nas intervenções experimentais.



**Figura 6.** Locais de irradiação

**Tabela 1** – Parâmetros TFBM-CMe

	Extensores Joelho	Flexores Joelho	Flexores Plantar
Números de Lasers	4	4	4
Comprimento de onda (nm)	905	905	905
Frequência (Hz)	250	250	250
Pico de energia (W) - cada	50	50	50
Potência media de saída (mW) - cada	1,25	1,25	1,25
Densidade de potência (mW/cm <sup>2</sup> ) - cada	3,91	3,91	3,91
Densidade de energia (J/ cm <sup>2</sup> ) - cada	0,50	0,44	0,44
Dose (J) - cada	0,16	0,14	0,14
Diâmetro do feixe de luz (cm <sup>2</sup> ) - cada	0,32	0,32	0,32
 Números de LEDs vermelho	 8	 8	 8
Comprimento de onda (nm)	633	633	633
Frequência (Hz)	2	2	2
Potência media de saída (mW) - cada	25	25	25
Densidade de potência (mW/cm <sup>2</sup> ) - cada	29,41	29,41	29,41
Densidade de energia (J/ cm <sup>2</sup> ) - cada	3,79	3,39	3,39
Dose (J) - cada	3,22	2,88	2,88
Diâmetro do feixe de luz (cm <sup>2</sup> ) - cada	0,85	0,85	0,85
 Números de LEDs infravermelho	 8	 8	 8
Comprimento de onda (nm)	850	850	850
Frequência (Hz)	250	250	250
Potência media de saída (mW) - cada	40	40	40
Densidade de potência (mW/cm <sup>2</sup> ) - cada	71,23	71,23	71,23
Densidade de energia (J/ cm <sup>2</sup> ) - cada	9,21	8,21	8,21
Dose (J) - cada	5,16	4,60	4,60
Diâmetro do feixe de luz (cm <sup>2</sup> ) - cada	0,56	0,56	0,56
 Campo Magnético (mT)	 110	 110	 110
 Tempo de irradiação por ponto (seg)	 129	 115	 115
Dose total por ponto (J)	67,68	60,76	60,76
Dose total de aplicação por grupo muscular (J)	270,72	182,28	60,76
Abertura do dispositivo (cm <sup>2</sup> )	33	33	33
Modo de aplicação	Equipamento mantido parado perpendicularmente em contato com a pele e leve pressão.	Equipamento mantido parado perpendicularmente em contato com a pele e leve pressão.	Equipamento mantido parado perpendicularmente em contato com a pele e leve pressão.



**Figura 7.** Exemplo da aplicação da TFBM-CMe  
Fonte: Arquivo pessoal

### 3.7.3.2 Terapia de Compressão Pneumática Intermitente

A compressão pneumática intermitente foi aplicada 05 minutos após a realização do WOD e teve duração de 30 minutos<sup>46</sup>. Foi realizada com os atletas posicionados em decúbito dorsal utilizando as botas pneumáticas em ambos os membros inferiores, a partir de um protocolo recomendado pelo fabricante e comparável ao de estudos anteriores.<sup>78,46,41,47</sup>

A bomba forneceu compressão sequencial de 80 - 90 mmHg em cada 4 câmaras infláveis circunferenciais (dispostas linearmente ao longo do membro), englobando a perna dos pés até o quadril / virilha (modelo 701RA; *Recovery Pump LLC*, Concordville, PA). Cada câmara era sequencialmente insuflada por aproximadamente 8 a 12 segundos, iniciando-se mais distalmente, depois parcialmente desinsuflada por 15 segundos, após o processo de insuflação de 30 a 40 segundos ter sido completado.<sup>78,51,46</sup>



**Figura 8.** Exemplo de aplicação da CPI  
Fonte: Arquivo Pessoal

### 3.7.3.3 Terapia de ondas de choque

A TOC foi aplicada 05 min após a realização do *WOD* e teve em média 30 minutos de duração. Durante o tratamento os atletas foram posicionados em decúbito dorsal e posteriormente em decúbito ventral para propiciar o acesso a musculatura a ser tratada (músculos extensores de joelho/flexores de quadril, flexores de joelho/extensores de quadril e músculos flexores plantares) e melhor aplicação da terapia, feita por varredura. De acordo com as instruções do fabricante, foram realizados em torno de 2000 pulsos aplicados por região na frequência de 05 - 20 Hz<sup>84</sup>. De acordo com a prática clínica, e dependendo da conformidade dos atletas, a energia concentrada da onda de choque por unidade de área (densidade de fluxo de energia) variou de 0,06 a 0,09 mJ/mm<sup>2</sup>.<sup>43, 79, 80</sup> Tomando por base a principal musculatura exercitada no *WOD*, a aplicação foi realizada em pontos ao longo dos músculos quadríceps, isquiotibiais e tríceps sural de ambos os membros inferiores. Com uma energia total entre 10,3 e 15,4mJ por ponto de acordo com parâmetros indicados para recuperação muscular pós exercício<sup>43</sup>.



**Figura 9.** Exemplo da Aplicação de TOC  
Fonte: Arquivo pessoal

### 3.7.3.4 Recuperação Passiva

A recuperação passiva, empregada para o grupo controle, foi realizada em repouso com o atleta em decúbito dorsal sobre a maca por 30 minutos, para que houvesse equivalência entre o tempo de duração das terapias utilizadas neste estudo. Como proposto por diferentes estudos nos quais a recuperação passiva foi utilizada com a mesma finalidade do presente projeto.<sup>81,42</sup>



**Figura 10.** Exemplo do descanso passivo em Decúbito Dorsal  
Fonte: Arquivo Pessoal

### **3.8 Análise Estatística**

*A priori* foi seguida a análise por intenção de tratar. Os dados foram analisados tanto em seus valores absolutos quanto com relação a sua variação em percentual a partir dos valores obtidos nas avaliações pré-exercício (basais). Tendo em vista a importância de nivelar os dados, nós comparamos a avaliação basal com as avaliações pós *WOD* de cada semana. A análise estatística foi realizada seguindo princípios de intenção de tratar. O pesquisador que realizou as avaliações desconhecia a alocação dos voluntários nas intervenções experimentais. Primeiro foram testados os dados para distribuição de normalidade usando o teste de Shapiro-Wilk. Como os dados mostraram uma distribuição normal para os desfechos primário e secundário, realizamos uma ANOVA de medidas repetidas seguida do teste post hoc de Bonferroni para testar entre as intervenções e as diferenças em cada momento. Os dados foram analisados em termos de seus valores absolutos e porcentagem de mudança com base nos valores estabelecidos a partir dos testes de linha de base. O nível de significância foi estabelecido em  $p<0,05$ . Após testes de normalidade, os dados foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão (DP) nas tabelas. Para os dados gráficos, foram utilizados a média e o erro padrão da média (EPM).

## **4. RESULTADOS**

Doze atletas de *Crossfit®* com idade média de 29,67 anos ( $\pm 3,23$ ), peso médio 86,82kg ( $\pm 10,99$ ), altura média 177,08 cm ( $\pm 7,15$ ), índice de massa corpórea (IMC) de 27,79 Kg/m<sup>2</sup> ( $\pm 2,33$ ) e tempo de prática no esporte de 37 meses ( $\pm 20,51$ ) foram randomizados. Todos os atletas participantes concluíram as etapas propostas pelo presente estudo.

Não houve diferença estatisticamente significante quanto a análise de viés de aprendizado ou de melhora de condicionamento físico ao longo das semanas quanto à duração dos *WODs*, independentemente da intervenção ou semana. Pois, não foram apresentadas diferenças estatisticamente significante ( $p>0,05$ ) nos desfechos quanto à duração dos *WODs*. Sendo que a duração do *WOD* para a semana os atletas receberam a TFBM-CMe foi de 519,00 ( $\pm 72,05$ ) segundos; TOC 547,17 ( $\pm 128,26$ ) segundos; CPI 509,42 ( $\pm 82,36$ ) e recuperação passiva 512,25 ( $\pm 90,64$ ). Já em relação a semana de realização do protocolo, na primeira semana foi de 557,33 ( $\pm 116,86$ ) segundos, a segunda semana de 526,83 ( $\pm 91,19$ ) segundos,

terceira semana de 503,50 ( $\pm 66,48$ ) segundos e quarta semana de 500,17 ( $\pm 94,58$ ) segundos, conforme demonstra tabela 2.

**Tabela 2** - Dados demográficos

Dados antropométricos:	Média	DP ( $\pm$ )
Idade (anos)	29,67	3,23
Peso (Kg)	86,82	10,99
Altura (cm)	177,08	7,15
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	27,79	2,33
Tempo de prática no esporte (meses)	37,00	20,51
<b>Tempo WOD - Intervenções (s):</b>		
TFBM-CMe	519,00	72,05
TOC	547,17	128,26
CPI	509,42	82,36
Recuperação passiva	512,25	90,64
<b>Tempo WOD – Semanas (s):</b>		
Semana 1	557,33	116,86
Semana 2	526,83	91,19
Semana 3	503,50	66,48
Semana 4	500,17	94,58

Todas as intervenções apresentaram valores basais semelhantes ( $p>0,05$ ) para as diferentes variáveis analisadas neste estudo. A tabela apresenta os dados obtidos em valores absolutos. Houve diferença estatisticamente significante ( $p<0,05$ ) do valor absoluto na variável LIKERT, referente a satisfação do atleta quanto ao tratamento realizado, TOC e recuperação passiva, e entre CPI e recuperação passiva, como demonstrado na tabela 3.

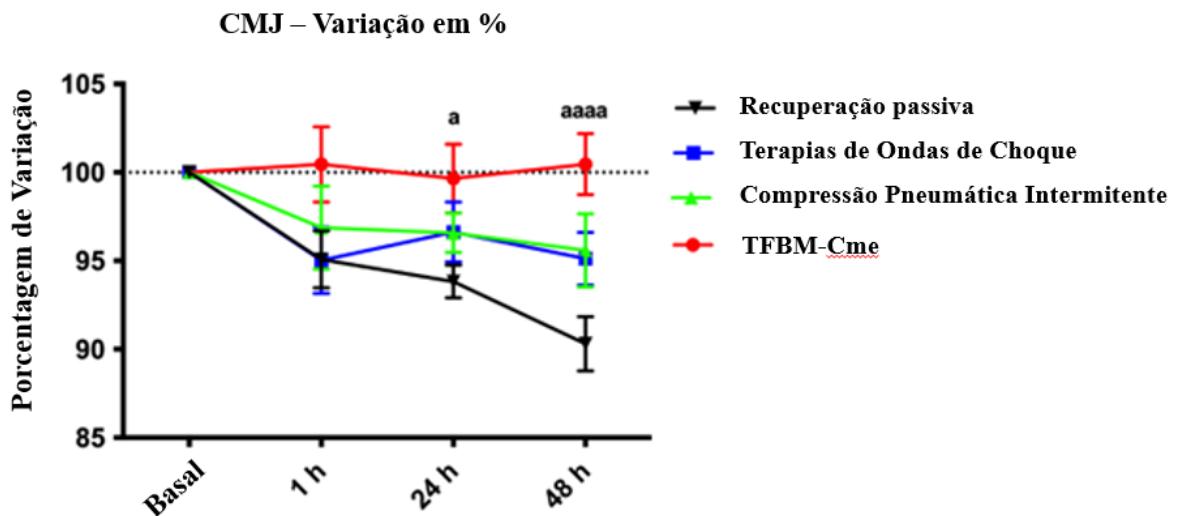
**Tabela 3** - Resultados das variáveis em valores absolutos

Avaliação		TFBM-CMe		TOC		CPI		Rec. Passiva	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
CMJ	Basal	41,6	2,83	42,61	3,07	42,32	4,47	43,1	5,07
	1 hora	41,71	3,13	40,36	2,04	40,76	3,1	40,8	3,59
	24 horas	41,46	3,99	41,11	3,07	40,81	3,87	40,4	4,6
	48 h	41,79	3,68	40,5	3,28	40,24	2,83	38,86	4,69
LDH	Basal	197,79	33,83	179,43	55,36	167,45	43,43	180,34	32,71
	1 hora	223,31	45,39	237,02	48,41	243,58	35,68	241,87	48,58
	24 horas	250,81	37,1	300,78	49,04	303,15	50,73	306,07	58,29
	48 horas	412,89	68,1	456,49	72,38	454,3	60,69	469,15	89,78
PE		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
MUSCULAR	Basal	20,33	16,23	14,5	19,64	13,17	13,1	6,71	7,89
	Pós WOD	85,17	13,83	82,92	16,16	81,67	19,11	72,92	24,42
	Pós-tratamento	34,83	12,21	32,67	21,82	29,58	18,88	32,5	20,06
	1 hora	29,33	16,7	27,58	25,84	27,5	18,21	29,67	22,46
	24 horas	20,67	15,6	14,58	15,28	19,13	15,06	21,83	21,66
	48 horas	14,58	12,67	12,83	10,83	11,13	14,24	15,17	18,08
PE	Basal	3,33	6,85	0,29	0,69	0,5	1,45	4,75	9,53
RESPIRATÓRIO	Pós WOD	78,58	25,96	78,33	23	84,42	15,27	78,42	23,06
	Pós-tratamento	5,25	7,5	3,08	4,81	10,42	16,44	5,42	8,91
	1 hora	1,83	4,41	1,67	3,26	9	16,9	4,67	8,23
	24 horas	0,42	1,44	1	3,46	0,83	2,89	1,38	3,01
	48 horas	0	0	0,83	2,89	0,5	1,73	0,25	0,87
LIKERT		3,75	0,87	4,33 <sup>b</sup>	0,78	4,42 <sup>c</sup>	1	3	1,48

**Tabela 3:** <sup>b</sup> Diferença estatisticamente significante comparada a intervenção Recuperação Passiva ( $p<0,05$ ).

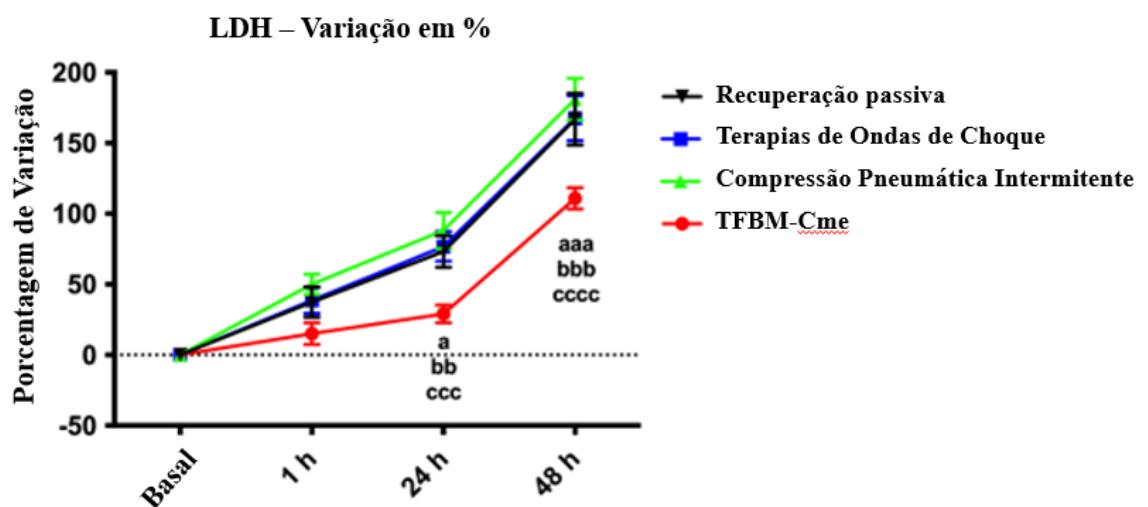
<sup>c</sup> Diferença estatisticamente significante comparada a intervenção Recuperação Passiva ( $p<0,05$ ).

Os valores obtidos através da avaliação funcional, CMJ, se apresentaram favoráveis a TFBM-CMe em relação aos demais tratamentos. Observou-se que a altura do salto apresentou diferença estatisticamente significante ( $p<0,05$ ) em 24 e 48 horas após o *WOD*, quando comparada a Recuperação Passiva ( $p=0,0431$  e  $p<0,0001$  respectivamente), como demonstrado na figura 11.



**Figura 11.** Gráfico ilustrando a variação percentual da altura de CMJ. Os valores estão representados pela média e erro padrão da média. <sup>a</sup> diferença estatisticamente significante 24h após WOD entre TFBM-CMe comparada a intervenção Recuperação Passiva ( $p=0,0431$ ). <sup>aaaa</sup> diferença estatisticamente significante 48h comparada a Recuperação Passiva ( $p<0,0001$ ).

De acordo com os dados obtidos em relação a variável LDH, os atletas apresentaram menor elevação da atividade enzimática na semana que receberam TFBM-CMe. Essa diferença foi estatisticamente significante 24 horas pós WOD quando comparada a Recuperação Passiva ( $p=0,0131$ ), TOC ( $p=0,0057$ ) e CPI ( $0,0003$ ). E em relação a Recuperação Passiva ( $p=0,0007$ ), TOC ( $p=0,0006$ ) e CPI ( $p<0,0001$ ) em 48 horas pós WOD (figura 12).



**Figura 12.** Gráfico ilustrando a variação percentual da atividade de LDH. Os valores estão representados pela média e erro padrão da média. Em 24h <sup>a</sup> diferença estatisticamente significante comparada a intervenção Recuperação Passiva ( $p=0,0131$ ). <sup>bb</sup> diferença estatisticamente significante comparada a intervenção TOC ( $p=0,0057$ ). <sup>ccc</sup> diferença estatisticamente significante comparada a intervenção CPI

( $p<0,001$ ). <sup>ccc</sup> diferença estatisticamente significante comparada a intervenção CPI ( $p=0,0003$ ). Em 48h <sup>aaa</sup> diferença estatisticamente significante comparada a intervenção Recuperação Passiva ( $p=0,0007$ ). <sup>bbb</sup> diferença estatisticamente significante comparada a intervenção TOC ( $p=0,0006$ ). <sup>ccc</sup> diferença estatisticamente significante comparada a intervenção CPI ( $p<0,0001$ ).

## 5. DISCUSSÃO

Este é um dos primeiros estudos randomizado, cruzado e cego para comparar os efeitos de três diferentes recursos terapêuticos entre os mais utilizados na prática clínica com objetivo de melhora da fadiga e desempenho muscular em atletas de *Crossfit®*, após um treinamento extenuante (*WOD*). As terapias avaliadas foram a TFBM-CMe, CPI e TOC, mais a recuperação passiva. O estudo contou com a realização de análises do desempenho funcional (CMJ), dano muscular e percepção subjetiva de esforço.

A capacidade de recuperação muscular rápida e sobretudo, eficiente é de grande importância para um melhor desempenho do atleta *Crossfit®*<sup>82</sup>. Visto que neste esporte é essencial que o atleta esteja restabelecido entre uma sessão de exercício e outra, pois em competições e treinos, a demanda exige que a recuperação do atleta ocorra em um curto espaço de tempo<sup>77</sup>. Assim, de acordo com Maté-Muñoz et al. (2017)<sup>17</sup>; Grandou et al. (2020)<sup>83</sup> e Feito et al. (2019)<sup>82</sup>, o atleta poderá ser capaz de lidar com uma considerável fadiga, a fim de ter um melhor rendimento esportivo. Buscando a otimização da recuperação muscular, nosso estudo verificou resultados positivos para a TFBM-CMe, quando comparada com as demais terapias utilizadas. A melhora no desempenho dos atletas, no nosso desfecho primário, foi observada por meio da variável funcional CMJ, teste de verificação que mede a altura do salto realizado. Essa melhora foi observada em 24 e 48 horas após o exercício extenuante que induziu a fadiga (*WOD*). Em relação ao estresse oxidativo, LDH, a TFBM-CMe também apresentou resultados positivos na comparação com as demais terapias tanto 24 como em 48 horas após a prática do WOD.

Para a realização do presente estudo a escolha dos atletas obedeceu a uma série de requisitos pré-estabelecidos (fatores de inclusão e exclusão), com a finalidade de homogeneizar a amostra, e a possibilidade de viés de aprendizagem também foi excluída. A escolha do A aplicativo *MY JUMP 2* para análise funcional se deu, pois, estudos mostram que o mesmo se iguala a plataforma de força e medições da plataforma de contato em vários saltos diferentes<sup>85,86</sup>. Além da monitoração da fadiga, o teste de salto vertical (CMJ) tem sido utilizado com diversos objetivos, como para avaliar potência dos membros inferiores e identificar

talentos<sup>87</sup>. O estudo de De Marchi et al. (2017)<sup>88</sup>, encontrou resultado semelhante, tendo em vista que o efeito da TFBM-CMe foi melhor para a manutenção do desempenho CMJ em comparação com outros tratamentos realizados. Já Dornelles et al. (2019)<sup>73</sup>, apresentaram resultados positivos para a aplicação prévia da TFBM-CMe, que promoveu recuperação em torno de 53% melhor com efeitos benéficos observados pela avaliação do CMJ em comparação com placebo. Assim, a TFBM-CMe vem se destacando com resultados superiores nos testes funcionais em relação a CPI e a TOC, não só no presente estudo, mas estudos prévios também não observaram resultados positivos para essas modalidades terapêuticas em variáveis funcionais avaliadas.<sup>48,89,80</sup>

É sabido que o dano muscular causado pelo exercício gera inflamação, desencadeando liberação de determinadas enzimas na corrente sanguínea, como o LDH, de acordo Baroni et al. (2010)<sup>65</sup> e Zinoubi et al. (2018)<sup>90</sup> também podendo ser considerado um indicativo de fadiga. Nossos resultados demonstram o aumento deste marcador em todas as semanas de testes, comprovando a eficácia do exercício utilizado para induzir a fadiga. Entretanto, quando tratados com TFBM-CMe os atletas apresentaram menor elevação de LDH após o exercício. Essa diferença de elevação pode ser observada tanto em 24, como em 48 horas após *WOD* em relação as demais terapias. De modo que podemos sugerir que a TFBM-CMe possivelmente está relacionada com o aumento da microcirculação local, evento já observado por Huang et al. (2011)<sup>91</sup>, assim, auxiliando na remoção dos metabólitos sanguíneos de uma maneira mais eficaz, favorecendo a uma redução da fadiga da musculatura tratada<sup>91</sup>. Nossos resultados vão ao encontro com os dados de Pinto et al. (2022)<sup>77</sup>, que encontram diminuição dos marcadores sanguíneos para dano muscular com uso da TFBM-CMe também em 24 e 48 horas após exercício extenuante *WOD*. A fim de avaliar os efeitos da terapia CPI no dano muscular após exercício extenuante, Wiecha et al. (2021)<sup>92</sup> também não verificaram redução da atividade enzimática nos marcadores sanguíneos. Assim como a recuperação passiva, em estudo conduzido por Gill et al. (2006)<sup>81</sup>, não apresentou efeito em relação a diminuição de marcadores sanguíneos para lesão muscular após exercício fatigante.

A TFBM-CMe ocorre através da aplicação de luz e sua interação com os tecidos biológicos pode influenciar a atividade celular, capacitando a estimulação ou inibição de funções químicas e fisiológicas. Acelerando a remoção de lactato sanguíneo após o exercício, diminuindo o tempo de recuperação muscular e melhorando a performance.<sup>93,94,95,96</sup> Relacionado a melhora da performance esportiva, o mecanismo de ação proposto para o uso de TFBM-CMe em esportes e exercícios é o aumento do citocromo c-oxidase nas fibras

musculares esqueléticas que leva à regulação positiva da atividade mitocondrial<sup>88, 97</sup>. Logo, os principais apontamentos para tais efeitos são pelo aumento da atividade mitocondrial e síntese de ATP, seguida de aceleração da resolução da inflamação<sup>98</sup>. Em relação a CPI, estudos realizados previamente demonstraram que seu uso pode promover melhoras subjetivas ou nenhuma melhora, embora tenham sido observadas diferenças entre a CPI e a recuperação passiva, que pode estar relacionada a sensação prazerosa ocasionada durante seu uso<sup>48,99,100</sup>.

De acordo com avaliação de subjetiva de esforço não foram observadas diferenças estatísticas significativas em relação as terapias. Entretanto, observamos que quando os diferentes momentos de avaliação foram comparados ao basal, a PSE se mostrou estatisticamente elevada imediatamente após a realização do *WOD*, tanto na carga interna (muscular) quanto externa (respiratória). Indicando deste modo que o *WOD* selecionado a partir do estudo de Pinto et al. (2022)<sup>77</sup> realizado com atletas de *Crossfit®* se mostrou, mais uma vez, eficaz causando a fadiga esperada. Na resposta da PSE no parâmetro respiratório, os atletas relataram fadiga respiratória (sensação de falta de ar) e a PSE muscular, superior a observada no momento anterior ao *WOD*. Assim, podemos considerar os resultados apresentados em relação aos efeitos das terapias na recuperação do desempenho físico de atletas confiáveis.

Nosso estudo contou com a avaliação da satisfação do atleta com os recursos terapêuticos utilizados a cada semana, por meio da escala de LIKERT. Os resultados apontaram que os atletas tiveram maior satisfação quando receberam a CPI e TOC em relação ao TFBM-CMe. Relacionado a CPI, essa afirmação é controversa, uma vez que a CPI não apresentou melhor recuperação em relação as demais terapias. Logo, a satisfação dos atletas com a CPI pode estar relacionada com a sensação promovida durante sua aplicação que se assemelha aos de massagem do tipo drenagem linfática manual<sup>101,102</sup>. Proporcionando uma impressão prazerosa e efeito sensitivo (toque de pressão intensa e rítmica durante a aplicação), que pode gerar resultados positivos em desfechos subjetivos, como sensação de dor muscular após exercícios extenuantes<sup>41,46</sup>. Em relação a preferência por TOC e Recuperação Passiva, não se deve presumir que a escolha do paciente seja predominantemente determinada pela eficácia percebida durante os tratamentos, uma vez que, a preferência não estava associada às classificações de eficácia percebidas mais elevadas. Além disso, autores relatam que a interpretação de cada experiência sensorial pelos pacientes é consistente com as expectativas pré-tratamento.<sup>103</sup>

A partir dos parâmetros apresentados, e corroborando com outros estudos, nossos resultados mostram que a TFBM-CMe se destacou como melhor recurso terapêutico, dentre os utilizados neste estudo, tanto na avaliação funcional (CMJ) e na avaliação do dano muscular (LDH). De modo que, a TFBM-CMe se mostrou eficaz na redução da produção do marcador de dano muscular, consequentemente melhorando a performance no teste funcional, dados que vão de encontro com os resultados apresentados por Leal-Junior et al. (2018).<sup>104</sup> A eficácia da TFBM-CMe na promoção de uma melhor recuperação é clara e tais efeitos refletem diretamente na prevenção de lesões, visto que, autores sugerem que o melhor desempenho dos atletas, está diretamente relacionado a diminuição do risco de lesões.<sup>62,105,37</sup> Considerando a demanda exigida pela prática do *Crossfit®*, na qual praticamente todos os exercícios são realizados em alta intensidade, uma boa tática de recuperação é essencial, objetivando deixar o atleta pronto para as próximas provas (*WODs*) em dias de treino e principalmente em competições.

As pesquisas que investigaram lesões na prática dessa atividade correlacionaram o risco de lesões com a fadiga gerada pela alta intensidade,<sup>17,106,107</sup> sendo de grande valia investigar recursos terapêuticos que possibilitem a redução no tempo de recuperação<sup>37,104,62</sup> como observado com a utilização da TFBM-CMe no presente estudo. Aumentar a longevidade esportiva, conseguindo melhorar o desempenho é muito importante para a rotina do atleta, uma vez que, quadros de lesões ou má recuperação podem vir a causar pausa nos treinos e até perda de conquistas adquiridas previamente.<sup>108,109</sup>

A partir dos dados apresentados, nossos resultados apontam para a TFBM-CMe como melhor recurso, tanto referente ao desempenho funcional (CMJ), quanto para o dano muscular (LDH). Nesse cenário, podemos inferir que atletas profissionais ao utilizarem a TFBM-CMe poderão ter o benefício de uma recuperação melhor, com redução da fadiga, diminuindo o risco de lesões ao longo da preparação, podendo assim alcançar mais sucesso em competições. No entanto, nossos achados se mostram importantes não só em âmbito profissional, como também para o público praticante de *Crossfit®* de um modo geral, uma vez que a recuperação otimizada, tornará a prática esportiva mais eficiente e segura.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os aspectos investigados em nosso estudo apresentam que entre os recursos terapêuticos avaliados a TFBM-CMe mostrou maior eficácia na recuperação dos sinais de fadiga muscular após exercício extenuante em atletas de *Crossfit®* quando comparada a TOC, CPI e recuperação passiva. Demonstrando desempenho superior no teste funcional, além de também ter sido capaz

de melhorar marcador sanguíneo indicativo de dano muscular e assim reduzir o tempo de recuperação. Destacando-se como uma alternativa de recurso terapêutico para ser usado em competições ou treinos de atletas que buscam melhor desempenho.

## 7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Meyer J, Morrison J, Zuniga J. The Benefits and Risks of CrossFit: A Systematic Review. *Workplace Health Saf.* 2017 Dec;65(12):612-618.
2. Butcher SJ, Neyedly TJ, Horvey KJ, Benko CR. Do physiological measures predict selected CrossFit® benchmark performance? *Open Access J Sports Med.* 2015 Jul 31;6:241-7.
3. Drum SN, Bellovary BN, Jensen RL, Moore MT, Donath L. Perceived demands and postexercise physical dysfunction in CrossFit® compared to an ACSM based training session. *J Sports Med Phys Fitness.* 2017 May;57(5):604-609.
4. Tibana RA, de Almeida LM, Fraude de Sousa NM, Nascimento DdC, Neto IVdS, de Almeida A, de Souza VC, Lopes MdFTPL, Nobrega OdT, Vieira DCL, Navalta JW and Prestes J (2016) Two Consecutive Days of Extreme Conditioning Program Training Affects Pro and Anti-inflammatory Cytokines and Osteoprotegerin without Impairments in Muscle Power. *Front. Physiol.* 7:260.
5. Hak PT, Hodzovic E, Hickey B. The nature and prevalence of injury during Crossfit® training. *J. Strength Cond Res.* 2013; <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000318>.
6. <https://games.Crossfit.com/history-of-the-games> -acesso em 09/12/2021.
7. Dawson, M. C. (2015). Crossfit: Fitness cult or reinventive institution? *International Review for the Sociology of Sport,* 52(3), 361–379.
8. Claudino JG, Gabbett TJ, Bourgeois F, Souza HS, Miranda RC, Mezêncio B, Soncin R, Cardoso Filho CA, Bottaro M, Hernandez AJ, Amadio AC, Serrão JC. (2018) Crossfit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med Open.* Feb 26;4(1):11.

9. Tabata, I.; Nischimura, K.; Kouzaki, M.; Hirai, Y.; Ogita, F.; Miyachi, M. and Yamamoto, K. (1996) Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO<sub>2</sub> max. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 28(10), 1327-1330.
10. Zhang H, Tong TK, Qiu W, Zhang X, Zhou S, Liu Y, He J Y. Comparable Effects of High-Intensity Interval Training and Prolonged Continuous Exercise Training on Abdominal Visceral Fat Reduction in Obese Young Women *Diabetes Res.* 2017; 2017: 5071740
11. Tabata I, Irisawa K, Kouzaki M, et al. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc*(1997);29:390–395.
12. Jagim AR, Rader O, Jones MT, Oliver JM. The physical demands of multi-modal training competitions and their relationship to measures of performance. *J Strength Cond Res.* 2015.
13. Kliszczewicz B., John QC, Daniel BL, Gretchen OD, Michael ER, Kyle TJ. Exercício agudo e estresse oxidativo: CrossFit™ vs. luta em esteira. *J. Hum. Kinet.* 2015; 47 : 81–90. doi: 10.1515/hukin-2015-0064.
14. Weisenthal BM, Beck CA, Maloney MD, DeHaven KE, Giordano BD.(2014) Injury Rate and Patterns Among Crossfit Athletes. *Orthop J Sports Med.* Apr 25;2(4):2325967114531177.
15. Sprey JWC, Ferreira T, de Lima MV, Duarte A, Jorge PB, Santili C. An epidemiological profile of Crossfit athletes in Brazil. *Orthop J Sport Med.* 2016;4:1–6.
16. Summitt RJ, Cotton RA, Kays AC, Slaven EJ. Shoulder injuries in individuals who participate in Crossfit training. *Sports Health.* 2016; 8:541–6.
17. Maté-Muñoz JL, Lougedo JH, Barba M, García-Fernández P, Garnacho-Castaño MV, Domínguez R (2017) Muscular fatigue in response to different modalities of Crossfit sessions. *PLoS One* 12(7): e0181855.

18. Andersson, H.; Raastad, T.; Nilsson, J.; Paulsen, G.; Garthe, I. and Kadi, F. “Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery,” *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 40, no. 2, pp. 372–380, 2008.
19. Ispirlidis, I.; Fatouros, I. G.; Jamurtas, A. Z. et al., “Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game,” *Clinical Journal of Sport Medicine*, vol. 18, no. 5, pp. 423–431, 2008.
20. Nédélec, M., McCall, A., Carling, C. et al. Recovery in Soccer. *Sports Med* 42, 997–1015 (2012). <https://doi.org/10.1007/BF03262308>
21. Reid, M. B.; Haack, K. E.; Franchek, K. M.; Valberg, P. A.; Kobzik, L., and West, M. S. “Reactive oxygen in skeletal muscle. I. Intracellular oxidant kinetics and fatigue in vitro,” *Journal of Applied Physiology*, vol. 73, no. 5, pp. 1797–1804, 1992.
22. Vollaard N. B.; Shearman J. P., and Cooper, C. E. “Exercise- induced oxidative stress: myths, realities and physiological relevance,” *Sports Medicine*, vol. 35, no. 12, pp. 1045–1062, 2005.
23. Reid, M. B. “Redox interventions to increase exercise performance,” *The Journal of Physiology*, vol. 594, no. 18, pp. 5125–5133, 2016.
24. Heavens, K. R., Szivak, T. K., Hooper, D. R., Dunn-Lewis, C., Comstock, B. A., Flanagan, S. D., et al. (2014). The effects of high intensity short rest resistance exercise on muscle damage markers in men and women. *J. Strength Cond. Res.* 28, 1041–1049.
25. Yamada M, Suzuki K, Kudo S, et. al. Raised plasma G-CSF and IL-6 after exercise may play a role in neutrophil mobilization into the circulation, *J Appl Physiol* 1985;92: 1789–1794, 2002; 10.1152/japplphysiol.00629.2001.

26. Bruunsgaard H, Galbo H, Halkjaer-Kristensen J, Johansen TL, MacLean DA, and Pedersen BK. Exercise-induced increase in serum interleukin-6 in humans is related to muscle damage. *J Physiol* 499: 833–841, 1997.
27. Barranco T, Tvarijonaviciute A, Tecles F, Carrillo JM, Sánchez-Resalt C, Jimenez-Reyes P, et al. Changes in creatine kinase, lactate dehydrogenase and aspartate aminotransferase in saliva samples after an intense exercise: A pilot study. *J Sports Med Phys Fitness*. 2018;85(6):910- 6. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.17.07214-0>
28. Isik O, Yildirim I, Ersoz Y, Koca HB, Dogan I, Ulutas E. Monitoring of pre-competition dehydration-induced skeletal muscle damage and inflammation levels among elite wrestlers. *J Back musculoskelet rehabil*. 2018;31(3):533-540. <https://doi.org/10.3233/bmr-170955>
29. Smith, J.E, et al. Effects of prolonged strenuous exercise (marathon running) on biochemical and haematological markers used in the investigation of patients in the emergency department. *British Journal of Sports Medicine*, v.38, n.3, p.292-294, 2004.
30. Santos, V.C. et al. Marathon race affects neutrophill surface molecules: Role of inflammatory mediators. *PLoS One*, v.2, n.11, n.12, p. 1-14, 2016.
31. Brancaccio, P; Maffulli, N; Limongelli F.M. Creatine kinase monitoring in sports medicine. *British Medical Bulletin*, v.81, n.82, p.209-230. 2007.
32. Brancaccio P, Maffulli N, Buonauro R, Limongelli FM. Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clin Sports Med*. 2008 Jan;27(1):1-18, vii. doi: 10.1016/j.csm.2007.09.005. PMID: 18206566.
33. Callegari GA, Novaes JS, Neto GR, Dias I, Garrido ND, Dani C. Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase Responses after Different Resistance and Aerobic Exercise Protocols. *J Hum Kinet*. 2017;58(1):65-72. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0071>

34. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 2004;287(3):R502-516.
35. De Ste Croix, M. et al. Does maturation influence neuromuscular performance and muscle damage after competitive match-play in youth male soccer players? I European Journal of Sport Science, v. 19, n. 8, p. 1130-1139, 2019.
36. Dupont, G.; Nedelec, M.; McCall, A.; McCormack, D.; Berthoin, S. and Wisløff, U. "Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate," The American Journal of Sports Medicine, vol. 38, no. 9, pp. 1752–1758, 2010.
37. Pinto HD, Vanin AA, Miranda EF, Tomazoni SS, Johnson DS, Albuquerque-Pontes GM, Aleixo IO Junior, Grandinetti VD, Casalechi HL, de Carvalho PT, Leal EC Junior. Photobiomodulation Therapy Improves Performance and Accelerates Recovery of High-Level Rugby Players in Field Test: A Randomized, Crossover, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Study. J Strength Cond Res. 2016 Dec; 30(12):3329-3338.
38. Kellmann, M. Prevenindo overtraining em atletas em esportes de alta intensidade e monitoramento de estresse / recuperação. Scand J Med Sci Sports. 2010; 20: 95–102.
39. Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WSC. High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. Sports (Basel). 2018 Aug 7;6(3):76.
40. Altarriba-Bartes A, Peña J, Vicens-Bordas J, Milà-Villaroel R, Calleja-González J (2020) Estratégias de recuperação pós-competição em jogadores de futebol de elite. Efeitos no desempenho: uma revisão sistemática e meta-análise. PLoS ONE 15 (10): e0240135. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240135>.
41. Hoffman MD, Badowski N, Chin J, Stuempfle KJ. A Randomized Controlled Trial of Massage and Pneumatic Compression for Ultramarathon Recovery. J Orthop Sports Phys Ther.

2016 May;46(5):320-6. doi: 10.2519/jospt.2016.6455. Epub 2016 Mar 23. PubMed PMID: 27011305.

42. Micheletti JK, Vanderlei FM, Machado AF, de Almeida AC, Nakamura FY, Netto Junior J, Pastre CM. (2019) A New Mathematical Approach to Explore the Post-exercise Recovery Process and Its Applicability in a Cold Water Immersion Protocol. *J Strength Cond Res*. May;33(5):1266-1275.

43. Fleckenstein J, Friton M, Himmelreich H, Banzer W. (2017) Effect of a Single Administration of Focused Extracorporeal Shock Wave in the Relief of Delayed-Onset Muscle Soreness: Results of a Partially Blinded Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2017 May;98(5):923-930.

44. Tomazoni SS, Machado CDSM, De Marchi T, Casalechi HL, Bjordal JM, de Carvalho PTC, Leal-Junior ECP. Infrared Low-Level Laser Therapy (Photobiomodulation Therapy) before Intense Progressive Running Test of High-Level Soccer Players: Effects on Functional, Muscle Damage, Inflammatory, and Oxidative Stress Markers-A Randomized Controlled Trial. *Oxid Med Cell Longev*. 2019 Nov 16;2019:6239058. doi: 10.1155/2019/6239058. PMID: 31827687; PMCID: PMC6885272.

45. De Marchi T, Leal-Junior ECP, Lando KC, Cimadon F, Vanin AA, da Rosa DP, Salvador M. (2019) Photobiomodulation therapy before futsal matches improves the staying time of athletes in the court and accelerates post-exercise recovery. *Lasers Med Sci*. Feb;34(1):139-148.

46. Martin JS, Friedenreich ZD, Borges AR, Roberts MD. (2015) Acute Effects of Peristaltic Pneumatic Compression on Repeated Anaerobic Exercise Performance and Blood Lactate Clearance. *J Strength Cond Res*. Oct; 29(10) : 2900-6.

47. Haun CT, Roberts MD, Romero MA, Osburn SC, Mobley CB, Anderson RG, Goodlett MD, Pascoe DD, Martin JS. (2017) Does external pneumatic compression treatment between bouts

of overreaching resistance training sessions exert differential effects on molecular signaling and performance-related variables compared to passive recovery? An exploratory study. PLoS One. Jun 29;12(6):e0180429.

48. Overmayer RG, Driller MW. A compressão pneumática não melhora a recuperação do desempenho em ciclistas treinados. Int J Sports Physiol Perform. 2018; 13 (4): 490–5.

49. Zuj KA, Prince CN, Hughson RL, Peterson SD. Superficial femoral artery blood flow with intermittent pneumatic compression of the lower leg applied during walking exercise and recovery. J Appl Physiol (1985). 2019 Aug 1;127(2):559-567.

50. Schwahn-Schreiber C, Breu FX, Rabe E, Buschmann I, Döller W, Lulay GR, Miller A, Valesky E, Reich-Schupke S. S1-Leitlinie Intermittierende Pneumatische Kompression (IPK, AIK) [S1 guideline on intermittent pneumatic compression (IPC)]. Hautarzt. 2018 Aug;69(8):662-673.

51. Cochrane DJ, Booker HR, Mundel T, Barnes MJ. (2013) Does intermittent pneumatic leg compression enhance muscle recovery after strenuous eccentric exercise? Int J Sports Med. Nov;34(11):969-74.

52. Overmayer RG, Driller MW. Pneumatic Compression Fails to Improve Performance Recovery in Trained Cyclists. International journal of sports physiology and performance. 2018;13(4):490-5.16.

53. Schmitz C, Császár NB, Milz S, Schieker M, Maffulli N, Rompe JD, Furia JP. Efficacy and safety of extracorporeal shock wave therapy for orthopedic conditions: a systematic review on studies listed in the PEDro database. Br Med Bull. 2015;116(1):115-38. doi: 10.1093/bmb/ldv047. Epub 2015 Nov 18. PMID: 26585999; PMCID: PMC4674007.

54. Al-Abbad H, Allen S, Morris S, Reznik J, Biros E, Paulik B, Wright A. The effects of shockwave therapy on musculoskeletal conditions based on changes in imaging: a systematic review and meta-analysis with meta-regression. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020; 21(1):275.
55. Speed, C. (2014) A systematic review of shockwave therapies in soft tissue conditions: focusing on the evidence. *Br J Sports Med.* 48(21):1538-42.
56. Zissler A, Steinbacher P, Zimmermann R, Pittner S, Stoiber W, Bathke AC, Sänger AM. Extracorporeal Shock Wave Therapy Accelerates Regeneration After Acute Skeletal Muscle Injury. *Am J Sports Med.* 2017 Mar;45(3):676-684. doi: 10.1177/0363546516668622. Epub 2016 Oct 13. PMID: 27729321.
57. Notarnicola A, Covelli I, Maccagnano G, Marvulli R, Mastromauro L, Ianieri G, Boodhoo S, Turitto A, Petruzzella L, Farì G, Bianchi FP, Tafuri S, Moretti B. (2018) Extracorporeal shockwave therapy on muscle tissue: the effects on healthy athletes. *J Biol Regul Homeost Agents.* Jan-Feb;32(1):185-193.
58. Taheri P, Vahdatpour B, Andalib S. (2016) Comparative study of shock wave therapy and Laser therapy effect in elimination of symptoms among patients with myofascial pain syndrome in upper trapezius. *Adv Biomed Res.* Aug 30;5:138.
59. Jeon JH, Jung YJ, Lee JY, Choi JS, Mun JH, Park WY, Seo CH, Jang KU. (2012) The effect of extracorporeal shock wave therapy on myofascial pain syndrome. *Ann Rehabil Med.* Oct;36(5):665-74.
60. Vanin, AA, Verhagen, E., Barboza, SD et al. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci* 33, 181–214 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2368-6>.
61. Leal-Junior ECP, Lopes-Martins RÁB, Bjordal JM. (2019) Clinical and scientific

recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. *Braz J Phys Ther.* pii: S1413-3555(18) 31021-9.

62. Antonioli FC, De Marchi T, Tomazoni SS, Vanin AA, dos Santos Grandinetti , de Paiva PR, Pinto HD, Miranda EF, de Tarso Camillo de Carvalho P, Leal-Junior EC. Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. *Lasers Med Sci.* 2014 Nov;29(6):1967-76.
63. De Paiva PV, Tomazoni SS, Johnson DS, Vanin AA, Albuquerque-Pontes GM, Machado CSM, Casalechi HL, De Carvalho PTC, Leal-Junior ECP . (2016) Photobiomodulation therapy (TFBM) and/or cryotherapy in skeletal muscle restitution, what is better? A randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Lasers in Medical Science.* 31,1925-1933.
64. Vanin AA, Miranda EF, Machado, CSM, De Paiva PR, Albuquerque-Pontes GM, Casalechi HL, De Carvalho PTC, Leal-Junior ECP. (2016) What is the best moment to apply phototherapy when associated to a strength training program? A randomized, double- blinded, placebo-controlled trial. *Lasers in Medical Science.* 31, 1555-1564.
65. Baroni BM, Leal Junior EC, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2010 Nov;110(4):789-96. doi: 10.1007/s00421-010-1562-z. Epub 2010 Jul 3. PMID: 20602109.
66. Miranda EF, Tomazoni SS, de Paiva PRV, Pinto HD, Smith D, Santos LA, de Tarso Camillo de Carvalho P, Leal-Junior ECP.(2018) When is the best moment to apply photobiomodulation therapy (PBMT) when associated to a treadmill endurance-training program? A randomized, triple-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* May;33(4):719-727.
67. Wang D, Wang Z, Zhang L, Li Z, Tian X, Fang J, Lu Q, Zhang X. (2018) Cellular ATP

levels are affected by moderate and strong static magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 39(5):352-360.

68. Friedmann H, Lipovsky A, Nitzan Y, Lubart R. (2019) Combined magnetic and pulsed laser fields produce synergistic acceleration of cellular electron transfer. *Laser Ther.* 18(3): 137-4.

69. Coballase-Urrutia E, Navarro L, Ortiz JL, Verdugo-Díaz L, Gallardo JM, Hernández ME, Estrada-Rojo F. (2018) Static magnetic fields modulate the response of different oxidative stress markers in a restraint stress model animal. *Biomed Res Int* 3960408.

70. Brown, F.; Gissane, C.; Howatson, G.; vanSomeren, K.; Pedlar, C. and Hill, J. "Compression garments and recovery from exercise: a meta-analysis," *Sports Medicine*, vol. 47, no. 11, pp. 2245– 2267, 2017.

71.. Poppendieck, W, Wegmann, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M. and Meyer, T. "Massage and performance recovery: a meta-analytical review," *Sports Medicine*, vol. 46, no. 2, pp. 183–204, 2016.

72. Balsalobre-Fernández C, Glaister M, Lockey RA. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *J Sports Sci.* 2015;33(15):1574-9.

73. Dornelles MP, Fritsch CG, Sonda FC, Johnson DS, Leal-Junior ECP, Vaz MA, Baroni BM. Photobiomodulation therapy as a tool to prevent hamstring strain injuries by reducing soccer-induced fatigue on hamstring muscles. *Lasers Med Sci.* 2019 Aug;34(6):1177-1184.

74. Borg E, Borg G. (2002) A comparison of AME and CR100 for scaling perceived exertion. *Acta Psychol (Amst).* Feb;109(2):157-75. PubMed PMID: 11820425.

75. Weston M, Siegler J, Bahnert A, McBrien J, Lovell R. (2015) The application of differential ratings of perceived exertion to Australian Football League matches. *J Sci Med Sport.* Nov;18(6):704-8.

76. Karaoglan I, Pehlivan S, Namiduru M, Pehlivan M, Kilinçarslan C, Balkan Y, Baydar I. (2009) TNF-alpha, TGF-beta, IL-10, IL-6 and IFN-gamma gene polymorphisms as risk factors for brucellosis. *New Microbiol.* Apr;32(2):173-8.
77. Pinto, Henrique Dantas ; Casalechi, Heliodora Leão ; De Marchi, Thiago ; Machado, Caroline dos Santos Monteiro ; Dias, Luana Barbosa ; Lino, Matheus Marinho Aguiar ; de Azevedo, Jônatas Bezerra ; Tomazoni, Shaiane da Silva ; Leal-Junior, Ernesto Cesar Pinto . Photobiomodulation Therapy Combined with a Static Magnetic Field Applied in Different Moments Enhances Performance and Accelerates Muscle Recovery in CrossFit® Athletes: A Randomized, Triple-Blind, Placebo-Controlled Crossover Trial. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* (Online) 2022; 1-12.
78. Figueiredo, M.; Simao, P P; Pereira, Beethoven, M. A. and Penha-Silva, N. (2008) Eficácia da compressão pneumática intermitente (CPI) nos membros inferiores sobre o fluxo sanguíneo das veias femorais comuns. *J. vasc. bras*, vol.7, n.4, pp.321-324.
79. Cayton T, Harwood AE, Smith GE, Totty JP, Carradice D, Chetter IC. (2017) Extracorporeal shockwave therapy for the treatment of lower limb intermittent claudication: study protocol for a randomised controlled trial (the SHOCKWAVE 1 trial). *Trials.* 6;18(1):104.
80. Harwood AE, Green J, Cayton T, Raza A, Wallace T, Carradice D, Chetter IC, Smith GE. A feasibility double-blind randomized placebo-controlled trial of extracorporeal shockwave therapy as a novel treatment for intermittent claudication. *J Vasc Surg.* 2018 Feb;67(2):514-521.e2.
81. Gill ND, Beaven CM, Cook C. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *Br J Sports Med.* 2006; 40(3) :260–263.

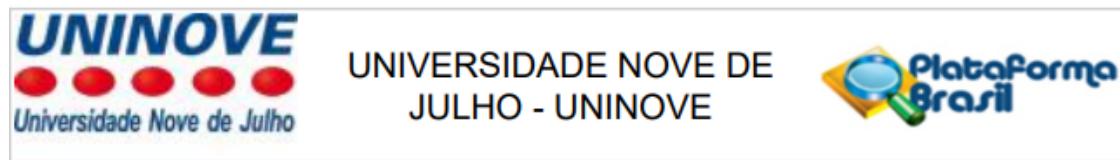
82. Feito Y, Giardina MJ, Butcher S, Magine GT. Repeated anaerobic tests predict performance among a group of advanced CrossFit-trained athletes. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2019; 44(7) :727-735.
- 83.. Grandou C, Wallace L, Impellizzeri FM, Allen NG, Coutts AJ. Overtraining in Resistance Exercise: An Exploratory Systematic Review and Methodological Appraisal of the Literature. *Sports Med.* 2020; 50(4) :815-828.
84.  
[http://www.ondesdechoc.eu/download.php?FNAME=1210983278\\_1894.upl&A NAME=BTL-shockwave\\_CAT\\_POR201.pdf](http://www.ondesdechoc.eu/download.php?FNAME=1210983278_1894.upl&A NAME=BTL-shockwave_CAT_POR201.pdf). - acesso em 09/06/2019.
85. Balsalobre-Fernández C, Tejero-González CM, del Campo-Vecino J, Bavaresco N. The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *J Strength Cond Res.* 2014 Feb;28(2):528-33. doi: 10.1519/JSC.0b013e318299a52e. PMID: 23689339.
86. Gallardo-Fuentes F, Gallardo-Fuentes J, Ramírez-Campillo R, Balsalobre-Fernández C, Martínez C, Caniuqueo A, Cañas R, Banzer W, Loturco I, Nakamura FY, Izquierdo M. Intersession and Intrasession Reliability and Validity of the My Jump App for Measuring Different Jump Actions in Trained Male and Female Athletes. *J Strength Cond Res.* 2016 Jul;30(7):2049-56. doi: 10.1519/JSC.0000000000001304. PMID: 27328276.
87. Hamilton D. Drop jumps as an indicator of neuromuscular fatigue and recovery in elite youth soccer athletes following tournament match play. *J Aus Strength Cond.* 2009;17(4):3.
88. De Marchi, T.; Schmitt, V.M.; Machado, G. P.; De Sene, J. S.; De Col, C. D.; Tairova, O.; Salvador, M.; Leal Junior E. C. Does photobiomodulation therapy is better than cryotherapy in muscle recovery after a high-intensity exercise? A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*, v. 32, n. 2, p. 429-437, 2017.

89. Heapy, A. M., Hoffman, M. D., Verhagen, H. H., Thompson, S. W., Dhamija, P., Sandford, F. J., & Cooper, M. C. A randomized controlled trial of manual therapy and pneumatic compression for recovery from prolonged running - an extended study. *Res Sports Med.* 2018; 26(3):354–364.
90. Zinoubi B, Zbidi S, Vandewalle H, Chamari K, Driss T. Relationships between rating of perceived exertion, heart rate and blood lactate during continuous and alternated-intensity cycling exercises. *Biol Sport.* 2018 Mar;35(1):29-37. doi: 10.5114/biolsport.2018.70749. Epub 2017 Oct 12. PMID: 30237659; PMCID: PMC6135975.
91. Huang YY, Sharma SK, Carroll J, Hamblin MR. (2011) Biphasic dose response in low level light therapy - An update. *Dose Response.* 9:602-618.
92. Wiecha S, Jarocka M, Wiśniowski P, Cieśliński M, Price S, Makaruk B, Kotowska J, Drabarek D, Cieśliński I, Saczewicz T. The efficacy of intermittent pneumatic compression and negative pressure therapy on muscle function, soreness and serum indices of muscle damage: a randomized controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2021 Nov 13;13(1):144.
93. Huang YY, Chen AC, Carroll JD, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy. *Dose Response.* 2009 Sep 1;7(4):358-83. doi: 10.2203/dose-response.09-027.Hamblin. PMID: 20011653; PMCID: PMC2790317.
94. Leal-Junior EC, Lopes-Martins RAB, Francis Dalan PT, et al. Effect of 655-nm Low-Level Laser Therapy on Exercise-Induced Skeletal Muscle Fatigue in Humans. *Photomedicine and Laser Surgery,* 2008; Volume 26, Number 5, p 419-424.
95. Leal-Junior, E. C. P., Vanin, A. A., Miranda, E. F., de Carvalho, P. de T. C., Dal Corso, S., & Bjordal, J. M. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. *Lasers in Medical Science,* (2013). 30(2), 925-939. doi: 10.1007/510103-013-1465-4

96. Leal-Junior, EC, Lopes-Martins, RA, Vanin, AA, et al. Effect of 830-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Lasers Med, 2009 Sci* 24: 425-31.
97. Bieuzen F, Pournot H, Roulland R, Hausswirth C. Recovery after high intensity intermittent exercise in elite soccer players using VEINOPLUSsport technology for bloodflow stimulation. *J Athl Train.* 2012 Sep-Oct;47(5):498-506. doi: 10.4085/1062-6050-47.4.02.
98. De Oliveira HA, Antonio EL, Silva FA, De Carvalho PTC, Feliciano R, Yoshizaki A, Vieira SS, Melo BL, Leal-Junior ECP, Labat RM, Bocalini, DS, Silva Junior JA, Tucci PJF, Serra AJ (2018): Protective effects of photobiomodulation against resistance exercise-induced muscle damage and inflammation in rats, *Journal of Sports Sciences.*
99. Martínez-Guardado I, Rojas-Valverde D, Gutiérrez-Vargas R, Ugalde Ramírez A, Gutiérrez-Vargas JC, Sánchez-Ureña B. Intermittent Pneumatic Compression and Cold Water Immersion Effects on Physiological and Perceptual Recovery during Multi-Sports International Championship. *J Funct Morphol Kinesiol.* 2020 Jun 30;5(3):45. doi: 10.3390/jfmk5030045. PMID: 33467261; PMCID: PMC7739238.
100. O'DONNELL, S.; DRILLER, M. W. The effect of intermittent sequential pneumatic compression on recovery between exercise bouts in well-trained triathletes. *Journal of Science and Cycling,* v. 4, n. 3, p. 19-23, 31 Dec. 2015.
101. Dunn N, Williams EM, Dolan G, Davies JH. Intermittent Pneumatic Compression for the Treatment of Lower Limb Lymphedema: A Pilot Trial of Sequencing to Mimic Manual Lymphatic Drainage Versus Traditional Graduated Sequential Compression. *Lymphat Res Biol.* 2022 Oct;20(5):514-521
102. Atan T, Bahar-Özdemir Y. The Effects of Complete Decongestive Therapy or Intermittent Pneumatic Compression Therapy or Exercise Only in the Treatment of Severe Lipedema: A Randomized Controlled Trial. *Lymphat Res Biol.* 2021 Feb;19(1):86-95.

103. George SZ, Robinson ME. Preference, expectation, and satisfaction in a clinical trial of behavioral interventions for acute and sub-acute low back pain. *J Pain*. 2010 Nov;11(11):1074-82. doi: 10.1016/j.jpain.2010.02.016. Epub 2010 May 13. PMID: 20466596; PMCID: PMC2921587).
104. Leal-Junior ECP, Lopes-Martins RÁB, Bjordal JM. Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. *Braz J Phys Ther.* (2018) pii: S1413-3555(18) 31021-9.
105. Miranda EF, Vanin AA, Tomazoni SS, Grandinetti Vdos S, de Paiva PR, Machado Cdos S, Monteiro KK, Casalechi HL, de Tarso P, de Carvalho C, Leal-Junior EC. Using Pre-Exercise Photobiomodulation Therapy Combining Super-Pulsed Lasers and Light-Emitting Diodes to Improve Performance in Progressive Cardiopulmonary Exercise Tests. *J Athl Train.* 2016 Feb;51(2):129-35.
106. Hak PT, Hodzovic E, Hickey B. The nature and prevalence of injury during CrossFit training. *J Strength Cond Res.* 2013 Nov 22. doi: 10.1519/JSC.0000000000000318. Epub ahead of print. PMID: 24276294.
107. Weisenthal BM, Beck CA, Maloney MD, DeHaven KE, Giordano BD. Injury rate and patterns among Crossfit® athletes. *Orthop J Sport Med.* 2014;2:2325967114531177.
108. Farrell PM. Much more research needed on injury prevention. *WMJ.* 2005 Feb;104(2):55-6. PMID: 15856744.
109. Pastre CM, Carvalho Filho G, Monteiro HL, Netto Júnior J, Padovani CR, Basas García Á. Exploração de fatores de risco para lesões no atletismo de alta performance. *Rev Bras Med do Esporte [Internet].* junho de 2007;13(3):200–4.

## ANEXO I. Termo de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DA EMENDA

**Título da Pesquisa:** Efeitos isolados e combinados de diferentes estratégias de recuperação pós-exercício em atletas de Cross Training: Ensaio clínico, randomizado, controlado e cego.

**Pesquisador:** Ernesto Cesar Pinto Leal Junior

**Área Temática:**

**Versão:** 4

**CAAE:** 30197720.5.0000.5511

**Instituição Proponente:** ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL NOVE DE JULHO

**Patrocinador Principal:** ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL NOVE DE JULHO

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.244.887

#### Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_1886251\_E1.pdf).

O Cross Training tem uma rotina de treino baseada na combinação de movimentos funcionais, constantemente variados e de alta intensidade. Os treinos chamados de WODs (Workout of the Day - treino do dia) são frequentemente combinados e realizados com repetições rápidas e sucessivas, e tempo de recuperação limitado ou inexistente. Portanto, há uma grande demanda de força, potência e resistência anaeróbia. Os campeonatos exigem que o atleta conclua vários WODs, em sequência, durante um dia de competição. Acarretando em fadiga muscular, que está relacionada ao risco de lesões. Assim, o desenvolvimento de estratégias que busquem acelerar o processo de recuperação muscular é muito importante. A utilização de alguns dispositivos terapêuticos que auxiliam na resposta fisiológica da dor muscular pós-exercício tem sido bastante utilizada clinicamente visando a prevenção da fadiga muscular. Estudos prévios demonstraram que a terapia de Fotobiomodulação (TFBM) diminui o tempo de recuperação e melhora o desempenho muscular geral. Recentemente terapias de compressão pneumática e com ondas de choque, vem sendo usadas com o mesmo objetivo. Entretanto, não se sabe qual o melhor recurso para promoção de

**Endereço:** VERGUEIRO nº 235/249

**Bairro:** LIBERDADE

**CEP:** 01.504-001

**UF:** SP      **Município:** SAO PAULO

**Telefone:** (11)3385-9010

**E-mail:** comitedeetica@uninove.br

Continuação do Parecer: 5.244.887

uma recuperação muscular mais rápida e eficiente. Diante disso, o objetivo desse estudo é comparar os efeitos isolados e combinados entre os três diferentes recursos terapêuticos TFBM, Compressão Intermittente e Terapia de ondas de choque para recuperação muscular em atletas de Cross Training. Para tanto, serão conduzidos

dois ensaios clínicos randomizados, controlados, cruzados e cegos, nos quais serão analisados: desempenho atlético por meio de teste funcional, variáveis fisiológicas da intervenção por meio da análise de marcadores inflamatórios (IL-6) e dano muscular (CK) para verificar a recuperação muscular e percepção subjetiva de esforço.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

Comparar os efeitos isolados e combinados entre três diferentes recursos terapêuticos TFBM, CI e TOC para recuperação muscular em atletas de Cross Training.

Objetivo Secundário:

- Analisar os efeitos dos recursos terapêuticos nas variáveis relacionadas a performance a partir da capacidade de recuperação muscular por meio de avaliação funcional.- Avaliar os efeitos dos recursos terapêuticos sobre os marcadores bioquímicos relacionados a recuperação muscular.- Analisar a combinação dos dois melhores recursos terapêuticos nas variáveis relacionadas a performance a partir da capacidade de recuperação muscular por meio de avaliação funcional e análise dos marcadores bioquímicos.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos:

Os atletas serão expostos a riscos mínimos durante a pesquisa, onde serão supervisionados o todo tempo pelo pesquisador que estará em pé ao lado do atleta, e caso o mesmo apresente desequilíbrio, tontura ou algum tipo de mal-estar, será interrompida a avaliação imediatamente.

Benefícios:

Os atletas saberão qual ferramenta terapêutica é mais eficaz para atenuação de fadiga e aumento da performance, resultando em melhora do desempenho na modalidade.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Versão: E1

Endereço: VERGUEIRO nº 235/249

Bairro: LIBERDADE

CEP: 01.504-001

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3385-9010

E-mail: comitedeetica@uninove.br

Continuação do Parecer: 5.244.887

**Desenho:**

Serão conduzidos dois ensaios clínicos randomizados, controlados, cruzados e cegos, nos quais serão analisados: desempenho atlético por meio de teste funcional, variáveis fisiológicas da intervenção por meio da análise de marcadores inflamatórios (IL-6) e dano muscular (CK) para verificar a recuperação muscular e percepção subjetiva de esforço.

**Desfecho Primário:**

Avaliação Funcional - Agachamento Livre (Air Squat): Como um indicador de capacidade funcional será utilizado o teste simples de agachamento livre (Air Squat), no qual o atleta será instruído a realizar o maior número de repetições dentro de 1 minuto. Um avaliador contará o número de repetições válidas e determinará como repetição não válida aquela em que o atleta não quebre a linha paralela da patela com relação a crista ilíaca na fase profunda do movimento ou não finalize o movimento com uma extensão completa dos joelhos e quadril na fase de inicial e final.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Documentação obrigatória:

Folha de rosto datada, assinada pelo diretor com carimbo do diretor - ok

Projeto de pesquisa - ok

Cronograma - ok

TCLE - ok

Carta de anuência da instituição coparticipante (caso se aplique) - ok

**Recomendações:**

Sem recomendações

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não há pendências. Projeto aprovado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O pesquisador deverá se apresentar na instituição de realização da pesquisa (que autorizou a realização do estudo) para início da coleta dos dados.

O participante da pesquisa (ou seu representante) e o pesquisador responsável deverão rubricar

**Endereço:** VERGUEIRO nº 235/249

**Bairro:** LIBERDADE

**CEP:** 01.504-001

**UF:** SP      **Município:** SAO PAULO

**Telefone:** (11)3385-9010

**E-mail:** comitedeetica@uninove.br

Continuação do Parecer: 5.244.887

todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE apondo sua assinatura na última página do referido Termo, conforme Carta Circular no 003/2011 da CONEP/CNS.

Salientamos que o pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Lembramos que esta modificação necessitará de aprovação ética do CEP antes de ser implementada. De forma objetiva com justificativa para nova apreciação, os documentos alterados devem ser evidenciados para facilitar a nova análise.

Ao pesquisador cabe manter em arquivo, sob sua guarda, por 5 anos, os dados da pesquisa, contendo fichas individuais e todos os demais documentos recomendados pelo CEP (Res. CNS 466/12 item X1. 2. f).

De acordo com a Res. CNS 466/12, X.3.b), o pesquisador deve apresentar a este CEP/SMS os relatórios semestrais. O relatório final deverá ser enviado através da Plataforma Brasil, ícone Notificação. Uma cópia digital do projeto finalizado deverá ser enviada à instância que autorizou a realização do estudo, via correio, e-mail ou entregue pessoalmente, logo que o mesmo estiver concluído.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1886251_E1.pdf	29/01/2022 14:11:30		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Modalidades.docx	29/01/2022 14:08:20	Heliodora Leão casalechi	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Modalidades.docx	29/01/2022 14:01:47	Heliodora Leão casalechi	Aceito
Outros	Carta_De_Anuencia.pdf	15/04/2020	Heliodora Leão	Aceito

Endereço: VERGUEIRO nº 235/249

Bairro: LIBERDADE

CEP: 01.504-001

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3385-9010

E-mail: comitedeetica@uninove.br

Continuação do Parecer: 5.244.887

Outros	Carta_De_Anuencia.pdf	18:06:10	casalechi	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_carimbada.pdf	01/04/2020 15:54:28	Heliodora Leão casalechi	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO PAULO, 15 de Fevereiro de 2022

---

**Assinado por:**  
**Maria Aparecida Dalboni**  
**(Coordenador(a))**

<b>Endereço:</b> VERGUEIRO nº 235/249	<b>CEP:</b> 01.504-001
<b>Bairro:</b> LIBERDADE	
<b>UF:</b> SP <b>Município:</b> SAO PAULO	
<b>Telefone:</b> (11)3385-9010	<b>E-mail:</b> comitedeetica@uninove.br

## **ANEXO II. Termo de Consentimento Livre Esclarecido**

Nome do participante: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefone para contato: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

### **1. Título do Trabalho Experimental:**

Título do Projeto: “Efeitos isolados e combinados de diferentes estratégias de recuperação pós-exercício em atletas de Cross Training: Ensaio clínico, randomizado, controlado e cego”

### **2. Objetivo:**

O projeto tem como objetivo comparar os efeitos isolados e combinados entre três diferentes recursos terapêuticos TFBM-CMe, CPI e TOC para recuperação muscular em participantes de Cross Training.

### **3. Justificativa:**

A escolha do melhor recurso terapêutico é de suma importância para um resultado efetivo no processo de recuperação da fadiga muscular. Considerando a alta intensidade de esforço demandada na prática do *Cross Training*, a utilização de recursos que auxiliem no processo de recuperação muscular é de grande valia, pois pode garantir que o participante esteja pronto para realização dos próximos exercícios físicos requeridos (WODs) com menor risco de lesão.

Tendo em vista os efeitos positivos já demonstrados por alguns recursos terapêuticos, a averiguação da possibilidade desses efeitos ocorrerem logo após um treino intenso ou competição se faz necessária. Bem como, a investigação da melhor forma de utilização de cada um desses recursos, para otimização dos efeitos, podendo ser de maneira isolada ou mesmo combinando diferentes tipos de recursos. Assim, o avanço no desenvolvimento e conhecimento de terapias ou recursos visando a recuperação muscular ajustada a necessidade de participantes de *Cross Training* é muito importante para o bom desempenho nesse esporte.

### **4. Procedimentos da Fase Experimental**

Você está sendo convidado a participar desta pesquisa que se trata de um ensaio clínico randomizado, cruzado, controlado e cego para o avaliador. Serão recrutados para o estudo 28

participantes que sejam praticantes de *Cross Training* (modalidade esportiva) por no mínimo 1 ano, do gênero masculino e com idade entre 18 e 36 anos, que serão separados em grupo de acordo com a ordem de tratamento (recurso terapêutico) a ser recebido em cada semana.

Na primeira etapa você participará ao todo de 4 semanas de pesquisa, na qual realizará os procedimentos para a avaliação basal (pré-WOD, antes dos exercícios requeridos) e avaliação pós-WOD (depois da realização dos exercícios requeridos), também após 1h, 24h e 48h da realização do exercício, cada avaliação teve duração média de 10 minutos. Cada avaliação será composta por um questionário para avaliar a percepção subjetiva do esforço realizado (você responderá um questionário dando uma nota de 0 a 100 para seu cansaço nas pernas e cardiorrespiratório, levando em torno de 1 minuto). Também por coletas sanguíneas para posteriores análises de um marcador de dano (lesão) muscular (quanto maior a concentração desse marcador chamado Creatina Quinase-CK, maior o dano muscular), e dos níveis de marcadores inflamatórios presentes no sangue (indicativo de inflamação, quanto maior a concentração maior a inflamação), além dos níveis marcadores relacionados ao estresse oxidativo. As coletas sanguíneas serão realizadas por uma enfermeira (será coletado da veia ante cubital, que fica na parte da frente do cotovelo, 5 ml de sangue, o equivalente a uma colher de sopa cheia), e levarão em média 8 minutos. Além disso, você realizará uma avaliação funcional, que constituirá em dois testes simples, um de agachamento livre, no qual você deve realizar o maior número de repetições dentro de 1 minuto e o teste de saltos com contra movimento, que você deverá agachar e realizar um salto o mais alto possível.

Você será solicitado a realizar um *WOD*, ou seja, o exercício físico requerido. O objetivo será finalizar no menor tempo possível uma sequência de três exercícios (que compõem o *WOD*, exercício requerido), são eles: *AirBike* (pedalar um bicicleta fixa no solo), *Hang Squat Clean* (exercício que tem início com o participante de pé com o corpo todo estendido segurando uma barra junto ao corpo, você deve puxar a barra até os ombros enquanto faz um agachamento completo) e *Box Jump Over* (nesse exercício você deverá saltar para cima de uma caixa de uma altura de 60,69 centímetros, tocar no alto da caixa com os dois pés e saltar para o solo do lado oposto). Serão três séries, na primeira série você deve completar 21 repetições, na segunda 15 e na última 9 repetições de cada exercício. A duração do *WOD* (exercício requerido) levará em média 15 minutos, dependendo do desempenho do participante.

Você receberá os seguintes tipos de terapia: Terapia de Fotobiomodulação e Campo Magnético estático – TFBM-CMe (realização da terapia com luz terapêutica, com os participantes deitados a aplicação será realizada com o dispositivo em contato direto com a pele e leve pressão em 8 locais pré-determinados nos músculos da perna e coxa em ambos os

membros inferiores); Terapia por Ondas de Choque – TOC (com os participantes deitados de costas serão realizados em torno de 6000 pulsos = micro choques, aplicados ao longo da perna e coxa em ambos os membros inferiores); Compressão Intermittente – CPI (com os participantes deitados de costas serão utilizadas as botas pneumáticas, que fornecem compressão sequencial por meio de 4 câmaras infláveis circunferenciais dispostas continuamente ao longo da perna e coxa em ambos os membros inferiores); Recuperação Passiva - RP (será realizada com o participante em repouso deitado de costas em um colchonete por 30 minutos). Todas as terapias tiveram duração média de 30 minutos. A ordem de realização das terapias será determinada pela randomização (um sorteio), sendo realizada um tipo de terapia a cada semana. Logo você poderá receber por exemplo: 1<sup>º</sup>semana: TFBM-CMe; 2<sup>º</sup>semana: TOC; 3<sup>º</sup>semana: CPI e 4<sup>º</sup>semana: RP, sucessivamente completando 4 semanas. Todos os participantes da pesquisa receberam os 4 tipos de terapia. Assim, as coletas tiveram duração média de 90 minutos nos dias em que você será requisitado a realizar o *WOD* (exercício requerido) e a terapia (independente do tipo), e 10 minutos em cada um dos dias seguintes (24 e 48 horas após o exercício) em que você deverá retornar apenas para realizar as avaliações.

Na segunda etapa você participará ao todo de 3 semanas de pesquisa, na qual realizará os mesmos procedimentos descritos acima (na primeira etapa), porém o procedimento da terapia será diferente. Você receberá a combinação de duas entre os três tipos de terapias utilizadas na primeira etapa (TFBM-CMe, TOC ou CPI de acordo com os resultados da etapa 1), mais a recuperação passiva adicionando 30 minutos ao tempo de terapia, logo a combinação de terapias teve duração média de 60 minutos. As duas terapias que apresentarem melhores efeitos serão utilizadas na etapa 2, mas a recuperação passiva. Logo você poderá receber por exemplo: 1<sup>º</sup>semana: terapia 1+terapia 2; 2<sup>º</sup>semana: terapia 2+terapia 1; 3<sup>º</sup>semana: RP, sucessivamente completando 3 semanas. Essa ordem também será determinada por randomização (um sorteio), como na etapa 1. Assim, as coletas tiveram duração média de 120 minutos nos dias em que você será requisitado a realizar o *WOD* (exercício requerido) e a terapia (independente do tipo de combinação, pois cada uma leva em média 30 minutos), e 10 minutos em cada um dos dias seguintes (24 e 48 horas após o exercício) em que você deverá retornar apenas para realizar as avaliações.

Todos os participantes da pesquisa, serão submetidos ao mesmo protocolo de avaliações, *WOD* (exercício requerido) e terapias. E todos os procedimentos só terão início após a aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética e Pesquisa – CEP.

## **5. Desconforto ou Riscos Esperados:**

Você será exposto a riscos mínimos durante a pesquisa, onde será supervisionado o todo tempo pelo pesquisador que estará em pé ao seu lado, e caso o você apresente desequilíbrio, tontura ou algum tipo de mal-estar, a avaliação será interrompida imediatamente. Durante a coleta sanguínea, existe a dor da “puntura” da agulha e os riscos não são diferentes de uma coleta de sangue convencional, não havendo a necessidade de jejum. Após a coleta de sangue, podem ocorrer efeitos adversos, como por exemplo hematomas (o local ficar roxo). As amostras de sangue coletadas serão armazenadas a -80° (menos oitenta graus) até a realização das análises. Em caso de sobrar amostra após a realização das análises a sobra será devidamente descartada.

Você também poderá se sentir cansado ou com desconforto muscular durante e/ou após a realização do WOD (exercício requerido). Além disso, a prática de atividades físicas oferece risco de lesões musculares ou das articulações. A realização dos exercícios contará com a supervisão do pesquisador por todo tempo que estará em pé ao seu lado e encerrará a atividade devido a qualquer tipo de lesão.

#### **6. Medidas protetivas aos riscos:**

Em caso de algum tipo de mal-estar ou lesão durante a coleta, o você será prontamente atendido pela enfermeira responsável pela coleta. Sendo necessário, você será encaminhado ao pronto socorro.

#### **7. Benefícios da Pesquisa:**

O projeto não oferece benefícios diretos ao participante da pesquisa. Os resultados deste estudo são relevantes para os participantes conhecerem quais as melhores ferramentas para ajudar na recuperação muscular. Oferecendo aos participantes da pesquisa possibilidades para atenuação de fadiga e aumento da performance, sendo esta através de aparelhos de fisioterapia que consistem em ferramentas não-invasivas, não farmacológicas, e sem efeitos colaterais ou adversos relatados pela literatura. Porém, não oferece benefícios diretos ao participante da pesquisa.

#### **8. Métodos Alternativos Existentes:**

Não se aplica.

#### **9. Retirada do Consentimento:**

Em caso de eventuais dúvidas sobre os procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa, o você poderá consultar o responsável deste estudo para os devidos esclarecimentos. A participação é voluntária e este consentimento poderá ser retirado a qualquer tempo, sem nenhum tipo de penalização ao participante.

#### **10. Garantia do Sigilo:**

Serão utilizados apenas os dados referentes à avaliação e intervenção, bem como imagens (não revelando a identidade do participante), porém, sempre respeitando a confidencialidade das informações geradas e a privacidade do participante na pesquisa.

#### **11. Formas de Ressarcimento das Despesas decorrentes da Participação na Pesquisa:**

O estudo não inclui qualquer despesa ou bônus ao participante da pesquisa. Os deslocamentos até o local onde serão realizadas todas as coletas deverão ser custeados pelo próprio participante.

#### **12. Local da Pesquisa:**

O presente estudo será realizado no Box de *Crossfit Sanja*, localizado na Avenida Deputado benedito Matarazzo, 8015 – Vila Bethania, na cidade de São José dos Campos- SP. Telefone (12) 981262321.

#### **13. Comitê de Ética em Pesquisa (CEP):**

É um colegiado interdisciplinar e independente, que deve existir nas instituições que realizam pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil, criado para defender os interesses dos participantes de pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos (Normas e Diretrizes Regulamentadoras da Pesquisa envolvendo Seres Humanos – Res. CNS nº 466/12 e Res. CNS nº 510/2016). O Comitê de Ética é responsável pela avaliação e acompanhamento dos protocolos de pesquisa no que corresponde aos aspectos éticos.

#### **Endereço do Comitê de Ética da Uninove:**

**Rua. Vergueiro nº 235/249 – 12º andar – Liberdade – São Paulo – SP**

**CEP. 01504-001**

**Fone: 3385-9010**

**comitedeetica@uninove.br**

**Horários de atendimento do Comitê de Ética: segunda-feira a sexta-feira – das 11h30 às 13h00 e Das 15h30 às 19h00**

**14. Nome Completo e telefones dos Pesquisadores (Orientador e Alunos) para Contato:**

Pesquisador Responsável: Ernesto Cesar Pinto Leal Junior

Telefone para contato: (11) 990065829

Aluno Responsável: Paulo Henrique Gusmão

Telefone para contato: (11) 952684490

**15.** Eventuais intercorrências que vierem a surgir no decorrer da pesquisa poderão ser discutidas pelos meios próprios.

São Paulo, \_\_\_\_de \_\_\_\_\_ de 2022.

**16. Consentimento Pós-Informação:**

Eu, \_\_\_\_\_, após leitura e compreensão deste termo de informação e consentimento, entendo que minha participação é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confirmo que recebi uma via deste

termo de consentimento, e autorizo a realização do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos somente neste estudo no meio científico.

---

Assinatura do Participante

(Todas as folhas devem ser rubricadas pelo participante da pesquisa)

**17.** Eu, Ernesto Cesar Pinto Leal Junior, certifico que:

- a) Esta pesquisa só terá início após a aprovação do(s) referido(s) Comitê(s) de Ética em Pesquisa o qual o projeto foi submetido.
- b) Considerando que a ética em pesquisa implica o respeito pela dignidade humana e a proteção devida aos participantes das pesquisas científicas envolvendo seres humanos;
- c) Este estudo tem mérito científico e a equipe de profissionais devidamente citados neste termo é treinada, capacitada e competente para executar os procedimentos descritos neste termo;

---

Ernesto Cesar Pinto Leal Junior

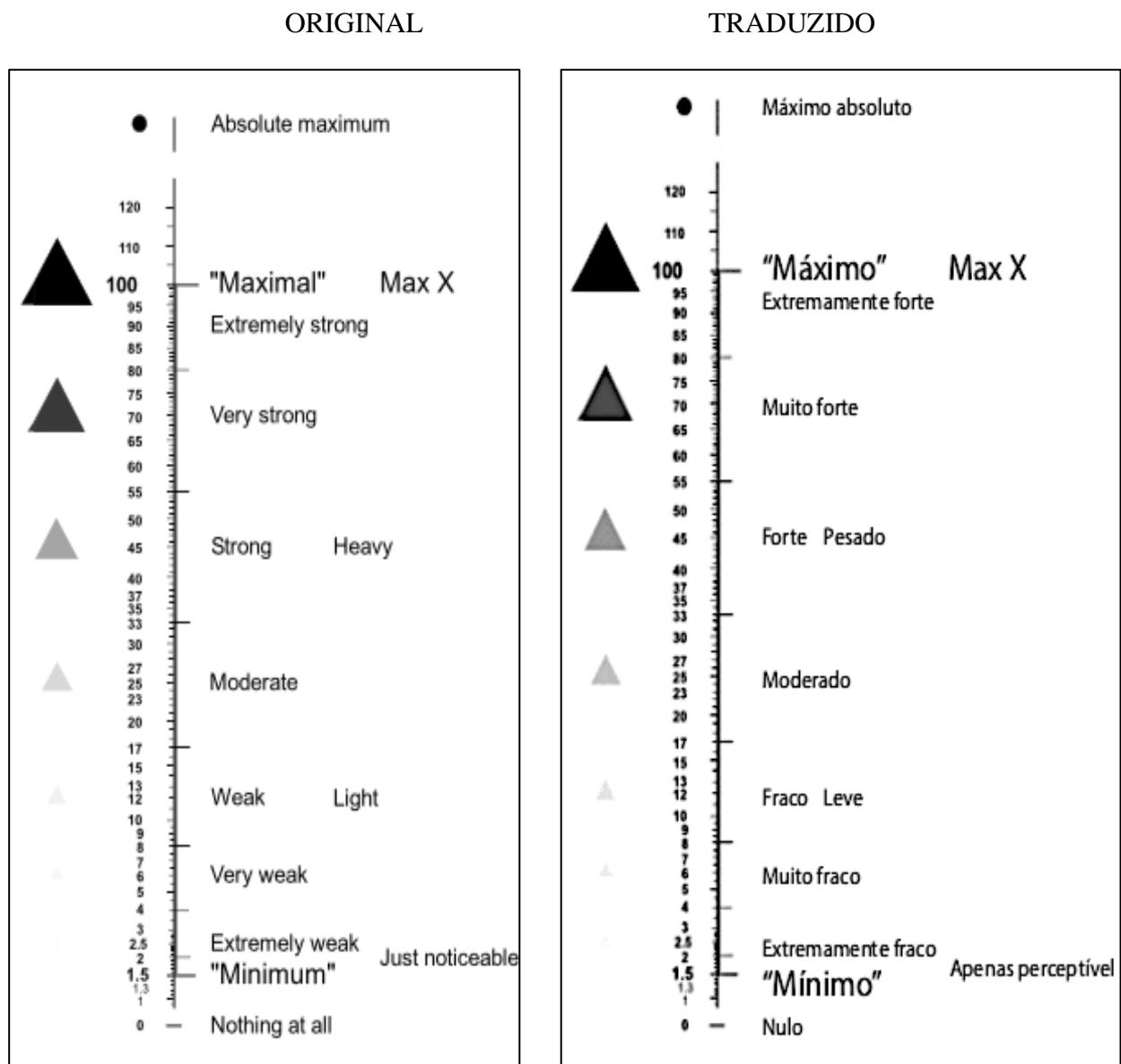
**ANEXO III – Questionário de Inclusão e Exclusão**

<b>CROSSFIT MODALIDADES TERAPÊUTICAS</b>				Semana:
<b>AVALIAÇÃO</b>				Data: ___ / ___ / 2022
ID:	Voluntário:		Iniciais do pesquisador:	
Peso:	Altura:	Estado civil:	Data Nasc:	
Idade:	Gênero:	FitzPatrick:	Escolaridade:	
Praticante de <i>Crossfit</i> a: ___ anos ___ meses (mais de 12 meses consecutivos)				
Uso de medicação:				
<b>CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO</b>				
<input type="checkbox"/>	Termo de Consentimento assinado			
<input type="checkbox"/>	Idade de 18 - 36 anos			
<input type="checkbox"/>	Voluntário se compromete a permanecer no local da pesquisa por volta de 120 minutos no período entre 7h e 17h nos próximos dias, 05, 12, 19, 26 de agosto do ano de 2022, e pelo período de 20min nos dias 06, 07, 13, 14, 20, 21, 27 e 28 de agosto de 2022, para realização das coletas.			
<input type="checkbox"/>	Voluntário se compromete a comparecer para as avaliações pós-WOD (24 horas e 48h) na cidade de São José dos Campos.			
<input type="checkbox"/>	Praticante de <i>crossfit</i> a no mínimo 12 meses.			
<input type="checkbox"/>	Não está fazendo uso de agentes farmacológicos.			
<b>História do paciente nos últimos 30 dias:</b>				
<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lesão musculoesquelética de tornozelo		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lesão musculoesquelética de panturrilha		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lesão musculoesquelética de joelho		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lesão musculoesquelética de quadril		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lesão musculoesquelética na região lombar		
<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>Tem experiências com os seguintes movimentos:</b>		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Air Squat (agachamento livre)		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Air Bike		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hang Squat Clean #40kg		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Box Jump Over		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Salto vertical		
<b>IPAQ</b>				
Classificação do nível de atividade física IPAQ-SF (International Physical Activity Questionnaire — Short Form).				
O quanto intensidade você registra a sua atividade nos últimos 7 dias:				
<input type="checkbox"/>	1) MUITO ATIVO: atividade vigorosa $\geq$ 5 dias/semana e $\geq$ 30 minutos por sessão, ou atividade vigorosa $\geq$ 3 dias/semana e $\geq$ 20 minutos por sessão + atividade moderada e/ou atividade de caminhada $\geq$ 5 dias/semana e $\geq$ 30 minutos por sessão.			
<input type="checkbox"/>	2) ATIVO: atividade vigorosa $\geq$ 3 dias/semana e $\geq$ 20 minutos por sessão; ou atividade moderada/caminhada $\geq$ 5 dias/semana e $\geq$ 30 minutos por sessão; ou qualquer atividade somada: $\geq$ 5 dias/semana e $\geq$ 150 minutos/semana (caminhada + moderada + vigorosa).			
<input type="checkbox"/>	3) IRREGULARMENTE ATIVO: frequência de 5 dias/semana ou duração: 150 min/semana.			
<input type="checkbox"/>	4) SEDENTÁRIO: aquele que não realizou nenhuma atividade física por pelo menos 10 minutos contínuos durante a semana.			

Atleta corresponde a todos os critérios de inclusão da pesquisa: ( )Sim ou ( )Não

#### **ANEXO IV. Escala de percepção subjetiva de esforço - PSE**

**RPE (Ratings of perceived exertion)** – Escala de percepção de esforço (extraído de Borg E, Borg G, 2002)



**ANEXO V. Escala de Satisfação (LIKERT):****Escala de Satisfação da terapia (LIKERT)**

Semana: \_\_\_\_\_

Nome :\_\_\_\_\_ ID: \_\_\_\_ Semana: \_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Em relação ao tratamento: (assinale com X apenas o último tratamento que realizou)**

- ( ) Terapia de Fotobiomodulação “terapia com luz”  
( ) Terapia Ondas de Choque  
( ) Terapia Compressão Pneumática Intermitente ”Bota”  
( ) Terapia passiva “deitado”

**Quanto você está satisfeito com o tratamento em relação a sua recuperação de fadiga muscular pós exercício? (assinale com X)**

- ( ) Não está satisfeito  
( ) Não está muito satisfeito  
( ) Não está satisfeito, nem insatisfeito  
( ) Um pouco satisfeito  
( ) Muito satisfeito

## APÊNDICE I- Artigo

**Brazilian Journal of Physical Therapy**  
**Comparative study of different post-exercise recovery strategies in Crossfit® athletes:**  
**Functional and biochemical aspects.**  
 -Manuscript Draft-

<b>Manuscript Number:</b>	
<b>Article Type:</b>	Research Paper
<b>Keywords:</b>	PhotobiomodulationPhotobiomodulation Therapy, Shock Wave Therapy , Intermittent Pneumatic Compression, Performance, Recovery, Crossfit®, Therapy; Shock Wave Therapy; Intermittent Pneumatic Compression; Performance; recovery; Crossfit®
<b>Corresponding Author:</b>	Paulo Henrique Gusmão Nogueira Martins, M. Universidade Nove de Julho - Campus Vergueiro São Paulo, São Paulo BRAZIL
<b>First Author:</b>	Paulo Henrique Gusmão Nogueira Martins, M.
<b>Order of Authors:</b>	Paulo Henrique Gusmão Nogueira Martins, M. Caroline dos Santos Monteiro Machado, Dra Matheus Marinho Aguiar Lino, Ms Luana Barbosa Dias, Ms Marcelo Ferreira Duarte de Oliveira, Ms Ivo de Oliveira Alexio Júnior, Ms Heliodora Leão Casalechi, pos-doc Ernesto Cesar Pinto Leal-Junior, pos-doc
<b>Abstract:</b>	Crossfit® is a high-intensity sporting modality whose most intense part between training and the championship is the WOD (workout of the day), which can lead to muscle fatigue and thus a decrease in performance and propensity for injury. In some sports, in order to minimize such consequences, therapeutic devices have been used to accelerate muscle recovery or modulate the damage caused after strenuous exercise, such as: photobiomodulation therapy with static magnetic field (TFBM-CMe), wave therapy extracorporeal shock (TOC) and the intermittent pneumatic compression boot (CPI). However, it is not known which is the best resource to promote faster and more efficient muscle recovery in Crossfit® athletes . Therefore, the objective of this study was to compare the effects of three different therapeutic resources: TFBM-CMe, TOC and CPI on recovery from muscle fatigue in Crossfit® athletes. A randomized, controlled, crossover, blinded clinical trial was conducted. With voluntary participation of 12 Crossfit® athletes between 18 and 36 years old, who were randomly distributed according to the crossed order of treatment types. Muscle recovery was assessed before the intervention (baseline), 1h, 24h and 48h after performing the WOD. The evaluations were performed using the Countermovement JumpTest (CMJ) functional test, variables of blood markers (LDH), subjective perception of exertion (RPE) and degree of satisfaction with therapy using the LIKERT scale. Therefore, in the comparison between OCD and CPI therapeutic resources, as well as passive recovery, TFBM-CMe proved to be more efficient in recovering signs of muscle fatigue.
<b>Suggested Reviewers:</b>	
<b>Opposed Reviewers:</b>	

Crossfit® is a high-intensity sports modality whose most intense part is the WOD training of the day), which can lead to muscle fatigue, reducing performance and causing injury. In order to minimize consequences, therapeutic devices are used to accelerate muscle recovery after strenuous exercise, such as: static magnetic field photobiomodulation therapy (TFBM-CMe), extracorporeal shock wave therapy (OCD) and the pneumatic compression boot intermittent (CPI). However, the best resource for faster and more efficient muscle recovery in Crossfit® athletes is unknown. The objective of this study was to compare the effects of three different therapeutic resources on recovery from muscle fatigue in Crossfit® athletes. A randomized, controlled, crossover, blinded clinical trial was conducted. 12 Crossfit® athletes (18 to 36 years old) voluntarily participated, randomly distributed in a crossed order of the types of treatment (TFBM-CMe, OCD, CPI and control/passive recovery) to be received over the 4 weeks. Muscle recovery was assessed at baseline, 1h, 24h and 48h after performing the WOD. The evaluations consisted of the Countermovement JumpTest (CMJ) functional test; blood marker for muscle damage, (LDH) subjective perception of effort/fatigue (PSE), and degree of satisfaction with therapy (LIKERT). After normality testing, data were expressed as mean and standard deviation, and the significance level was set at  $p<0.05$ . In the CMJ functional test, TFBM-CMe showed a statistically significant difference in relation to passive recovery ( $p<0.05$ ). In the LDH blood marker variation, TFBM-CMe presented statistically significant values in relation to passive recovery, TOC and CPI ( $p<0.05$ ). Therefore, in the comparison between OCD and CPI therapeutic resources, as well as passive recovery, TFBM-CMe proved to be more efficient in recovering signs of muscular fatigue, both functional and physiological, after strenuous exercise.

**Keywords:** Photobiomodulation Therapy, Shock Wave Therapy, Intermittent Pneumatic Compression, Performance, Recovery, *Crossfit®*.

**Comparative study of different post-exercise recovery strategies in Crossfit® athletes: Functional and biochemical aspects.**

Paulo Henrique Gusmão Nogueira Martins<sup>1,2</sup>, Caroline dos Santos Monteiro Machado<sup>1,2</sup>, Matheus Marinho Aguiar Lino<sup>1,2</sup>, Luana Barbosa Dias<sup>1,2</sup>, Marcelo Ferreira Duarte de Oliveira<sup>1,2</sup>, Ivo de Oliveira aleixo Júnior<sup>1,2</sup>, Heliodora Leão Casalechi<sup>1,2</sup>, Ernesto Cesar Pinto Leal Junior<sup>1,2</sup>

1 - Laboratory of Phototherapy and innovative Technologies in Health, Universidade Nove de Julho (UNINOVE), São Paulo, SP, Brazil

2 - Postgraduate Program in Rehabilitation Sciences, Universidade Nove de Julho (UNINOVE), São Paulo, SP, Brazil

Author for correspondence:

Paulo Henrique Gusmão Nogueira Martins, M.Sc.

Laboratory of Phototherapy and Innovative Technologies in Health Post Graduate Program in Rehabilitation Sciences

Nove de Julho University (UNINOVE)

Rua Vergueiro, 235

Postal Code: 01504-001

São Paulo - SP, Brazil Fone: +55 11 3385 9134

E-mail: Paulo.h.gusmao@icloud.com

## INTRODUCTION

CrossFit® emerged in the early 2000s as a strength and fitness training method (Meyer et al., 2017), based on the combination of functional, constantly varied and high-intensity movements called WOD (Workout of the Day) or training of the day (Butcher et al., 2015).

This high physical demand has worried the scientific community, which is confirmed by the various publications that studied the relationship between the practice of CrossFit® and the risk of injuries (Maté-Muñoz et al., 2017). Since fatigue causes changes in the biomechanics of movement, increasing the risk of injuries (Weisenthal et al., 2014).

Muscle recovery strategies involve the use of a technique or a combination of techniques to enhance and accelerate the athlete's recovery, reducing the risk of injuries and improving performance (Pinto et al., 2016; Feito et al. 2018).

Some therapeutic modalities have been used for muscle recovery in sports, such as: Intermittent Pneumatic Compression - CPI (Hoffman et al. 2016), Extracorporeal Shock Wave Therapy - TOC (Fleckenstein et al., 2017) and Photobiomodulation Therapy - TFBM (Tomazoni et al., 2019).

The CPI are cameras positioned around the limb, sequentially inflating air and applying pressure (Haun et al., 2017). Studies suggest that pressure can improve recovery and reduce the sensation of muscle soreness (Hoffman et al., 2016).

In TOC, pressure pulses are emitted, with a peak of 35-120 Mpa, applied to small areas of 2-8 mm in diameter (Al-abbad et al., 2020). It has demonstrated positive results in clinical studies for injury rehabilitation, recovery (Speed et al., 2014; Fleckenstein et al., 2017) and pain reduction (Fleckenstein et al., 2017; Notamioola et al., 2018).

TFBM has satisfactory effects in reducing signs of fatigue, increasing performance and muscle strength (Tomazoni et al., 2019; Vanin et al., 2018; Leal-Junior et al., 2019). The results point to an attenuation of late-onset muscle pain and less increase in blood concentrations of muscle damage markers (De Paiva et al., 2016). Studies have shown positive results using the combination of TFBM and static Magnetic Field - TFBM-CMe (De Paiva et al., 2016).

The present study seeks to compare the therapeutic resources frequently used in clinical practice, in order to determine the most suitable for muscle recovery associated with the practice of CrossFit®.

## METHODS

12 CrossFit® athletes were recruited (between 18 and 36 years old), men, practicing the modality for at least 1 year, training 4 times or more per week and 100% presence in data collection. They must not be using pharmacological agents, nor have a history of musculoskeletal injuries in the hip, knee and ankle regions in the last month.

After the baseline assessment, volunteers were distributed to the type of treatment according to the study weeks, through online randomization on the website [www.randomization.org](http://www.randomization.org).

Control occurred through passive recovery. The therapist who applied the therapy was not the same one who carried out the assessments and data analysis. The functional analysis, pain scale and blood samples were carried out by researchers who had no knowledge of the therapies. Thus ensuring the blind design of the study.

Participants performed the WOD with a sequence of three exercises: Calories on the Assault AirBike®, Hang Squat Clean (40kg) and Box Jump Over (60.69cm), in a 21-15-9 series model, without rest. In the first series they had to complete twenty-one repetitions, in the second fifteen and in the last nine.

Assessments were carried out at baseline, 1h, 24h and 48h after the WOD, and will include:

-Countermovement Jump Test (CMJ) used as an indicator of functional capacity (Balsalobre-Fernández et al., 2015), the volunteer started standing with hands on hips and feet aligned, squatting to a position of approximately 90° of flexion of the knee and performed a vertical jump as high as possible. A smartphone was positioned to record the executions of three maximum CMJs, with the highest height being considered for analysis (Balsalobre-Fernández et al., 2015; Domelles et al., 2018). Jump height analysis was done using the My Jump 2 mobile application.

-CR-100 perceived exertion scale (Borg & Borg, 2002; Weston et al., 2015) as an indicator of internal load, simple, non-invasive, free of cost and validated for measuring exercise intensity (Weston et al., 2015; Pinto et al., 2016). Volunteers were asked to give a score from 0 to 100 for leg tiredness/fatigue (RPE-MI) and cardiorespiratory fatigue (RPE-R).

-Blood collection to analyze LDH (lactate dehydrogenase) levels to analyze muscle damage (De Paiva et al., 2016; Vanin et al., 2018; Leal-Junior et al., 2019).

Participants received a different type of treatment each week, according to randomization, until completing the 4 weeks of collections, characterizing the study's

crossover design. The therapies were administered 5 minutes after performing the WOD, with an average duration of 30 minutes, the treatment was controlled by passive recovery.

TFBM-CMe was applied to the knee extensors/hip flexors (129 seconds – 270J), knee flexors/hip extensors (115 seconds – 180J) and plantar flexors (115 – 60J) bilaterally (Vamin et al., 2018; Leal-Junior et al., 2019). A cluster with 20 diodes will be used, 4 of which are 905 nm (1.25 average power, 50 W peak power each, 8 are 850 nm (40 mW each) and 4 are 633 nm (25 mW each).

COI was performed with pneumatic boots bilaterally, based on the manufacturer's recommended protocol and comparable to that of previous studies (Hoffman et al., 2016; Haun et al., 2017).

TOC performed according to the manufacturer's instructions (Shock Wave Therapy – BTL-SWT), around 2000 pulses will be applied per region (05-20 Hz), with application at points along the quadriceps, hamstrings and triceps surae bilaterally, and total energy between 10.3 and 15.4mJ (Fleckenstein et al., 2017).

Passive recovery was performed at rest, in the supine position for 30 minutes, so that there was equivalence between the duration (Micheletti et al., 2019).

#### **STATISTICAL ANALYSIS**

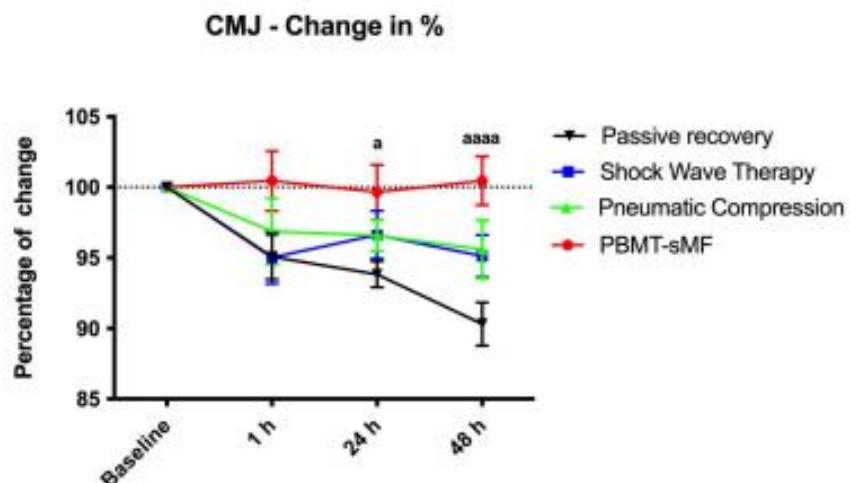
A priori, intention-to-treat analysis will be followed. The data will be analyzed in absolute values and in relation to its percentage variation. The results will be tested for normality using the Kolmogorov-Smirnov test. If parametric, we will use the ANOVA test with Bonferroni post-hoc (mean and standard deviation). If non-parametric, we will use the Friedman test with Wilcoxon post hoc (Median and Interquartile Range). The level of statistical significance will be  $p<0.05$ .

#### **RESULTS AND DISCUSSION**

There was no statistically significant difference in the analysis of learning bias or physical fitness improvement over the weeks regarding the duration of the WODs, regardless of the intervention or week. Therefore, there were no statistically significant differences ( $p>0.05$ ) in the outcomes regarding the duration of the WODs. The duration of the WOD for the week the athletes received the TFBM-CMe was 519.00 ( $\pm 72.05$ )

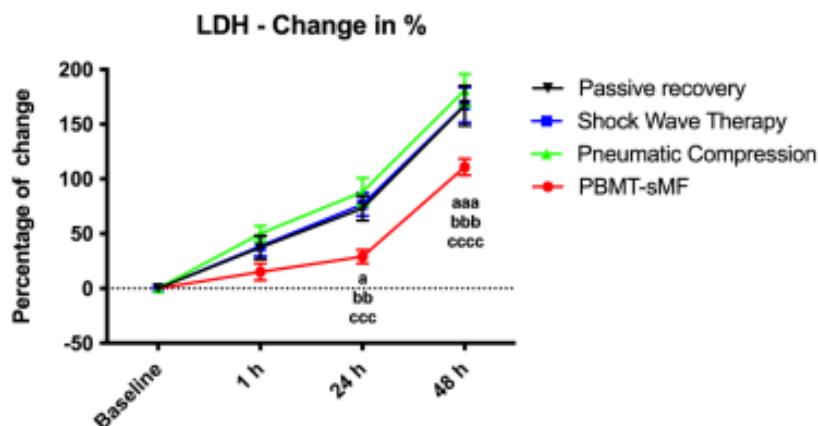
seconds; TOC 547.17 ( $\pm 128.26$ ) seconds; CPI 509.42 ( $\pm 82.36$ ) and passive recovery 512.25 ( $\pm 90.64$ ). Regarding the week in which the protocol was carried out, in the first week it was 557.33 ( $\pm 116.86$ ) seconds, the second week 526.83 ( $\pm 91.19$ ) seconds, the third week 503.50 ( $\pm 66.48$ ) seconds and fourth week of 500.17 ( $\pm 94.58$ ) seconds.

The values obtained through the functional assessment, CMJ, were favorable to TFBM-CMe in relation to the other treatments. It was observed that jump height showed a statistically significant difference ( $p<0.05$ ) at 24 and 48 hours after the WOD, when compared to Passive Recovery ( $p=0.0431$  and  $p<0.0001$  respectively), as demonstrated in figure 1.



**Figure 11.** Graph illustrating the percentage variation in CMJ height. The values are represented by the mean and standard error of the mean. the statistically significant difference 24h after WOD between TFBM-CMe compared to the Passive Recovery intervention ( $p=0.0431$ ). aaaa statistically significant difference 48h compared to Passive Recovery ( $p<0.0001$ ).

According to the data obtained in relation to the LDH variable, the athletes showed a lower increase in enzymatic activity in the week they received TFBM-CMe. This difference was statistically significant 24 hours post WOD when compared to Passive Recovery ( $p=0.0131$ ), OCD ( $p=0.0057$ ) and CPI ( $0.0003$ ). And in relation to Passive Recovery ( $p=0.0007$ ), OCD ( $p=0.0006$ ) and CPI ( $p<0.0001$ ) in 48 hours after WOD (figure 2).



**Figure 12.** Graph illustrating the percentage variation in LDH activity. The values are represented by the mean and standard error of the mean. In 24 hours the difference was statistically significant compared to the Passive Recovery intervention ( $p=0.0131$ ). bb statistically significant difference compared to the TOC intervention ( $p=0.0057$ ). ccc statistically significant difference compared to the CPI intervention ( $p<0.001$ ). ccc statistically significant difference compared to the CPI intervention ( $p=0.0003$ ). In 48h aaa statistically significant difference compared to the Passive Recovery intervention ( $p=0.0007$ ). bbb statistically significant difference compared to the TOC intervention ( $p=0.0006$ ). ccc statistically significant difference compared to the CPI intervention ( $p<0.0001$ ).

Seeking to optimize muscle recovery, our study found positive results for TFBM-CMe, when compared to other therapies used. The improvement in athletes' performance, in our primary outcome, was observed through the functional variable CMJ, a verification test that measures the height of the jump performed. This improvement was observed at 24 and 48 hours after strenuous fatigue-inducing exercise (WOD). In relation to oxidative stress, LDH, TFBM-CMe also showed positive results in comparison with other therapies both 24 and 48 hours after practicing the WOD.

To carry out the present study, the choice of athletes followed a series of pre-established requirements (inclusion and exclusion factors), with the aim of homogenizing the sample, and the possibility of learning bias was also excluded. The MY JUMP 2 application was chosen for functional analysis because studies show that it matches the

force platform and contact platform measurements in several different jumps (Balsalobre-Fernández et. Al, 2014; Gallardo-Fuentes et. Al, 2016). In addition to monitoring fatigue, the vertical jump test (CMJ) has been used for several purposes, such as to assess lower limb power and identify talents (Hamilton, 2019). The study by De Marchi et al. (2017), found a similar result, considering that the effect of TFBM-CMe was better for maintaining CMJ performance compared to other treatments performed. Dornelles et al. (2019), presented positive results for the previous application of TFBM-CMe, which promoted recovery around 53% better with beneficial effects observed by evaluating the CMJ in comparison with placebo. Thus, TFBM-CMe has stood out with superior results in functional tests in relation to CPI and OCD, not only in the present study, but previous studies also did not observe positive results for these therapeutic modalities in the functional variables evaluated (Harwood et. Al , 2018; Heapy et. Al, 2018).

It is known that muscle damage caused by exercise generates inflammation, triggering the release of certain enzymes into the bloodstream, such as LDH, according to Baroni et al. (2010) and Zinoubi et al. (2018) and can also be considered an indication of fatigue. Our results demonstrate the increase in this marker in all weeks of testing, proving the effectiveness of the exercise used to induce fatigue. However, when treated with TFBM-CMe, athletes showed a lower increase in LDH after exercise. This difference in elevation can be observed both 24 and 48 hours after WOD in relation to other therapies. Therefore, we can suggest that TFBM-CMe is possibly related to the increase in local microcirculation, an event already observed by Huang et al. (2011).

Our results are in line with data from Pinto et al. (2022), who found a decrease in blood markers for muscle damage with the use of TFBM-CMe also at 24 and 48 hours after strenuous WOD exercise. In order to evaluate the effects of CPI therapy on muscle damage after strenuous exercise, Wiecha et al. (2021) also did not find a reduction in enzymatic activity in blood markers. Just like passive recovery, in a study conducted by Gill et al. (2006), showed no effect in relation to the decrease in blood markers for muscle damage after fatiguing exercise.

TFBM-CMe proved to be effective in reducing the production of the muscle damage marker, consequently improving performance in the functional test, data that is in line with the results presented by Leal-Junior et al. (2018).

According to the subjective assessment of effort, no statistically significant differences were observed in relation to the therapies. However, we observed that when the different assessment moments were compared to baseline, RPE was statistically elevated immediately after performing the WOD, both in terms of internal (muscular) and external (respiratory) load. Thus indicating that the WOD selected from the study by Pinto et al. (2022) carried out with Crossfit® athletes was, once again, effective in causing the expected fatigue. In the response of RPE in the respiratory parameter, the athletes reported respiratory fatigue (feeling of shortness of breath) and muscular RPE, higher than that observed before the WOD.

Our study included the assessment of athlete satisfaction with the therapeutic resources used each week, using the LIKERT scale. The results showed that athletes had greater satisfaction when they received the CPI and TOC in relation to the TFBM-CMe. Related to CPI, this statement is controversial, since CPI did not show better recovery compared to other therapies. Therefore, athletes' satisfaction with CPI may be related to the sensation promoted during its application, which is similar to manual lymphatic drainage massage (Dunn et. Al, 2022; 101,102. Providing a pleasant impression and sensory effect (touch of intense and rhythmic pressure during application), which can generate positive results in subjective outcomes, such as the sensation of muscle pain after strenuous exercise (Atan, Bahar-Özdemir 2021).

Research that investigated injuries during the practice of this activity correlated the risk of injuries with the fatigue generated by high intensity (Hak et. Al, 2013; Weisenthal et. al, 2014; Maté-Muñoz et. Al, 2017), being of great value investigate therapeutic resources that enable a reduction in recovery time (Pinto et. Al, 2016; Antonielli et. Al, 2014; Leal-Junior et. Al, 2018) as observed with the use of TFBM-CMe in the present study. Increasing sporting longevity, managing to improve performance, is very important for the athlete's routine, since injuries or poor recovery can cause pauses in training and even loss of previously acquired achievements (Farrel, 2005; Pastre et. Al, 2007).

#### **FINAL CONSIDERATIONS**

The aspects investigated in our study show that among the therapeutic resources evaluated, TFBM-CMe showed greater effectiveness in recovering signs of muscle fatigue after strenuous exercise in Crossfit® athletes when compared to TOC, CPI and passive recovery. Demonstrating superior performance in the functional test, in addition

to being able to improve blood markers indicative of muscle damage and thus reduce recovery time. Standing out as an alternative therapeutic resource to be used in competitions or training for athletes seeking better performance.

#### BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Al-Abbad, H., Allen, S., Morris, S. et al. The Effects of shockwave therapy on musculoskeletal conditions based on changes in imaging: a systematic review and meta-analysis with meta regression. *BMC Musculoskelet Disord* 21, 275 (2020).
- Atan T, Bahar-Özdemir Y. The Effects of Complete Decongestive Therapy or Intermittent Pneumatic Compression Therapy or Exercise Only in the Treatment of Severe Lipedema: A Randomized Controlled Trial. *Lymphat Res Biol*. 2021 Feb;19(1):86-95.
- Antonialli FC, De Marchi T, Tomazoni SS, Vanin AA, dos Santos Grandinetti , de Paiva PR, Pinto HD, Miranda EF, de Tarso Camillo de Carvalho P, Leal-Junior EC. Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. *Lasers Med Sci*. 2014 Nov;29(6):1967-76.
- Balsalobre-Fernández C, Glaister M, Lockey RA. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *J Sports Sci*. 2015;33(15):1574-9.
- Balsalobre-Fernández C, Tejero-González CM, del Campo-Vecino J, Bavaresco N. The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *J Strength Cond Res*. 2014 Feb;28(2):528-33. doi: 10.1519/JSC.0b013e318299a52e. PMID: 23689339.
- Baroni BM, Leal Junior EC, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2010 Nov;110(4):789-96. doi: 10.1007/s00421-010-1562-z. Epub 2010 Jul 3. PMID: 20602109.
- Borg E, Borg G. (2002) A comparison of AME and CR100 for scaling perceived exertion. *Acta Psychol (Amst)*. Feb;109(2):157-75. PubMed PMID: 11820425.
- Butcher SJ, Neyedly TJ, Horvey KJ, Benko CR. Do physiological measures predict selected CrossFit® benchmark performance? *Open Access J Sports Med*. 2015 Jul 31;6:241-7.
- De Marchi, T.; Schmitt, V.M.; Machado, G. P.; De Sene, J. S.; De Col, C. D.; Tairova, O.; Salvador, M.; Leal Junior E. C. Does photobiomodulation therapy is better than cryotherapy in muscle recovery after a high-intensity exercise? A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*, v. 32, n. 2, p. 429-437, 2017.

De Paiva PV, Tomazoni SS, Johnson DS, Vanin AA, Albuquerque-Pontes GM, Machado CSM, Casalechi HL, De Carvalho PTC, Leal-Junior ECP . (2016) Photobiomodulation therapy (TFBM) and/or cryotherapy in skeletal muscle restitution, what is better? A randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. Lasers in Medical Science. 31,1925-1933.

Domelles MP, Fritsch CG, Sonda FC, Johnson DS, Leal-Junior ECP, Vaz MA, Baroni BM. Photobiomodulation therapy as a tool to prevent hamstring strain injuries by reducing soccer-induced fatigue on hamstring muscles. Lasers Med Sci. 2019 Aug;34(6):1177-1184. doi: 10.1007/s10103-018-02709-w. Epub 2019 Jan 3. PMID: 30607719.

Dunn N, Williams EM, Dolan G, Davies JH. Intermittent Pneumatic Compression for the Treatment of Lower Limb Lymphedema: A Pilot Trial of Sequencing to Mimic Manual Lymphatic Drainage Versus Traditional Graduated Sequential Compression. Lymphat Res Biol. 2022 Oct;20(5):514-521.

Gallardo-Fuentes F, Gallardo-Fuentes J, Ramírez-Campillo R, Balsalobre-Fernández C, Martínez C, Caniuqueo A, Cañas R, Banzer W, Loturco I, Nakamura FY, Izquierdo M. Intersession and Intrasession Reliability and Validity of the My Jump App for Measuring Different Jump Actions in Trained Male and Female Athletes. J Strength Cond Res. 2016 Jul;30(7):2049-56. doi: 10.1519/JSC.0000000000001304. PMID: 27328276.

Farrell PM. Much more research needed on injury prevention. WMJ. 2005 Feb;104(2):55-6. PMID: 15856744.

Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WSC. High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. Sports (Basel). 2018 Aug 7;6(3):76.

Fleckenstein J, Fritton M, Himmelreich H, Banzer W. (2017) Effect of a Single Administration of Focused Extracorporeal Shock Wave in the Relief of Delayed-Onset Muscle Soreness: Results of a Partially Blinded Randomized Controlled Trial. Arch Phys Med Rehabil. 2017 May;98(5):923-930.

Gill ND, Beaven CM, Cook C. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. Br J Sports Med. 2006; 40(3) :260–263.

Hak PT, Hodzovic E, Hickey B. The nature and prevalence of injury during CrossFit training. J Strength Cond Res. 2013 Nov 22. doi: 10.1519/JSC.0000000000000318. Epub ahead of print. PMID: 24276294.

Hamilton D. Drop jumps as an indicator of neuromuscular fatigue and recovery in elite youth soccer athletes following tournament match play. J Aus Strength Cond. 2009;17(4):3.

- Harwood AE, Green J, Cayton T, Raza A, Wallace T, Carradice D, Chetter IC, Smith GE. A feasibility double-blind randomized placebo-controlled trial of extracorporeal shockwave therapy as a novel treatment for intermittent claudication. *J Vasc Surg.* 2018 Feb;67(2):514-521.e2.
- Haun CT, Roberts MD, Romero MA, Osbum SC, Mobley CB, Anderson RG, Goodlett MD, Pascoe DD, Martin JS. (2017) Does external pneumatic compression treatment between bouts of overreaching resistance training sessions exert differential effects on molecular signaling and performance-related variables compared to passive recovery? An exploratory study. *PLoS One.* Jun 29;12(6): e0180429.
- Heapy, A. M., Hoffman, M. D., Verhagen, H. H., Thompson, S. W., Dhamija, P., Sandford, F. J., & Cooper, M. C. A randomized controlled trial of manual therapy and pneumatic compression for recovery from prolonged running - an extended study. *Res Sports Med.* 2018; 26(3):354–364.
- Huang YY, Sharma SK, Carroll J, Hamblin MR. (2011) Biphasic dose response in low level light therapy - An update. *Dose Response.* 9:602-618.
- Hoffman MD, Badowski N, Chin J, Stuempfle KJ. A Randomized Controlled Trial of Massage and Pneumatic Compression for Ultramarathon Recovery. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2016 May;46(5):320-6. doi: 10.2519/jospt.2016.6455. Epub 2016 Mar 23. PubMed PMID: 27011305.
- Leal-Junior ECP, Lopes-Martins RÁB, Bjordal JM. (2019) Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. *Braz J Phys Ther.* pii: S1413-3555(18) 31021-9.
- Maté-Muñoz JL, Lougedo JH, Barba M, García-Fernández P, Garnacho-Castaño MV, Dominguez R (2017) Muscular fatigue in response to different modalities of Crossfit sessions. *PLoS ONE* 12(7): e0181855.
- Meyer J, Morrison J, Zuniga J. The Benefits and Risks of CrossFit: A Systematic Review. *Workplace Health Saf.* 2017 Dec;65(12):612-618.
- Micheletti JK, Vanderlei FM, Machado AF, de Almeida AC, Nakamura FY, Netto Junior J, Pastre CM. (2019) A New Mathematical Approach to Explore the Post-exercise Recovery Process and Its Applicability in a Cold Water Immersion Protocol. *J Strength Cond Res.* May;33(5):1266-1275.
- Notarnicola A, Covelli I, Maccagnano G, Marvulli R, Mastromauro L, Ianieri G, Boodhoo S, Turitto A, Petruzzella L, Fari G, Bianchi FP, Tafuri S, Moretti B. (2018) Extracorporeal shockwave therapy on muscle tissue: the effects on healthy athletes. *J Biol Regul Homeost Agents.* Jan-Feb;32(1):185-193.
- Pastre CM, Carvalho Filho G, Monteiro HL, Netto Júnior J, Padovani CR, Basas Garcia Á. Exploração de fatores de risco para lesões no atletismo de alta performance. *Rev Bras Med do Esporte [Internet].* junho de 2007;13(3):200–4.

Pinto HD, Vanin AA, Miranda EF, Tomazoni SS, Johnson DS, Albuquerque-Pontes GM, Aleixo IO Junior, Grandinetti VD, Casalechi HL, de Carvalho PT, Leal-Junior EC. (2016) Photobiomodulation Therapy Improves Performance and Accelerates Recovery of High-Level Rugby Players in Field Test: A Randomized, Crossover, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Study. *J Strength Cond Res.* Dec;30(12):3329-3338.

Pinto, Henrique Dantas ; Casalechi, Heliodora Leão ; De Marchi, Thiago ; Machado, Caroline dos Santos Monteiro ; Dias, Luana Barbosa ; Lino, Matheus Marinho Aguiar ; de Azevedo, Jônatas Bezerra ; Tomazoni, Shaiane da Silva ; Leal-Junior, Ernesto Cesar

Pinto . Photobiomodulation Therapy Combined with a Static Magnetic Field Applied in Different Moments Enhances Performance and Accelerates Muscle Recovery in CrossFit® Athletes: A Randomized, Triple-Blind, Placebo-Controlled Crossover Trial. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity (Online)* 2022; 1-12.

Speed, C. (2014) A systematic review of shockwave therapies in soft tissue conditions: focusing on the evidence. *Br J Sports Med.* 48(21):1538-42.

Tomazoni SS, Machado CDSM, De Marchi T, Casalechi HL, Bjordal JM, de Carvalho PTC, Leal-Junior ECP. Infrared Low-Level Laser Therapy (Photobiomodulation Therapy) before Intense Progressive Running Test of High-Level Soccer Players: Effects on Functional, Muscle Damage, Inflammatory, and Oxidative Stress Markers-A Randomized Controlled Trial. *Oxid Med Cell Longev.* 2019 Nov 16;2019:6239058. doi: 10.1155/2019/6239058. PMID: 31827687; PMCID: PMC6885272.

Vanin, AA, Verhagen, E., Barboza, SD et al. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci* 33, 181–214 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2368-6>.

Weisenthal BM, Beck CA, Maloney MD, DeHaven KE, Giordano BD.(2014) Injury Rate and Patterns Among Crossfit Athletes. *Orthop J Sports Med.* Apr 25;2(4):2325967114531177.

Weston M, Siegler J, Bahnert A, McBrien J, Lovell R. (2015) The application of differential ratings of perceived exertion to Australian Football League matches. *J Sci Med Sport.* Nov;18(6):704-8.

Wiecha S, Jarocka M, Wiśniowski P, Cieślinski M, Price S, Makaruk B, Kotowska J, Drabarek D, Cieślinski I, Saczewicz T. The efficacy of intermittent pneumatic compression and negative pressure therapy on muscle function, soreness and serum indices of muscle damage: a randomized controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2021 Nov 13;13(1):144.

Zinoubi B, Zbidi S, Vandewalle H, Chamari K, Driss T. Relationships between rating of perceived exertion, heart rate and blood lactate during continuous and alternated-intensity cycling exercises. *Biol Sport.* 2018 Mar;35(1):29-37. doi: 10.5114/biolspor.2018.70749. Epub 2017 Oct 12. PMID: 30237659; PMCID: PMC6135975.