



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

SUPLEMENTAÇÃO HIPERPROTEICA VS
SUPLEMENTAÇÃO HIPERGLICÍDICA: IMPACTOS NA
RECUPERAÇÃO DO DANO MUSCULAR APÓS EXERCÍCIO
DE FORÇA EXCÊNTRICA

LUANA SOUZA DE FARIAS

São Cristóvão
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

SUPLEMENTAÇÃO HIPERPROTEICA VS
SUPLEMENTAÇÃO HIPERGLICÍDICA: IMPACTOS NA
RECUPERAÇÃO DO DANO MUSCULAR APÓS
EXERCÍCIO DE FORÇA EXCÊNTRICA

LUANA SOUZA DE FARIAS

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Educação Física da
Universidade Federal de Sergipe como
requisito parcial para obtenção do título de
Mestra em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza

São Cristóvão

2023

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

F224s Farias, Luana Souza de
Suplementação hiperproteica vs suplementação hiperglicídica :
impactos na recuperação do dano muscular após exercício de
força excêntrica / Luana Souza de Farias ; orientadora Lucio
Marques Vieira Souza. – São Cristóvão, SE, 2023.
46 f. : il.

Dissertação (mestrado em Educação Física) – Universidade
Federal de Sergipe, 2023.

1. Educação física. 2. Exercícios físicos. 3. Hipertrofia. 4.
Suplementos dietéticos. 5. Metabolismo energético. 6. Mialgia. I.
Souza, Lucio Marques Vieira, orient. II. Título.

CDU 796

LUANA SOUZA DE FARIAS

SUPLEMENTAÇÃO HIPERPROTEICA VS
SUPLEMENTAÇÃO HIPERGLICÍDICA: IMPACTOS NA
RECUPERAÇÃO DO DANO MUSCULAR APÓS
EXERCÍCIO DE FORÇA EXCÊNTRICA

Dissertação apresentada ao Núcleo de
Pós-Graduação em Educação Física da
Universidade Federal de Sergipe como
requisito parcial para obtenção do grau de
Mestra em Educação Física.

Aprovada em ____/____/____

Orientador: Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza

1º Examinador: Prof. Dr. Donizete Cícero Xavier de Oliveira

2º Examinador: Prof. Dr. Tharciano Luiz Teixeira Braga da Silva

3º Examinador: Prof. Dr. Prof. Dr. Afrânio Andrade Bastos

4º Examinador: Prof. Prof. Dr. Felipe José Aida Martins

PARECER

.....
.....
.....
.....
.....

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me abençoar com minha saúde, meu emprego, minha vida. Sem as bênçãos do senhor eu não seria quem eu sou e não teria sustentação para chegar aonde cheguei e ir muito mais além. Pois eu sou instrumento de sua obra na terra e quero sempre caminhar no caminho do bem; Agradeço aos meus pais: Sr. Manoel e a dona Zene por todo ensinamento, formação de caráter, base familiar. Ao meu pai, que é o meu exemplo, mesmo sendo analfabeto, sempre fez de TUDO e mais um pouco para suas filhas irem cada vez mais longe em seus estudos. Obrigada meu pai!

Minha mãe, eu queria ser a “metade da metade” da mulher que a senhora é. Você é o meu exemplo na vida.

Ao meu filho, meu amor maior, meu farol, meu porto seguro, minha fortaleza. Meu “tisco” mamãe te ama mais do que tudo no mundo.

Aos meus colegas nessa dura jornada que é o mestrado: Abílio, nossas noites em claro, palavras de apoio e “chave do ap.” foram partes fundamentais nesse processo. A Josimar e Vanessa Viveiros que me deram tanto apoio e força quando eu não tinha mais, vocês são demais!!

Ao professor Clésio que muito me incentivou a entrar no mestrado e não soltou minha mão em nenhum minuto, até quando pensei em desistir. Obrigada, professor!

Ao meu orientador que é muito mais que orientador, é um pai, amigo e profissional que tenho muito que me espelhar. Lúcio, o que o senhor faz por seus orientandos vai muito além da relação professor-aluno, seu acolhimento, preocupação e direcionamento foram essenciais para que eu não desistisse. Muito obrigada por tudo.

Ao professor Afrânio Bastos, que me apresentou as bases da docência, ao projeto Rondon, no qual fui participante em 2022. Professor, o senhor é único e eu vou levar seus ensinamentos até os últimos dias de minha vida. Parafraseando Montaigne: “O lucro do nosso estudo é tornarmo-nos melhores e mais sábios.”

Agradeço, CLARO, ao presidente LULA, que defende o ensino, as universidades, que incentiva a pesquisa e leva o nome do nosso país da melhor forma possível para todo o mundo. OBRIGADA PAI LULA!!

Por fim, agradeço a mim por ser como eu sou e ter sabedoria e discernimento e dizer que não é possível me parar.

RESUMO

Introdução: O treinamento excêntrico é considerado um dos melhores métodos para hipertrofia e ganho de força. No entanto, no pós-treino observa-se aumento da dor muscular e elevada degradação proteica o que reduz a força muscular pós-treino. **Objetivo:** Verificar a influência da suplementação hiperproteica e hiperglicídica pós-treino excêntrico em marcadores de lesão e dor muscular. **Metodologia:** Trata-se de um estudo transversal do tipo caso-controle, duplo-cego, randomizado, crossover, onde foram medidos 15 homens ($25,0 \pm 1,4$ anos; $83,4 \pm 2,2$ kg; $11,5 \pm 3,6$ % de gordura corporal) fisicamente treinados em duas situações distintas, onde foi suplementado: dieta hiperproteica – PRO (70% proteína e 30% carboidrato) e dieta hiperglicídica – CHO (70% carboidrato e 30% proteína). Para analisar o dano muscular foram utilizados os níveis séricos de mioglobina (MYO), creatina fosfoquinase (CPK), lactato desidrogenase (LDH) e leucócitos (monócitos, neutrófilos e linfócitos). A força máxima foi estimada pelo teste de 10RMs. A dor muscular foi estimada através de escala analógica visual. A intervenção consistiu em 5 séries de 10 repetições, onde os exercícios aplicados foram :para membros superiores (supino reto) e para membros inferiores (leg-press). **Resultados:** Foi observado que houve lesão tecidual gerada pela sessão de exercícios, independente do grupo tratado (CHO: 407.2 ± 96.6 vs 612.2 ± 104.7 , $p=0.0019$; PRO: 415.5 ± 85.2 vs 591.1 ± 73.4 , $p=0.0004$). Em contrapartida, 48h e 72h após a execução do exercício, a suplementação de PRO reduziu os níveis de CK em 13.1%, ($p=0.0408$) e 19.72% ($p=0.0001$), respectivamente, comparado ao grupo CHO nos mesmo tempos; LDH, não demonstrou diferença entre os tipos de tratamentos utilizados no estudo ($p>0.05$); Tanto os sujeitos suplementados com CHO quanto por PRO tiveram um aumento na PSD muscular após a sessão de exercício excêntrico na ordem de 347.57% ($p<0.0001$) e 305.23% ($p<0.0001$); Não houve diferença estatística ($p>0.05$) na força muscular entre os grupos suplementados com CHO e PRO nos tempos analisados. **Conclusão:** Foi observado que o exercício excêntrico pode gerar dano muscular. Paralelamente, adultos ativos do sexo masculino, quando submetidos a uma sessão de treinamento excêntrico, apresentaram mais rápida recuperação da lesão tecidual quando consumiram suplemento PRO, onde foi observado a redução dos marcadores CK e MYO. Pois os suplementos alimentares destinam-se a completar e melhorar a dieta, otimizar a recuperação durante ou após os esforços e aumentar as reservas energéticas necessárias.

Palavras-chave: Metabolismo Energético; Mialgia; Biomarcadores; Suplementos Nutricionais.

ABSTRACT

Introduction: Eccentric training is considered one of the best methods for hypertrophy and strength gain. However, in the post-training period, there is an increase in muscle soreness and high protein degradation, which reduces post-training muscle strength. **Objective:** To verify the influence of supplementation hyperprotein and hyperglycemic activity after eccentric training in markers of injury and muscle pain. **Methodology:** This is a case-by-case cross-sectional study. control, double-blind, randomized, crossover, where 15 men were measured (25.0 ± 1.4 years; 83.4 ± 2.2 kg; $11.5 \pm 3.6\%$ body fat) physically trained in two different situations, where it was supplemented: diet hyperproteic – PRO (70% protein and 30% carbohydrate) and hyperglycemic diet – CHO (70% carbohydrate and 30% protein). To analyze muscle damage, serum levels of myoglobin (MYO), creatine phosphokinase (CPK), lactate dehydrogenase (LDH) and leukocytes (monocytes, neutrophils and lymphocytes). A maximum strength was estimated by the 10RMs test. Muscle soreness was estimated through a visual analogue scale. The intervention consisted of 5 sets of 10 repetitions in one exercise for upper limbs (bench press) and one for lower limbs (leg-press). **Results:** The tissue injury generated by the exercise session was verified, regardless of the treated group (CHO: 407.2 ± 96.6 vs 612.2 ± 104.7 , $p=0.0019$; PRO: 415.5 ± 85.2 vs 591.1 ± 73.4 , $p=0.0004$). On the other hand, 48h and 72h after the execution of the exercise, the supplementation of PRO reduced the levels of CK in 13.1%, ($p=0.0408$) and 19.72% ($p=0.0001$), respectively, compared to the CHO group at the same times; LDH, showed no difference between the types of treatments used in the study ($p>0.05$); Both subjects supplemented with CHO and PRO had an increase in PSD muscle after the eccentric exercise session in the order of 347.57% ($p<0.0001$) and 305.23% ($p<0.0001$). there was no statistical difference ($p>0.05$) in the muscle strength between groups supplemented with CHO and PRO at times analyzed. **Conclusion:** It was observed that eccentric exercise can generate muscle damage. At the same time, active male adults, when submitted to an eccentric training session, showed faster recovery from tissue injury when they consumed PRO supplement, where the reduction of CK and MYO markers was observed. Thus, food supplements are intended to supplement and improve the diet, optimize recovery during or after efforts and increase the necessary energy reserves.

Keywords: Energy Metabolism; Myalgia; Biomarkers; Dietary Supplements.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organograma de seleção da amostra	22
Figura 2: Delineamento experimental do estudo	22
Figura 3: Avaliação do impacto da suplementação de carboidratos (CHO) e proteínas (PRO) em praticantes de treinamento resistido após sessão única de exercício excêntrico.	32
Figura 4: Percepção subjetiva de dor muscular (cm) dos grupos suplementados com solução hiperglicídica (CHO) ou hiperproteica (PRO).	33
Figura 5: Avaliação da força muscular pré e pós suplementação de carboidratos (CHO) e proteínas (PRO) em sujeitos submetidos a exercícios de prioridade excêntrica no leg press (A) e supino reto (B).	34

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da amostra	23
Tabela 2 - Composição em macronutrientes dos produtos utilizados para composição dos shakes PRO e CHO.	26
Tabela 3 - Variação de Leucócitos totais e frações ao longo do período experimental (n=15)	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Aminoácido
BCAA	Aminoácido De Cadeia Ramificada
CM/cm	Centímetro
CPK/CK	Creatina fosfoquinase
DOMS	(<i>Delayed Onset Muscle Soreness</i>) Dor muscular de início tardio
g	Gramma
H/h	Hora
IVAS	Infecção do trato respiratório superior
KCAL	Quilocalorias
KG	Quilograma
KM	Quilômetro
LDH	Lactato Desidrogenase
M/m	Metros
MIN	Minutos
ML/mL	Mililitros
MMII	Membros Inferiores
MMSS	Membros Superiores
MYO	Mioglobina
n	Amostra
ng	Nanograma
µl	Microlitro

PAR- q	Questionário de prontidão de atividade física
PLA	Placebo
PSD	Percepção Subjetiva da dor
RM	Repetição Máxima
RPM	Rotações por minuto
ROS	Espécies Reativas De Oxigênio
UI	Unidade Internacional

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 HIPÓTESE	14
3 OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GERAL	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4 REVISÃO DE LITERATURA	16
4.1 Prática de exercícios físicos excêntricos	16
4.2 Prática de exercícios físicos excêntricos relacionados ao dano muscular e dor muscular	16
4.3 Biomarcadores séricos do dano muscular	17
4.3 Estratégias para melhoria do dano e dor muscular: influência da suplementação com proteína e carboidratos na melhoria desses indicadores	19
5 MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1 <i>Tipo de Estudo</i>	21
5.2 <i>Caracterização da Amostra</i>	21
5.3 <i>Desenho Experimental</i>	22
5.4 <i>Instrumentos</i>	23
5.5 <i>Protocolo de medidas de força muscular e prescrição de treinamento</i>	24
5.6 <i>Protocolo de medidas bioquímicas</i>	24
5.7 <i>Protocolo da percepção subjetiva de dor</i>	25
5.8 <i>Protocolo de suplementação</i>	26
5.9 <i>Análise estatística</i>	26
6 RESULTADOS	28
7 DISCUSSÃO	35
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41

INTRODUÇÃO

A prática regular de exercício físico é uma importante ferramenta na manutenção da saúde, onde resulta em uma infinidade de benefícios, como redução do risco de doenças cardiovasculares¹. Por outro lado, sessões intensas de treinamento físico também podem resultar em microlesões às proteínas contráteis, chamadas de dano muscular, demonstrado através do aumento pós-exercício de marcadores de dano muscular e dor muscular de início tardio². Apesar da literatura relatar que o dano muscular pode ser gerado por qualquer tipo de exercício excêntrico, este é mais frequentemente causado pelos exercícios excêntricos de alta intensidade³. O dano muscular pode ocorrer, principalmente porque quantidades reduzidas de unidades motoras são recrutadas durante esse exercício em comparação com outras formas de ação muscular, o que pode resultar em uma maior força e, portanto, maior estresse mecânico^{3,4}.

Como resultado desse estresse, alterações histopatológicas podem ser geradas nas fibras dos músculos, a dor muscular, que acarreta numa maior resposta inflamatória, poderá promover redução na capacidade de trabalho com consequente redução de desempenho esportivo⁵.

Como resposta ao dano muscular, provocado pelo exercício excêntrico de alta intensidade, marcadores de dano são identificados laboratorialmente através do aumento de marcadores sanguíneos⁶ a exemplo da creatina quinase (CK), mioglobina (MYO) e da lactato desidrogenase (LDH). Desses, a CK é considerada o melhor marcador para a detecção e monitoramento de danos musculares⁷, atrelado aos níveis séricos de mioglobina que também pode ser utilizado como forte marcador do dano muscular^{7,8}.

Ademais, os níveis de macrófagos e neutrófilos também se apresentam elevados pós-treino excêntrico, uma vez que estas células imunes tendem a iniciar o processo de reparação muscular e hipertrofia.⁹ A resposta inflamatória pode ser detectada imediatamente após o exercício com leucocitose, explicada principalmente por um aumento transitório na contagem de neutrófilos, que é mais pronunciado nas primeiras 24 horas⁴.

Estudos^{5,9,10,11} demonstram que uma estratégia que pode melhorar tanto o dano muscular, quanto a dor e manter ou melhorar o desempenho funcional, pode ser

alcançado através de suplementos dietéticos, a exemplo de aminoácidos, proteínas isoladas e carboidratos, os quais vem sendo amplamente utilizados na área esportiva a exemplo do *whey protein* (composto rico em proteínas isolada).

A suplementação de *whey protein* em atletas após exercício excêntrico, mostrou haver preservação da força isométrica e isocinética, quando comparado a sujeitos que consumiram carboidratos¹¹. Da mesma forma, a dor muscular induzida pelo exercício excêntrico foi reduzida com a administração de aminoácido de cadeia ramificada (BCAA)⁹. No entanto, os mesmos efeitos não foram observados para suplementação de creatina¹².

Diante o exposto, uma estratégia nutricional pós-treino excêntrico inadequada ou inexistente afetará a qualidade do treinamento subsequente, ou seja, faz-se necessário avaliar o consumo alimentar adequado, uma vez que pode tornar-se fundamental para o aprimoramento do desempenho físico e alcance dos objetivos^{13,14}

Diversos estudos^{10,11,12,14,15} têm testado e sugerido diferentes estratégias nutricionais pós-treino com o objetivo de acelerar a recuperação do dano muscular e iniciar mais rapidamente o processo de hipertrofia, dentre estas estratégias tem-se o uso de, aminoácidos de cadeia ramificada⁹ *whey protein*¹¹, suplementos mistos de proteínas e carboidrato¹⁰ e creatina¹². No entanto, até o presente momento são desconhecidos estudos que tenham comparado diferentes proporções de uma dieta hiperproteica e hiperglicídica.

O escopo desta dissertação é analisar o impacto da suplementação hiperproteica em comparação com a suplementação hiperglicídica na redução dos marcadores de dano muscular, na percepção subjetiva de dor e na recuperação da força em adultos ativos após exercícios excêntricos de alta intensidade. Na medida em que os efeitos do treinamento podem ser aprimorados mediante a implementação de estratégias apropriadas de reposição energética, espera-se possível alcançar uma resposta acelerada no processo de regeneração muscular.

2 HIPÓTESE

O aumento da proporção de proteínas na dieta terá um impacto mais significativo na recuperação da força muscular, na redução do dano muscular e na diminuição da dor muscular, reduzindo assim os biomarcadores inflamatórios associados à lesão muscular em comparação com uma dieta hiperglicídica.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o efeito da suplementação hiperproteica vs hiperglicídica após exercício de força excêntrica nos marcadores de dano muscular, dor muscular e níveis de força em indivíduos adultos ativos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Calcular os níveis de força de MMSS e MMII em adultos ativos após exercício de força excêntrica após suplementação hiperproteica e hiperglicídica;
- b. Classificar a percepção subjetiva de dor muscular após exercício de força excêntrica em indivíduos adultos ativos após suplementação hiperproteica e hiperglicídica;
- c. Comparar os níveis séricos de dano muscular antes e após exercício de força excêntrica em indivíduos adultos ativos após suplementação hiperproteica e hiperglicídica;

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Prática de exercícios físicos excêntricos

A prática de exercícios físicos regulares resulta em melhorias na saúde dos indivíduos, um dos benefícios que podem ser citados é a redução do risco de doenças cardiovasculares¹. No entanto, os efeitos do exercício físico também podem ser influenciados pela presença de outros fatores relacionados ao estilo de vida, a exemplo do uso de tabaco, álcool, uma má alimentação e o estresse mental¹⁶.

Indivíduos relatam que o medo de desenvolver lesões é uma barreira importante para a prática de esportes, apesar dos benefícios para a saúde. A incidência, prevalência e tipo de lesões esportivas variam de homem para mulher¹¹

Exercícios não habituais, extenuantes de alta intensidade ou de longa duração podem induzir o dano muscular¹⁴. No entanto, o dano muscular pode ser causado com mais frequência por exercícios excêntricos de alta intensidade^{3,4}. A ação muscular excêntrica é caracterizada pelo alongamento do músculo esquelético enquanto produz força¹⁷.

Uma repetição de exercício resistido normalmente consiste em uma fase ou ação de encurtamento muscular, ou seja, concêntrico e alongamento, ou seja, excêntrico¹⁸.

O treinamento de alta intensidade e longa duração pode resultar não apenas em fadiga, mas também em inflamação, levando a um estado de “janela aberta” para a invasão de patógenos¹⁹. Sendo assim, sessões intensas de treinamento físico resultam em microlesões, dano muscular, que pode ser demonstrado através do aumento pós-exercício de marcadores de dano muscular e dor muscular de início tardio².

4.2 Prática de exercícios físicos excêntricos relacionados ao dano muscular e dor muscular

A sensação de desconforto e dor muscular atinge o seu pico cerca de 24h-48h após a atividade muscular excêntrica, e este fenômeno é referido como dor muscular de início retardado (DOMS)². Esse estado de dor pode ocorrer, principalmente, porque

quantidades reduzidas de unidades motoras são recrutadas durante esse exercício em comparação com outras formas de ação muscular, o que pode resultar em uma maior força e, portanto, maior estresse mecânico^{3,4}.

Entretanto, como resultado desse estresse mecânico, alterações histopatológicas podem ser geradas nas fibras dos músculos, onde a dor muscular e a resposta inflamatória podem reduzir a capacidade de trabalho com possível redução de desempenho esportivo⁵.

O exercício de alta intensidade pode levar a um desequilíbrio temporário entre a produção e a remoção de espécies ativas de oxigênio/nitrogênio, o que pode levar ao estresse oxidativo^{3,20}.

Quando os indivíduos não se exercitam regularmente, os músculos podem desenvolver fadiga e fraqueza, durante um período limitado de tempo¹⁵. A fadiga neuromuscular pode ser considerada como a perda de competência do músculo ao gerar força ou manter o desempenho durante a realização do exercício físico²¹.

A DOMS como um indicador de lesão muscular, nem o processo fisiológico subjacente que leva à dor muscular de início tardio (DOMS) está relacionado com a perda de força muscular², no entanto, a perda de força, a dor muscular, e os níveis de proteínas musculares na corrente sanguínea não estão relacionados¹⁵.

4.3 Biomarcadores séricos do dano muscular

Como resposta ao dano muscular provocado pelo exercício resistido, os marcadores de dano podem ser identificados laboratorialmente através do aumento de marcadores sanguíneos⁶, a exemplo da creatina fosfoquinase (CPK), mioglobina (MB) e lactato desidrogenase (LDH) que são constituintes proteicos exclusivos do citosol celular²².

Desses, o CPK pode ser considerado o melhor marcador para a detecção e monitoramento de danos musculares⁸. A CK é uma enzima presente nos tecidos e em células demandantes de energia, como músculos esqueléticos e cardíaco, níveis extremamente altos no plasma são observados logo após um dano muscular⁸. A mioglobina é uma proteína heme contendo ferro que está presente predominantemente no sarcoplasma dos músculos esquelético e cardíaco²³ já a

enzima lactato desidrogenase está presente em vários tecidos, em particular no músculo esquelético²⁴.

Ademais, a resposta inflamatória pode ser detectada imediatamente após o exercício com leucocitose, explicada principalmente por um aumento transitório na contagem de neutrófilos que é mais pronunciado nas primeiras 24 horas⁴. Os níveis de macrófagos e neutrófilos também se apresentam elevados pós-treino excêntrico, uma vez que estas células imunes tendem a iniciar o processo de reparação muscular e hipertrofia⁹.

A creatina fosfoquinase (CPK) é uma enzima compacta encontrada tanto no citosol quanto nas mitocôndrias de tecidos onde as demandas energéticas são altas. No entanto, após dano muscular, há extravasamento de CPK na corrente sanguínea. Assim, a CPK é mais sugestiva de dano muscular²⁵.

A liberação de mioglobina dos músculos durante essas condições também está frequentemente associada à liberação de lactato desidrogenase (LDH) e creatina quinase ²⁶, essa liberação de mioglobina dos tecidos musculares ocorre devido a danos às células musculares e a uma alteração na permeabilidade da membrana das células musculares esqueléticas²⁶.

O principal significado clínico da mioglobina vem da sua associação com danos musculares sendo liberada rapidamente após lesão muscular²⁷. Os danos às células musculares resultam na desregulação do funcionamento dos canais de sódio-cálcio²⁶ isso causa uma ativação resultante de enzimas dependentes de cálcio, que metabolizam e destroem ainda mais a membrana da célula muscular e permitem a liberação de conteúdo intracelular, incluindo mioglobina e creatina quinase²³.

A lactato desidrogenase (LDH) é uma enzima usada por todos os organismos como parte de seu conjunto de enzimas metabólicas primárias, os níveis de lactato nos diferentes fluidos corporais e na cultura de tecidos são indicativos de múltiplas condições como estresse muscular e fadiga, que são parâmetros importantes no desempenho dos atletas²⁴. A LDH será liberada do citoplasma após lesão celular e pode ser detectada no soro, e os níveis elevados não são apenas um sinal de hipóxia, mas também indicam estresse oxidativo e inflamação²⁸.

4.3 Estratégias para melhoria do dano e dor muscular: influência da suplementação com proteína e carboidratos na melhoria desses indicadores

Após o exercício de alta intensidade, observa-se a redução da massa corporal, que pode ser relacionada à perda de fluidos, pois quando a perda de massa corporal é superior a 2% pode afetar negativamente o desempenho do exercício, e a perda de massa corporal é determinada pela taxa de sudorese e consumo de líquidos durante o exercício²⁹.

Para a sustentação da massa muscular, o balanço energético ocupa posição de destaque, de forma que os aminoácidos não sejam oxidados, mas sim utilizados para a síntese de proteína muscular¹⁰. Em geral, um atleta lesionado diminui sua atividade física e, portanto, suas necessidades energéticas. A ingestão adequada de energia deve ser a primeira consideração nutricional, pois o balanço energético negativo acelera a perda muscular¹¹.

Estudos^{10,11,12,14,15} demonstram que uma estratégia para melhorar tanto o dano muscular, quanto a dor e manter ou melhorar o desempenho funcional, pode ser alcançado através de suplementos dietéticos, a exemplo de aminoácidos⁹ proteínas isoladas¹¹ e carboidratos¹⁰, os quais vem sendo amplamente utilizados na área esportiva¹⁴.

Para prescrever o quantitativo nutricional, é necessário conhecer a necessidade de calorias do indivíduo, sendo que os requisitos calóricos diários são influenciados por vários fatores, incluindo: taxa metabólica basal em repouso, atividade diária, requisitos específicos de treinamento, composição corporal e termogênese resultante da digestão dos alimentos³⁰. As demandas calóricas do treinamento dependerão ainda mais do estado treinado, distância/duração da sessão, terreno e condições ambientais e da massa corporal, particularmente massa magra³⁰.

A nutrição é um componente crítico da fase de preparação e pode influenciar as adaptações fisiológicas ao treinamento por vários meios³⁰. Dado que o volume e a intensidade do treinamento variam ao longo do tempo, a ingestão de energia e macronutrientes deve ser periodizada para acomodar cargas de treinamento variáveis³⁰.

Recomenda-se uma consideração cuidadosa dos requisitos semanais de treinamento e recuperação para alcançar o equilíbrio energético, a menos que haja

uma meta individual de perda ou ganho de peso, além disso, quando a ingestão nutricional não pode ser igualada (por exemplo, em dias de treinamento pesado ou após várias sessões de exercício em curta sessão), a ingestão de energia acima das calorias de manutenção pode ser justificada nos dias de recuperação³⁰

No estudo de Papadopoulou *et al.*¹¹ que analisou o consumo de proteína isolada (*whey protein*) associado aos danos musculares em atletas, após exercícios excêntricos, mostrou preservar a força isométrica e isocinética, quando comparado a sujeitos que consumiram carboidratos. A proteína de soro de leite é uma subfração da proteína do leite, que contém todos os aminoácidos essenciais e é caracterizada por sua rápida digestão e absorção¹⁵.

Quando observada a administração de aminoácido de cadeia ramificada (BCAA) foi observado que a dor muscular induzida pelo exercício excêntrico foi reduzida⁹. No entanto, os mesmos efeitos não foram observados pela suplementação de creatina²⁹.

Diante o exposto, entende-se que uma estratégia nutricional pós-treino inadequada ou inexistente afetará a qualidade do treinamento subsequente^{5,13,14}

Ademais, apesar da importância da nutrição esportiva para treinos, alguns atletas e não atletas enfrentam uma série de obstáculos para satisfazer as demandas nutricionais, incluindo: pouca valorização das demandas fisiológicas, tempo inconsistente de alimentos/fluidos, a possível necessidade de controlar o peso, efeitos placebo, as mudanças na palatabilidade dos alimentos/líquidos associadas ao exercício prolongado de resistência e a privação do sono que são conhecidos por influenciar o apetite³⁰.

Neste sentido, o consumo alimentar adequado, pode ser considerado um fator fundamental para o aprimoramento do desempenho físico e alcance dos objetivos³⁰. Diversos estudos^{9,10,11,12,15} têm testado e sugerido diferentes estratégias nutricionais pós-treino com o objetivo de acelerar a recuperação do dano muscular e iniciar mais rapidamente o processo de hipertrofia, dentre estas estratégia tem-se o uso de aminoácidos de cadeia ramificada⁹, *whey protein*¹¹, creatina¹², suplementos mistos de proteínas e carboidratos³². No entanto, até o presente momento ainda há uma lacuna de estudos que tenham comparado diferentes proporções de uma dieta hiperproteica e hiperglicídica.

5 MATERIAL E MÉTODOS

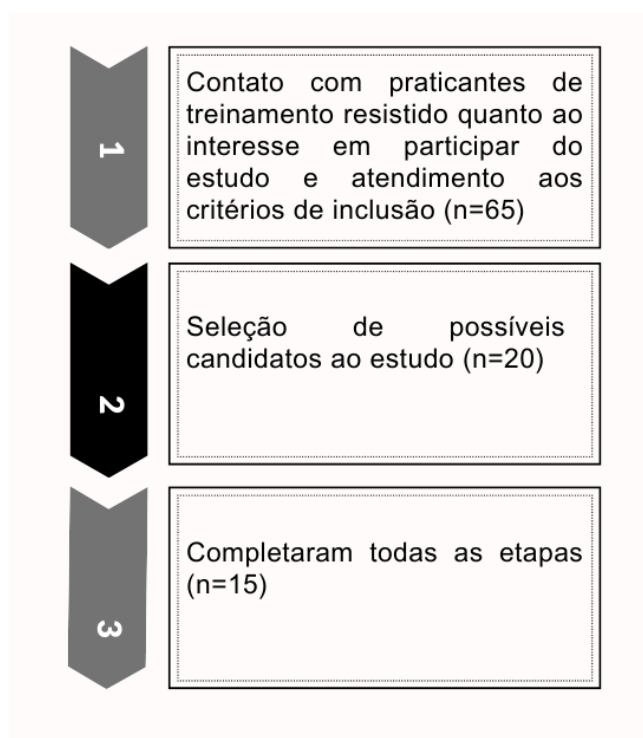
5.1 Tipo de Estudo

O presente trabalho trata-se de um estudo transversal do tipo caso-controle, duplo-cego, randomizado, crossover. Respeitando as normas estabelecidas respeitou as normas da Declaração de Helsinki de 1964 alterada em 2013 e pelo Conselho Nacional em Saúde sob a Resolução 466/12 envolvendo pesquisa com seres humanos a partir da aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa através da Plataforma Brasil sob o protocolo CAEE: 35605220.1.0000.5147, parecer número 4.366.750, bem como da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) por todos os voluntários que participaram do mesmo. Os protocolos de exercício, anamnese nutricional, teste de dor, bem como, coleta do material biológico nos voluntários do estudo, foram por uma equipe multidisciplinar composta por profissionais habilitados em Educação Física, Nutrição e Enfermagem, respectivamente.

5.2 Caracterização da Amostra

De um total de 65 possíveis candidatos, 20 alcançaram os critérios de inclusão, a saber: a) Concordância e participar do estudo; b) tempo de treinamento na modalidade: mínimo de 3 anos; c) idade mínima de 18 anos, d) ausência de lesões; e) preenchimento negativo do questionário de prontidão de atividade física PAR-q; f) assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Foram excluídos aqueles que: a) não completaram todas as etapas, ou apresentaram lesão durante a execução dos testes; b) não seguiram a recomendação nutricional prescrita. Daqueles que iniciaram o experimento, dois apresentaram dor articular no ombro, dois abandonaram e um não seguiu a dieta prescrita. Portanto, a amostra final deste estudo foi composta por 15 sujeitos do sexo masculino praticantes ativos de musculação (treinamento resistido) com experiência superior a três anos (**figura 1**). Os sujeitos em alguns momentos do estudo foram randomizados e formaram dois grupos: CHO e PRO (n=15). Todos os sujeitos foram aconselhados a não realizar nenhum tipo de exercício intenso, mudança na dieta e ingestão de suplementos alimentares e/ou medicamentos anti-inflamatórios a partir do terceiro dia que antecedeu o período experimental. Neste período, todos tiveram um padrão alimentar nutricional semelhante ao prescrito pelo nutricionista que fez parte do estudo.

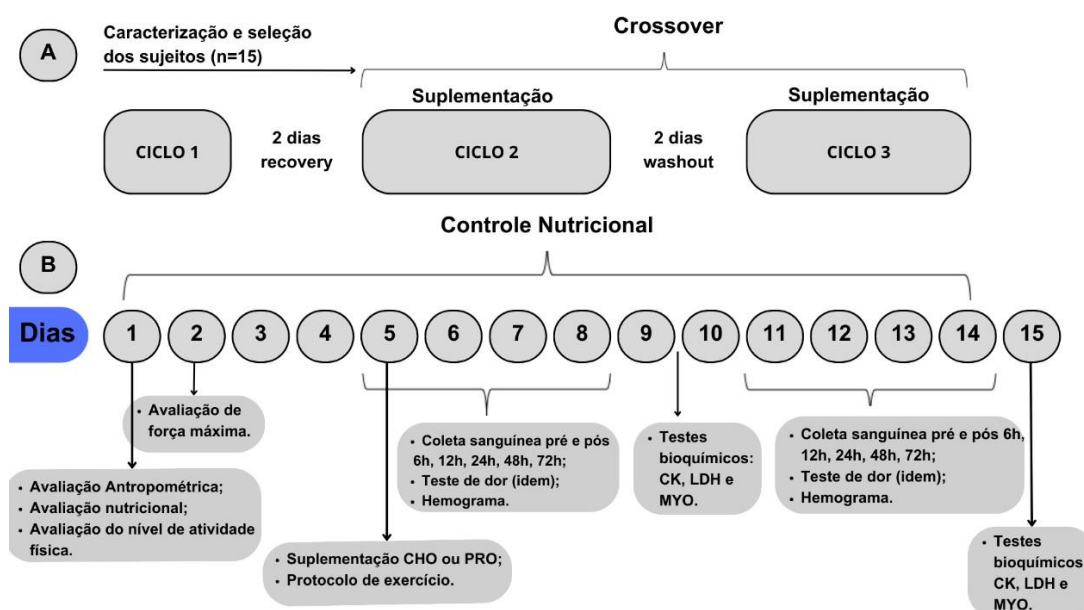
Figura 1. Organograma de seleção da amostra.



5.3 Desenho Experimental

O estudo foi realizado em três ciclos (figura 2) de momentos distintos com a randomização apenas nos ciclos dois e três, cujos sujeitos tiveram suas alocações em dois grupos (CHO ou PRO).

Figura 2. Delineamento experimental do estudo.



O primeiro ciclo foi de informações, esclarecimentos aos voluntários do estudo com assinatura do TCLE, anamnese nutricional e preenchimento de questionário recordatório alimentar (apêndice D) de três dias, além de questionário de prontidão de atividade física PAR-q (versão curta) e avaliação antropométrica (massa corporal, estatura e percentual de gordura³³ (**tabela 1**).

Tabela 1. Caracterização da amostra.

Variável	Média $\pm$ desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Idade (anos)	25,0 $\pm$ 1,4	29	22
Massa corporal (kg)	83,4 $\pm$ 2,2	88,3	79,2
Estatura (cm)	178 $\pm$ 3,7	183	171
Percentual de gordura (%)	11,5 $\pm$ 3,6	16,7	6,5
Experiência em treinamento resistido (anos)	4,5 $\pm$ 0,8	6	3

5.4 Instrumentos

Foram utilizados como instrumentos de coleta: a plataforma Google Meet para reunir o grupo para apresentação das cenas; o Google Formulário para aplicação do Teste PAR-Q, além da apresentação das frases estimuladoras; uma balança digital Digi-Health Multilaser 180Kg; uma fita métrica de 2 metros Sanny; Adipômetro Clínico Tradicional Cescorf; Cronômetro De Mão Digital Marca Anytime Modelo XL-013, seringas de 10mL, luvas de procedimento simples de latex; álcool a 70% para assepsia, algodão hidrofílico; extensor de latex para garrotear o membro; tubos contendo gel coagulante (*Vacurette®*, *Greiner Bio-one*, Campinas, SP, Bras; tubo contendo K³ EDTA (*Vacurette®*, *Greiner Bio-one*, Campinas, SP, Brasil); analisador automático por metodologia de química seca (*Vitros® 5600*, *Ortho-Clinical Dianostics*, *Johnson & Johnson Company*, *Rochester, NY, USA*); a percepção de dor foi avaliada por escala analógica visual, que se caracteriza por uma escala horizontal de 10 cm onde, 0 = ausência de dor, 1 a 3 = dor de fraca intensidade, 4 a 6 = dor de intensidade moderada, 7 a 9 = dor de forte intensidade e 10 = dor de intensidade insuportável; proteína hidrolisada do leite (*Hydrowhey®*, *Optimum Nutrition*) *Mega MaltoDextrin®*,

Probiótica). As dietas foram calculadas utilizando-se o programa Diet-Pro Versão 4.0 configurada para a Tabela de Composição Química de Alimentos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

5.5 Protocolo de medidas de força muscular e prescrição de treinamento

Todos realizaram o teste de força máxima para a prescrição do exercício (supino reto e leg press 45°) e comparação da força máxima durante o experimento (supino reto e leg press 45°). Para determinação da força de 10RM adotou-se o protocolo instituído ³⁴. Inicialmente, os avaliados iniciarão com carga leve. Os voluntários executaram com sucesso uma série de 10 repetições completas, incluindo as fases excêntrica e concêntrica. Após o êxito, a carga foi aumentada em 10%. Considerou-se a força máxima de 10RM a última carga na qual o voluntário realizou as 10 repetições completas. Houve pausa de três minutos entre as séries e cinco minutos entre aparelhos, os testes para membros superiores foram realizados no mesmo dia, 24 horas após, aferiu-se a força para membros inferiores. Todos os testes foram realizados por um único avaliador, experiente em treinamento resistido. A intervenção foi composta por dois exercícios, sendo um para membros superiores (supino reto) e um para membros inferiores (leg press 45°), para cada exercício foram realizadas 5 séries de 10 repetições/exercício a 110% de 10RM com intervalos de 90 segundos entre séries. A fase concêntrica foi realizada com auxílio dos pesquisadores conforme metodologia descrita ³⁵. Nos três dias que antecederam o estudo os voluntários foram orientados a não realizarem nenhum tipo de atividade física extenuante.

5.6 Protocolo de medidas bioquímicas

Logo após 48h do primeiro ciclo, iniciou-se o segundo ciclo com coleta sanguínea dos voluntários em repouso, bem como avaliação da percepção subjetiva de dor (PSD) e ingestão suplementar de (CHO ou PRO - crossover) 30 minutos antes do protocolo de exercício. Todos, neste momento, foram submetidos a uma sessão de exercício de força de supino reto e uma de leg press com intervalo de 5 minutos entre os exercícios. Imediatamente após o término dos protocolos de exercício, nos períodos de 6h, 24h, 48h e 72h foram realizadas coletas sanguíneas para análise posterior de marcadores bioquímicos de lesão tecidual e hemograma, bem como, reaplicação do teste de dor nos sujeitos. Após três horas do fim do protocolo de

exercício, todos receberam mais uma dose de reforço do suplemento previamente ingerido.

O ciclo três teve início 48h após o fim do ciclo dois. Neste, os sujeitos alocados em seus grupos passaram por nova coleta sanguínea e avaliação subjetiva de dor, bem como receberam a suplementação cruzada CHO ou PRO 30 minutos antes de serem submetidos novamente ao protocolo de exercício supracitado com suas respectivas coletas sanguíneas e PSD como procedido no segundo ciclo. Passadas 3 horas do fim do protocolo de exercício, todos receberam, também, mais uma vez dose de reforço do suplemento previamente ingerido.

Os níveis séricos foram medidos a partir dos marcadores de MYO, CPK, LDH e plasmáticos de leucócitos e insulina. Para tal, amostras de sangue foram extraídas antes do treino (30 min), após (30 min), 6, 24, 48 e 72 horas após o consumo do suplemento. Foram extraídos quatro mL de sangue na veia da fossa antecubital, destes, dois mL foram depositados em tubos contendo gel coagulante (Vacuette®, Greiner Bio-one, Campinas, SP, Brasil), estas amostras permaneceram em repouso por 30 min em temperatura ambiente para coagulação. Em seguida, centrifugado por oito min a 2500 rpm para separação do soro. Os dois mL restantes foram depositados em tudo contendo K3 EDTA (Vacuette®, Greiner Bio-one, Campinas, SP, Brasil) e centrifugado imediatamente por dez min a 3400 rpm para separação do plasma. As dosagens de MYO, CPK, LDH e leucócitos foram realizadas em analisador automático por metodologia de química seca (Vitros® 5600, Ortho-Clinical Diagnostics, Johnson & Johnson Company, Rochester, NY, USA). A insulina foi medida por ensaio radioimuno (Diagnostic Products Corporation – DPC, Los Angeles, CA, USA).

5.7 Protocolo da percepção subjetiva de dor

Os voluntários indicaram a percepção de dor através da escala analógica visual, que se caracteriza por uma escala horizontal de 10 cm onde, 0 = ausência de dor, 1 a 3 = dor de fraca intensidade, 4 a 6 = dor de intensidade moderada, 7 a 9 = dor de forte intensidade e 10 = dor de intensidade insuportável. Estas medidas foram obtidas conforme metodologia utilizada ³⁶.

5.8 Protocolo de suplementação

Para o presente estudo foram elaboradas duas soluções, a) Dieta Hiperproteica – PRO (70% proteína e 30% carboidrato); b) dieta Hiperglicídica – CHO (70% carboidrato e 30% proteína). Ambas as dietas possuíam 500 Kcal, e foram ingeridas imediatamente e 3 horas pós-exercício. Para preparação dos shakes foi utilizada proteína hidrolisada do leite (*Hydrowhey*®, Optimum Nutrition) e maltodextrina (*Mega MaltoDextrin*®, Probiótica), a proporção de cada produto é apresentada na **Tabela 2**. Os suplementos foram diluídos em 300mL de água e servidos na forma de shake. Ambos apresentavam textura, e sabor semelhantes, tanto a proteína hidrolisada, quanto a maltodextrina tinham o mesmo sabor. Uma semana antes do estudo 15 estudantes de nutrição fizeram o consumo às cegas, destes 13 afirmaram não conseguirem diferenciar os shakes PRO e CHO.

Tabela 2. Composição em macronutrientes dos produtos utilizados para composição dos shakes PRO e CHO.

Suplemento	Hydro Whey®	Mega Maltodextrin®
Shake		
PRO (g)	114	33
CHO (g)	49	89

Nota: Cada medidor (39 gramas) do *Hydro Whey*® possui em sua composição 30 gramas de proteína, 1 de lipídios e 2 de carboidratos. A *Mega Maltodextrin*® possui 38 gramas de carboidratos por dose (40 gramas).

5.9 Análise estatística

Os dados foram apresentados por meio da média $\pm$ desvio padrão. Após a catalogação dos dados, procedeu-se à avaliação da normalidade das variáveis dependentes utilizando o teste de Shapiro-Wilk, além da correção da esfericidade dos dados por meio do método de Geisser-Greenhouse. As diferenças entre as médias intragrupo (fator suplementação) e intragrupos (fator tempo) foram analisadas por meio de Análise de Variância (ANOVA) de Dois Fatores 2 x 6 (suplemento x tempo) para medidas repetidas. Diante da constatação de diferenças significativas nas análises de variância, o teste post hoc de Sidak foi empregado para identificar as

localizações específicas das diferenças estatísticas no fator suplemento (intragrupos), enquanto o teste post hoc de Tukey foi utilizado para determinar as diferenças estatísticas específicas no fator tempo (intragrupos). A significância estatística foi estabelecida para $p < 0,05$. Todas as análises foram realizadas por meio do software estatístico GraphPad Prism versão 8.0 (GraphPad Software, San Diego, CA, EUA).

6 RESULTADOS

A **tabela 3** apresenta a contagem de células imunes. Na análise das variações dos leucócitos totais e suas frações, observamos que houve efeito de interação tempo X suplemento, para os leucócitos ($F = 15,455$; $p < 0,0001$), neutrófilos ($F = 18,136$; $p < 0,0001$), monócitos ($F = 4,26$; $p < 0,025$). Para os linfócitos ($F = 41,221$; $p < 0,0001$) e outros leucócitos ($F = 6,351$; $p < 0,007$), houve efeito significativo somente do tempo. Quanto ao tipo de suplemento, foram observadas diferenças significativas 6 ($p < 0,0001$) e 24 horas ($p < 0,0001$) pós-treino, onde a contagem de leucócitos e neutrófilos foi maior no grupo CHO, para os monócitos houve diferença somente 24 horas pós-treino ($p < 0,0001$); onde a contagem de células foi maior no grupo CHO.

Tabela 3 . Variação de Leucócitos totais e frações ao longo do período experimental (n=15)

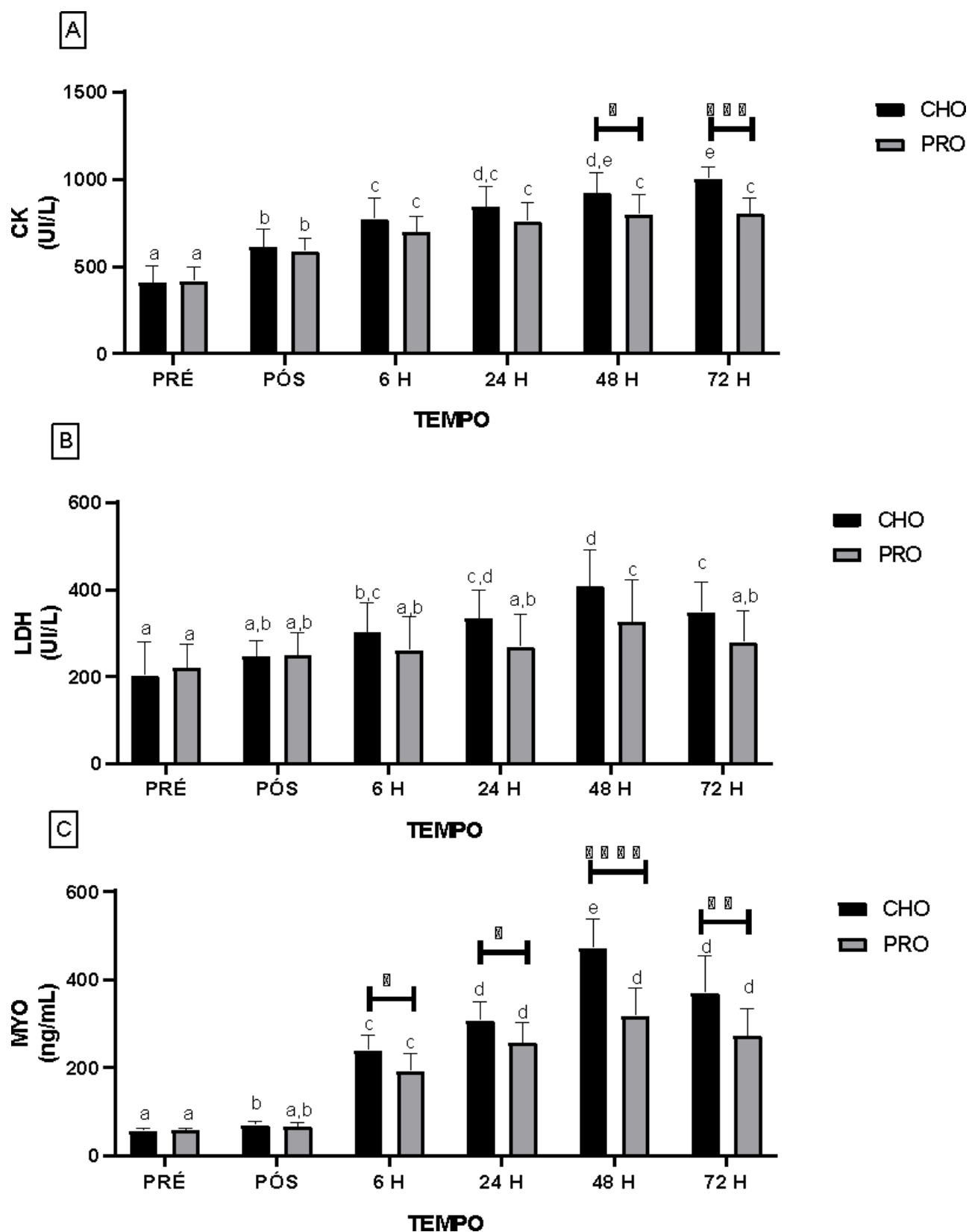
Solução	Pré-treino	Pós-treino	6 H	24 H	48 H	72 H
Leucócitos (células/μL)						
PRO	5545,5 $\pm$ 537,7a	6500,1 $\pm$ 604,9b	6827,6 $\pm$ 790,8b*	4890,7 $\pm$ 453,5c*	5274,4 $\pm$ 707,1ac	5082,5 $\pm$ 464,2ac
CHO	5406,8 $\pm$ 797,9a	6277,4 $\pm$ 948,6b	9063,1 $\pm$ 550,8c	6253,7 $\pm$ 651,8b	5175,3 $\pm$ 666,4	5231,7 $\pm$ 666,0
Neutrófilos (células/μL)						
PRO	2459,3 $\pm$ 536,0a	2960,8 $\pm$ 664,1abd	4770,8 $\pm$ 720,4b*	2738,7 $\pm$ 356,4ac*	2716,7 $\pm$ 597,4ade	2372,2 $\pm$ 435,5ae
CHO	2359,1 $\pm$ 606,2a	2938,8 $\pm$ 810,3ab	5833,2 $\pm$ 539,7	3233,5 $\pm$ 646,5b	2656,9 $\pm$ 678,6ab	2406,9 $\pm$ 479,6a
Monócitos (células/μL)						
PRO	437,0 $\pm$ 77,9	484,6 $\pm$ 66,9	486,2 $\pm$ 84,3	778,0 $\pm$ 73,5a*	410,8 $\pm$ 65,3	448,5 $\pm$ 89,9
CHO	450,5 $\pm$ 80,3ac	510,9 $\pm$ 85,9ac	503,3 $\pm$ 89,6ac	868,7 $\pm$ 86,5b	400,3 $\pm$ 62,8a	458,3 $\pm$ 86,5ac
Linfócitos (células/μL)						
PRO	2365,3 $\pm$ 333,0a	2817,7 $\pm$ 450,1a	2360,6 $\pm$ 377,7ac	1676,8 $\pm$ 232,4b	1771,9 $\pm$ 178,8b	1995,4 $\pm$ 347,6bc
CHO	2300,1 $\pm$ 384,8a	2605,2 $\pm$ 476,5a	2422,0 $\pm$ 251,3a	1861,7 $\pm$ 306,1a	1818,3 $\pm$ 179,2b	2046,4 $\pm$ 349,5ab

Outros leucócitos (células/ μ L)						
PRO	297,4 $\pm$ 45,2a	241,1 $\pm$ 52,8ab	289,4 $\pm$ 43,7ab	282,7 $\pm$ 45,0ab	304,7 $\pm$ 66,9ab	310,9 $\pm$ 34,8a
CHO	297,0 $\pm$ 66,5a	222,5 $\pm$ 68,8ab	304,6 $\pm$ 44,1ab	289,8 $\pm$ 46,1ab	299,8 $\pm$ 40,7a	320,1 $\pm$ 55,9a

Nota: n = amostra; p = normalidade ($p < 0,05$); * significância. a,b,c,d,e = letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) ao longo do tempo para a mesma solução. * Diferença significativa ($p < 0,05$) para as comparações entre soluções nos diferentes tempos de medida.

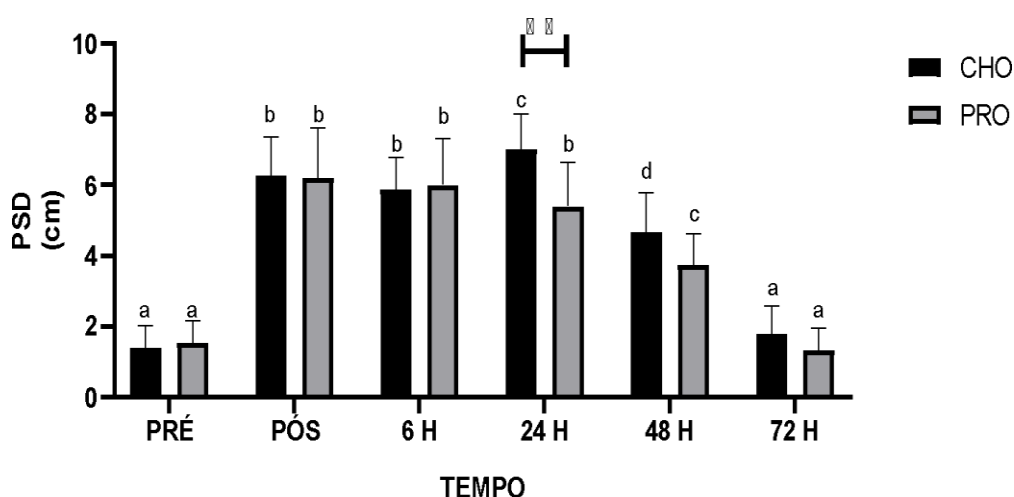
A **figura 3** mostra o efeito da suplementação de CHO e PRO em praticantes de treinamento resistido após sessão única de exercício excêntrico para membros inferiores e superiores sobre os marcadores de dano muscular CPK, LDH e MYO; ficando notória a lesão tecidual gerada pela sessão de exercício, independente do grupo tratado (CHO: 407.2 ± 96.6 Vs 612.2 ± 104.7 , $p=0.0019$; PRO: 415.5 ± 85.2 Vs 591.1 ± 73.4 , $p=0.0004$). Em contrapartida, 48h e 72h após a execução do exercício, a suplementação de PRO foi capaz de reduzir os níveis de CPK em 13.1%, 48h ($p=0.0408$) e 19.72% 72h ($p=0.0001$), respectivamente, comparado ao grupo CHO nos mesmos tempos (**figura 3A**). Quanto ao marcador de lesão LDH, este não demonstrou diferença entre os tipos de tratamentos utilizados no estudo ($p>0.05$). Apesar que, foi possível verificar uma resposta ao dano muscular mais tardia ao exercício, com valores de LDH significativo para os grupos tratados com CHO 6h após a sessão ($p=0.0301$) e para aqueles tratados com PRO somente 48h após a sessão ($p=0.0214$) (**figura 3B**). Já para o marcador MYO, observamos que os sujeitos tratados com CHO possuem valores 19.11% mais elevados após o exercício em relação ao pré-exercício (pré: 57.9 ± 3.1 VS pós: 69.0 ± 8.1 , $p=0.0015$), ao passo que os tratados com PRO não apresentam diferença significativa entre estes valores (pré: 58.4 ± 4.9 Vs pós: 66.3 ± 8.6 , $p=0.1503$) (**figura 3C**). Por outro lado, os valores de MYO no grupo tratado com PRO são significativamente menores que o tratado com CHO nos tempos 6h (19.5%, $p=0.0101$), 24h (16.69%, $p=0.0181$), 48h (32.77%, $p=0.0001$) e 72h (26.53%, $p=0.0061$), respectivamente

Figura 3. Avaliação do impacto da suplementação de carboidratos (CHO) e proteínas (PRO) em praticantes de treinamento resistido após sessão única de exercício excêntrico.



Na **figura 4** é apresentado o comportamento da percepção subjetiva de dor muscular (PSD) ao longo do período experimental nos sujeitos que ingeriram CHO e PRO. É possível verificar que tanto os sujeitos suplementados com CHO quanto por PRO tiveram um aumento na PSD muscular após a sessão de exercício excêntrico aplicada no estudo na ordem de 347.57% ($p<0.0001$) e 305.23% ($p<0.0001$). Somente no tempo de 24h a redução na PSD muscular foi significativamente diferente entre os grupos ($p=0.0036$). Além disso, vale frisar que somente 72h após a sessão de exercício que a PSD volta a valores pré exercício, tanto no grupo CHO quanto PRO ($p>0.05$).

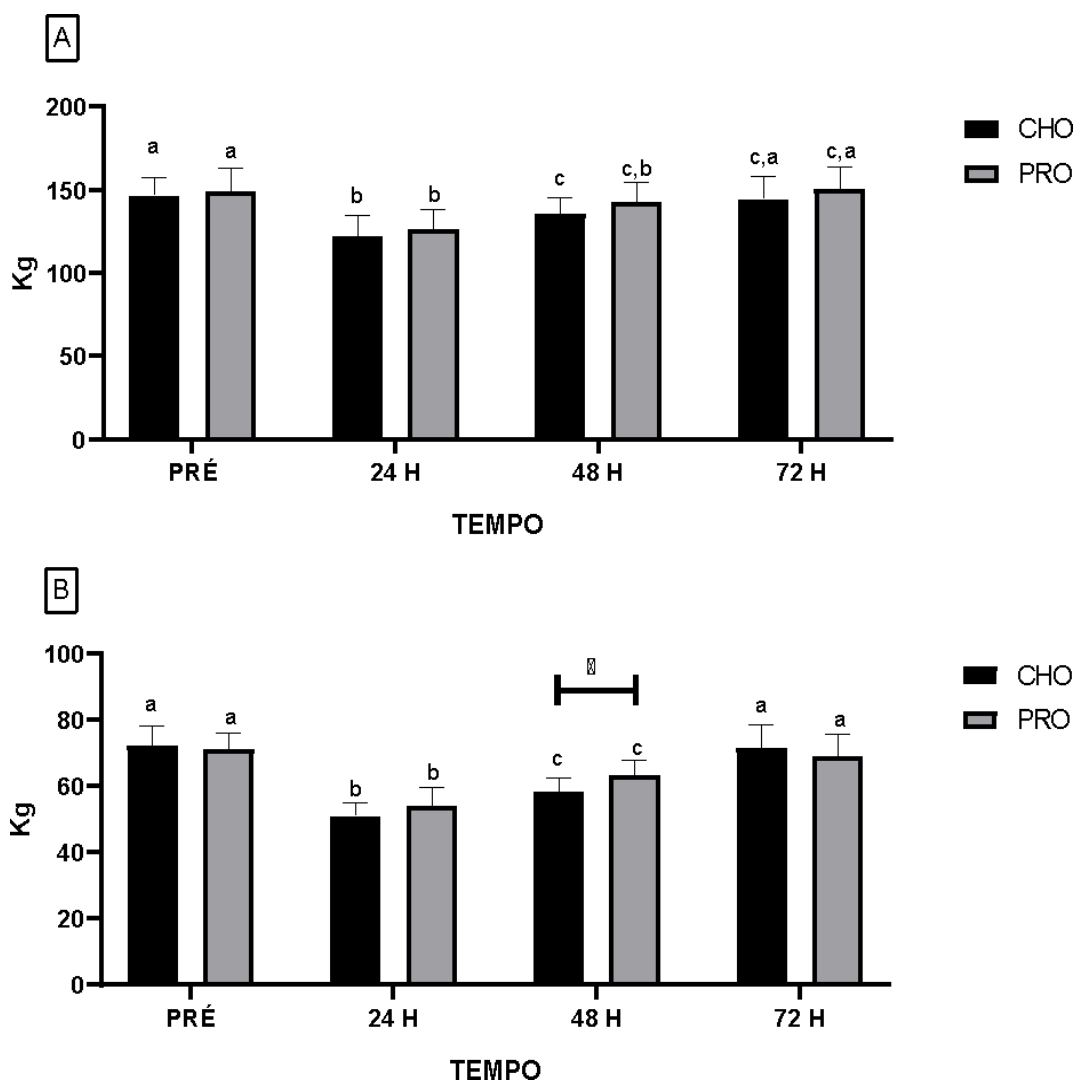
Figura 4. Percepção subjetiva de dor muscular (cm) dos grupos suplementados com solução hiperglicídica (CHO) ou hiperproteica (PRO).



Já a **figura 5**, mostra a força muscular antes e após a suplementação de CHO e PRO nos sujeitos que realizaram exercício de prioridade excêntrica no leg press (figura A) e supino reto (figura B). É possível constatar que não há diferença estatística ($p>0.05$) na força muscular entre os grupos suplementados com CHO e PRO nos tempos analisados (**figura 5A**). Por outro lado, observa-se haver redução significativa de 16.82% ($p=0.0007$) e 14.98% ($p=0.0001$) na força muscular nos grupos suplementados com CHO e PRO, respectivamente, após 24h da sessão de exercício realizado. Tendo a restauração dessa força perdida somente no tempo de 72h para ambos os grupos. No que diz respeito à força medida durante o exercício de supino reto (Figura 5B), observou-se uma redução significativa de 29.53% ($p<0.0001$) e 24.50% ($p<0.0001$) após 24 horas nos participantes que receberam

suplementação de carboidratos (CHO) e proteínas (PRO), respectivamente. O grupo suplementado com PRO apresentou uma recuperação mais rápida da força perdida, registrando uma melhora de 13.61%, em comparação com 10.34% no grupo CHO ($p=0.0142$), após 48 horas. A restauração completa da força perdida só foi observada após 72 horas para ambos os grupos.

Figura 5: Avaliação da força muscular pré e pós suplementação de carboidratos (CHO) e proteínas (PRO) em sujeitos submetidos a exercícios de prioridade excêntrica no leg press (A) e supino reto (B).



7 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar a influência da suplementação hiperproteica (PRO) e hiperglicídica (CHO) pós-treino excêntrico em marcadores de lesão e dor muscular. Com base nos resultados e dentro dos limites dos procedimentos do presente estudo, foi aceita a hipótese de pesquisa afirmando que a suplementação de um shake contendo maior proporção de proteínas em detrimento dos carboidratos resultou em mais rápida recuperação do dano muscular decorrente do exercício excêntrico, mesmo sabendo que não existe um único protocolo a ser aplicado na recuperação pós-exercício.

No estudo de Liang *et al.* que objetivou explorar o efeito da suplementação de carboidratos apenas ou carboidratos mais proteínas na capacidade de resistência e dano muscular, os testes foram realizados em 10 corredores masculinos fisicamente ativos, onde completaram o teste de corrida até a exaustão três vezes com diferentes ingestões de bebidas de intervenção. Diferente do presente estudo que foi de 2 dias, houve um período de wash-out de 7 dias entre os testes, onde cada teste começou com 60 minutos de corrida a 70% VO 2max (fase 1), seguido de um teste de capacidade de resistência: tempo até a exaustão correndo a 80% VO 2max (fase 2). Os participantes ingeriram aleatoriamente 1) 0,4 g/kg de massa corporal de carboidrato antes da fase 1 e antes da fase 2 (CHO+CHO), 2) 0,4 g/kg de BM de proteína antes da fase 1 e 0,4 g/kg de massa corporal de carboidrato antes da fase 2 (PRO+CHO), ou 3) 0,4 g/kg de BM carboidrato antes da fase 1 e 0,4 g/kg massa corporal proteína antes da fase 2 (CHO+PRO). Todos os indivíduos ingeriram carboidratos (CHO) 1,2 g/kg massa corporal durante a fase 1, e amostras de sangue foram obtidas antes, imediatamente e 24h após o exercício para medições de creatina quinase (CK) e mioglobina (MB). Os pesquisadores encontraram que não houve diferença significativa no tempo até a exaustão entre as três estratégias de suplemento (CHO+CHO: 432 ± 225 s; PRO+CHO: 463 ± 227 s; CHO+PRO: 461 ± 248 s). No entanto, a mioglobina foi significativamente menor em PRO+CHO e CHO+PRO do que em CHO+CHO 24 h após o exercício (40,7 ± 15,2; 38,1 ± 14,3; 64,3 ± 28,9 ng/mL, respectivamente, $p < 0,05$). A CK aumentou menos no PRO+CHO comparado ao CHO+CHO 24h após o exercício (404,22 ± 75,31 VS. 642,33 ± 68,57 U/L, $p < 0,05$). Os pesquisadores concluíram que as estratégias de suplementos de

carboidratos e proteínas podem reduzir o dano muscular causado pelo exercício de resistência, mas não melhoram a capacidade de exercício de resistência. No presente estudo foi constatada que a suplementação PRO foi capaz de reduzir os níveis de CK em 13,1%, 48h ($p=0.0408$) e 19.72% 72h ($p=0.0001$), respectivamente, comparado ao grupo CHO nos mesmos tempos.

Como alguns resultados divergiram do estudo anterior para este, pode-se supor que a quantidade ingerida, as condições de aplicação dos testes podem ter influenciado nos resultados. Na revisão sistemática de Arribalzaga *et al* 2021, as recomendações do consenso internacional, a ingestão recomendada é de 90 g/h quando a atividade se estende por mais de 3 horas. Além disso, enfatiza a importância da proporção adequada de carboidratos (CHO), especificamente uma proporção de 2:1 entre glicose e frutose. No entanto, o mesmo estudo observou que entre 45% e 75% dos atletas experimentaram desconforto gastrointestinal, indicando que fatores como altitude e condições ambientais podem influenciar fisiologicamente, impactando a eficácia da ingestão de suplementos. Esses resultados sugerem que, mesmo seguindo diretrizes estabelecidas, as condições específicas do ambiente e as características individuais dos atletas devem ser consideradas para otimizar a eficácia da suplementação.

Corroborando com os resultados do presente estudo, é apresentado o estudo de Fabre *et al.* que testou três bebidas de recuperação diferentes: um placebo (PLA, bebida não energética com sabor de chocolate), uma bebida com carboidratos (CHO, 80g de carboidratos) ou uma bebida isoenergética com carboidratos e proteínas (P-CHO, 20g de Pronativ®, *whey protein* nativo e 60g de carboidrato) com doze jogadores masculinos de rúgbi bem treinados. Neste estudo, uma bebida de recuperação diferente foi consumida após cada partida de torneio simulado. O desempenho físico, dano muscular e dor muscular foram avaliados antes e após cada torneio simulado. Em relação ao desempenho físico, as bebidas P-CHO e CHO tiveram um efeito positivo na manutenção do tempo de sprint de 50 m em comparação com a bebida PLA (tamanhos de efeito grandes e moderados, respectivamente). Em relação ao dano muscular, o suplemento de P-CHO atenuou o aumento da creatina fosfoquinase no POST6 em comparação com o PLA (tamanho do efeito, moderado). Finalmente, as bebidas P-CHO e CHO reduziram o DOMS induzido pelo exercício (tamanho do efeito, moderado), em comparação com a

condição PLA (tamanho de efeito grande), enquanto o P-CHO reduziu apenas a dor à palpação muscular e a dor ao descer escadas em comparação com o PLA 24 h pós-torneio (tamanho do efeito, pequeno). Nesse estudo, os pesquisadores observaram que consumir uma bebida de recuperação contendo proteínas de soro de leite nativas e carboidratos ou carboidratos somente após cada partida de um torneio de rúgbi pode atenuar o aumento induzido pelo exercício nos marcadores de dano muscular e manter o desempenho físico. No estudo citado, os pesquisadores encontraram o resultado que tanto a P-CHO e CHO reduziram o dano, já no presente estudo apenas a PRO, provavelmente pela quantidade de gramas ingeridas e o intervalo de tempo que foram ingeridas. Em termos de desempenho físico, os resultados revelaram que as bebidas P-CHO e CHO tiveram efeitos positivos na manutenção do tempo de sprint de 50 metros, demonstrando tamanhos de efeito consideráveis. Esse aspecto é especialmente relevante para atletas de rúgbi, nos quais rápidas explosões de velocidade são fundamentais durante o jogo. Quanto ao dano muscular, observou-se que o suplemento P-CHO atenuou o aumento da creatina fosfoquinase (CPK), um marcador de dano muscular, quando comparado ao placebo (PLA), indicando um efeito moderado. Isso sugere que a adição de proteínas à bebida de recuperação pode ter um impacto benéfico na redução do dano muscular após esforços intensos.

O estudo anterior também abordou o desconforto muscular, representado pela dor muscular de início tardio (DOMS). Tanto as bebidas P-CHO quanto CHO demonstraram reduzir significativamente o DOMS, com tamanhos de efeito moderados em comparação com a bebida placebo (PLA). Isso indica que a escolha de bebidas de recuperação adequadas pode influenciar positivamente a resposta do corpo ao exercício, minimizando desconfortos pós-esforço. Além disso, é notável que o suplemento P-CHO teve um efeito específico na redução da dor à palpação muscular e na dor ao descer escadas, sugerindo benefícios adicionais para a recuperação muscular em termos de sensibilidade tátil e funcionalidade.

Em resumo, o supracitado estudo destaca a importância da composição das bebidas de recuperação na atenuação do dano muscular e na preservação do desempenho físico em jogadores de rúgbi. Os resultados fornecem insights valiosos para a formulação de estratégias eficazes de recuperação pós-exercício, considerando não apenas a quantidade, mas também a qualidade dos nutrientes

fornecidos. Essas descobertas têm implicações práticas significativas para atletas e profissionais de treinamento, destacando a necessidade de personalização das estratégias de recuperação com base nas demandas específicas do esporte e nas características individuais dos atletas.

Quando analisados os biomarcadores de dano muscular, tanto no grupo suplementado com PRO quanto por CHO foi significativa a lesão tecidual gerada pela sessão de exercício, independente do grupo tratado. Em contrapartida, 48h e 72h após a execução do exercício, a suplementação de PRO foi capaz de reduzir os níveis de CPK em 13.1%, 48h ($p=0.0408$) e 19.72% 72h ($p=0.0001$), respectivamente, comparado ao grupo CHO nos mesmos tempos. Quanto ao marcador de lesão LDH, este não demonstrou diferença entre os tipos de tratamentos utilizados no estudo. Por outro lado, os valores de MYO no grupo tratado com PRO são significativamente menores que o tratado com CHO.

Quando se observa que na revisão sistemática de Arribalzaga *et al* 2021, trouxe a informação que é possível melhorar os marcadores dano muscular com uma ingestão de 120 g CHO/h sabendo que os níveis mais altos desses indicadores (CK, LDH) geralmente aparecem após 24 a 72 horas, exigindo vários dias para retornar aos valores de referência, difere do presente estudo que utilizou cada medidor (39 gramas) do Hydro Whey® possui em sua composição 30 gramas de proteína, 1 de lipídios e 2 de carboidratos. A Mega MaltoDextrin® possui 38 gramas de carboidratos por dose (40 gramas). Talvez uma quantidade maior de carboidratos na suplementação CHO, tivesse obtido melhores resultados nos biomarcadores do presente estudo, o que pode ser analisado em outras pesquisas.

Quando foi analisada a expressão da força muscular, no presente estudo não foi encontrada diferença estatística ($p>0.05$) na força muscular entre os grupos suplementados com CHO e PRO nos tempos analisados. No entanto, a recuperação desta força foi mais rápida no grupo PRO (13.61%, Vs 10.34%, $p=0.0142$, respectivamente) em relação a CHO no tempo de 48h. A restauração dessa força perdida somente se deu no tempo de 72h para ambos os grupos.

Em relação a percepção subjetiva da dor, o presente estudo encontrou que tanto os sujeitos suplementados com CHO quanto por PRO tiveram um aumento na PSD muscular após a sessão de exercício excêntrico aplicada no estudo e somente no tempo de 24h a redução na PSD muscular foi significativamente diferente entre

os grupos e que somente 72h após a sessão de exercício que a PSD volta a valores pré exercício, tanto no grupo CHO quanto PRO.

Esses resultados sugerem que embora não haja uma divergência imediata na força muscular entre os grupos, a suplementação com proteínas parece conferir uma vantagem no processo de recuperação em relação aos carboidratos. A rapidez na recuperação da força muscular no grupo PRO pode indicar uma influência positiva na reparação tecidual e na regeneração muscular, fatores cruciais para a otimização do desempenho atlético e a prevenção de lesões.

Quanto à percepção subjetiva da dor (PSD), os resultados mostram que tanto CHO quanto PRO induziram um aumento na PSD muscular após a sessão de exercício excêntrico. No entanto, destaca-se que somente no tempo de 24 horas foi observada uma diferença significativa na redução da PSD muscular entre os grupos. Notavelmente, apenas após 72 horas da sessão de exercício que a PSD voltou aos valores pré-exercício, indicando uma persistência do desconforto muscular em ambos os grupos.

Essa análise sugere que, embora a suplementação com CHO e PRO não tenha evitado o aumento inicial na PSD muscular, o grupo PRO pode ter proporcionado uma recuperação mais eficaz, resultando em uma diferença significativa na redução da dor muscular em um estágio mais tardio (24 horas). A convergência dos valores de PSD para os níveis pré-exercício somente após 72 horas destaca a complexidade e a duração do processo de recuperação, enfatizando a importância de avaliar a dor ao longo do tempo.

No estudo realizado por Ten Haaf *et al.*¹ randomizado controlado duplo-cego que foi realizado entre 323 corredores recreativos (idade 44 ± 11 anos, 56% homens) participando de uma corrida de rua de 15 km. foi encontrado que limiares de dor de pressão mais baixos foram suportados entre os participantes do grupo de proteína em comparação com o grupo de placebo representando maior dor no quadríceps dentro do grupo de proteínas. O tempo da medição objetiva da dor muscular não foi significativamente diferente entre os grupos ($p = 0,55$).

No estudo analisado de Naclerio *et al.*³⁸ que avaliou 10 homens treinados em resistência ($26,9 \pm 7,4$ anos), onde realizaram 2 períodos de intervenção idênticos de 5 dias enquanto ingeriam um multi-ingrediente vs apenas carboidrato (CHO) na recuperação da função muscular e percepção de atraso no início da dor muscular

(DOMS) após treinos de resistência intensos. Os sujeitos realizaram um treino por dia durante os primeiros 3 dias. A partir daí, eles foram avaliados 1, 24 e 48 horas. Os pesquisadores evidenciaram que a DOMS aumentou de forma semelhante em 24 e 48 horas em ambas as condições. Comparado com a ingestão apenas de carboidratos, a suplementação pós-treino com vários ingredientes parece acelerar a recuperação das propriedades contráteis musculares e o desempenho sem atenuar o DOMS após treinos de resistência intensos.

Em situações como essas, incluir uma bebida esportiva específica após cada jogo pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a recuperação muscular. Essa bebida em particular, composta por 39 gramas de Hydro Whey®, oferece 30 gramas de proteína, 1 grama de lipídios e 2 gramas de carboidratos. Além disso, a Mega MaltoDextrin®, que fornece 38 gramas de carboidratos por dose (totalizando 40 gramas), complementa essa abordagem. Essa combinação de nutrientes pode ser benéfica para otimizar a recuperação muscular após cada partida, proporcionando os elementos necessários para esse processo.

Na maioria dos estudos encontrados, não foram observadas diferenças significativas na redução da percepção subjetiva da dor, tanto no grupo que utilizou proteínas (PRO) quanto no grupo que utilizou carboidratos (CHO). No entanto, é importante considerar algumas limitações identificadas neste estudo específico. Primeiramente, não foi possível atingir o número mínimo de participantes estabelecido como ideal, que era de 50 indivíduos. Esta limitação pode impactar a generalização dos resultados. Além disso, a coleta de dados dependeu do autorrelato diário por meio de recordatório alimentar, o que introduz a possibilidade de viés de memória e imprecisões.

Apesar dessas limitações, os pesquisadores confiaram na integridade dos participantes para relatar com precisão, uma vez que essa informação não foi objetivamente medida ou quantificada. A consideração desses aspectos é essencial ao interpretar os resultados deste estudo e ao avaliar a sua aplicabilidade prática em cenários clínicos ou esportivos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, os presentes resultados sugeriram que após exercícios excêntricos em que acarreta um dano muscular tanto em MMSS ou MMII, onde os indivíduos têm um aumento da dor pós-exercício e consequente marcadores de respostas imunológicas, os marcadores de dano muscular foram potencialmente reduzidos mais significativamente pela ingestão de bebidas esportivas PRO quando comparados a CHO. Do ponto de vista prático, os resultados sugerem que durante uma sessão de exercícios excêntrico a alimentação pode não ser suficiente para atender às necessidades nutricionais diárias ideais.

O presente estudo que investigou a influência da suplementação hiperproteica (PRO) e hiperglicídica (CHO) após treinamento excêntrico em marcadores de lesão e dor muscular, contribui significativamente para a compreensão da recuperação pós-exercício. Os resultados corroboram a hipótese de que a suplementação com maior proporção de proteínas em relação aos carboidratos acelera a recuperação do dano muscular induzido pelo exercício excêntrico. Contudo, é crucial reconhecer que não existe um protocolo único de recuperação, e os resultados podem variar dependendo da quantidade e composição dos suplementos.

A partir dos resultados são inferidos que a suplementação com PRO reduziu significativamente os níveis de creatina quinase (CK) em comparação com CHO em diferentes intervalos de tempo. Essa disparidade nos resultados destaca a importância da quantidade ingerida e das condições dos testes na interpretação dos dados.

Quando analisados os biomarcadores de dano muscular, a suplementação com PRO demonstrou redução significativa nos níveis de CPK em comparação com CHO, indicando um benefício adicional da proteína na recuperação muscular. A ausência de diferenças nos níveis de LDH sugere que diferentes biomarcadores podem responder de maneira distinta à suplementação.

A análise da expressão da força muscular revelou uma recuperação mais rápida no grupo PRO em comparação com CHO, indicando a influência positiva da proteína na regeneração muscular. Quanto à percepção subjetiva da dor, ambas as suplementações induziram aumento na PSD muscular, mas o grupo PRO

demonstrou uma recuperação mais eficaz, evidenciada por uma redução significativa em 24 horas.

No entanto, é fundamental reconhecer as limitações do estudo, como o número reduzido de participantes e a dependência do autorrelato diário. Essas limitações podem impactar a generalização dos resultados, ressaltando a necessidade de cautela ao aplicar essas descobertas em diferentes contextos.

REFERÊNCIAS

1. Ten Haaf DSM, Flipsen MA, Horstman AMH, Timmerman H, Steegers MAH, de Groot LCPGM, et al. The Effect of Protein Supplementation versus Carbohydrate Supplementation on Muscle Damage Markers and Soreness Following a 15-km Road Race: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. *Nutrients*. 2021 Mar 5;13(3):858. <https://doi.org/10.3390/nu13030858>
2. Çakir-Atabek, H; Dokumaci, CAB: Strength Loss After Eccentric Exercise Is Related to Oxidative Stress but Not Muscle Damage Biomarkers, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, DOI: [10.1080/02701367.2019.1603990](https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1603990)
3. Vieira-Souza, LM; Marçal, AC; dos Santos, JL.; Aidar, FJ.; Dos Santos, SB.; Silva, ALS; Reis, GC; Carvalho, GFS; Souza, RF; Santos, DT; Soto, DAS. & Brito, CJ. High-intensity resistance exercise and *Schinus terebinthifolius* supplementation attenuate oxidative stress and muscle damage biomarkers. *Int. J. Morphol.*, 40(3):781-788, 2022. http://www.intjmorphol.com/wp-content/uploads/2022/07/art_37_403.pdf
4. Stožer A, Vodopivec P, Križančič BL. Pathophysiology of exercise-induced muscle damage and its structural, functional, metabolic, and clinical consequences. *Physiological Research*. 2020 Jul 16;565–98. doi: 10.33549/physiol res.934371.
5. Mielgo-Ayuso J, Fernández-Lázaro D. Nutrition and Muscle Recovery. *Nutrients* [Internet]. 2021 Jan 20;13(2):294. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/nu13020294>
6. Viribay A, Arribalzaga S, Mielgo-Ayuso J, Castañeda-Babarro A, Seco-Calvo J, Urdampilleta A. Effects of 120 g/h of Carbohydrates Intake during a Mountain Marathon on Exercise-Induced Muscle Damage in Elite Runners. *Nutrients* [Internet]. 2020 May 11;12(5):1367. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/nu12051367>
7. Liang Y, Chen Y, Yang F, Jensen J, Gao R, Yi L, et al. Effects of carbohydrate and protein supplement strategies on endurance capacity and muscle damage of endurance runners: A double blind, controlled crossover trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2022 Oct 12;19(1):623–37. doi: 10.1080/15502783.2022.2131460.
8. Nogueira AA, Strunz CM, Takada JY, Mansur AP. Biochemical markers of muscle damage and high serum concentration of creatine kinase in patients on statin therapy. *Biomarkers in Medicine*. 2019 Jun;13(8):619–26. <https://doi.org/10.2217/bmm-2018-0379>
9. Dong Y, Zhang X, Miao R, Cao W, Wei H, Jiang W, et al. Branched-chain amino acids promotes the repair of exercise-induced muscle damage via enhancing macrophage polarization. *Frontiers in Physiology*. 2022 Dec 6;13. doi: 10.3389/fphys.2022.1037090.

10. McKinlay BJ, Theocharidis A, Adebero T, Kurgan N, Fajardo VA, Roy BD, et al. Effects of Post-Exercise Whey Protein Consumption on Recovery Indices in Adolescent Swimmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [Internet]. 2020 Oct 23;17(21):7761. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17217761>
11. Papadopoulou SK. Rehabilitation Nutrition for Injury Recovery of Athletes: The Role of Macronutrient Intake. *Nutrients* [Internet]. 2020 Aug 14;12(8):2449. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/nu12082449>
12. Arazi H, Eghbali E, Suzuki K. Creatine Supplementation, Physical Exercise and Oxidative Stress Markers: A Review of the Mechanisms and Effectiveness. *Nutrients* [Internet]. 2021 Mar 6;13(3):869. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/nu13030869>
13. Xu, F, Zeng, J, Liu, X, Lai, J, & Xu, J. (2022). Exercise-Induced Muscle Damage and Protein Intake: A Bibliometric and Visual Analysis. *Nutrients*, 14(20), 4288. Available from: <https://doi.org/10.3390/nu14204288>
14. Tanabe Y, Fujii N, Suzuki K. Dietary Supplementation for Attenuating Exercise-Induced Muscle Damage and Delayed-Onset Muscle Soreness in Humans. *Nutrients* [Internet]. 2021 Dec 24;14(1):70. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/nu14010070>
15. Rindom E, Nielsen MH, Kececi K, Jensen ME, Vissing K, Farup J. Effect of protein quality on recovery after intense resistance training. *European Journal of Applied Physiology*. 2016 Sep 20;116(11-12):2225–36. doi: [10.1007/s00421-016-3477-9](https://doi.org/10.1007/s00421-016-3477-9)
16. Saridi M, Filippopoulou T, Tzitzikos G, Sarafis P, Souliotis K, Karakatsani D. Correlating physical activity and quality of life of healthcare workers. *BMC Research Notes*. 2019 Apr 4;12(1). <https://doi.org/10.1186/s13104-019-4240-1>
17. Bazzucchi I, Patrizio F, Ceci R, Duranti G, Sgrò P, Sabatini S, Di Luigi L, Sacchetti M, Felici F. The Effects of Quercetin Supplementation on Eccentric Exercise-Induced Muscle Damage. *Nutrients*. 2019 Jan 21;11(1):205. doi: 10.3390/nu11010205. PMID: 30669587; PMCID: PMC6356612.
18. Nuzzo JL, Pinto MD, Nosaka K. Overview of muscle fatigue differences between maximal eccentric and concentric resistance exercise. *Scand J Med Sci Sports*. 2023 Oct;33(10):1901-1915. doi: 10.1111/sms.14419. Epub 2023 Jun 2. PMID: 37269142. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/sms.14419>
19. Suzuki K, Hayashida H. Effect of Exercise Intensity on Cell-Mediated Immunity. *Sports* [Internet]. 2021 Jan 11;9(1):8. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/sports9010008>
20. McAllister MJ, Basham SA, Waldman HS, Smith JW, Mettler JA, Butawan MB, et al. Effects of psychological stress during exercise on markers of oxidative stress in

young healthy, trained men. *Physiology & Behavior*. 2019 Jan;198:90–5. doi:10.1016/j.physbeh.2018.10.013

21. Haddad R das N, LWP, Gianolla F, Machado GAC, Killian LF, Machado OAS. Efeito da ingestão de aminoácidos de cadeia ramificada com diferentes concentrações de leucina sobre o número total de repetições realizadas durante o exercício resistido. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. 2021 May 21;20(2):235–44. doi: 10.33233/rbfex.v20i2.4289

22. Bernat-Adell, MD; Collado-Boira, EJ, Moles-Julio, P; Panizo-González, N; Martínez-Navarro, I; Hernando-Fuster, B; Hernando-Domingo, C. Recovery of biomarkers of inflammation, heart and muscle damage after running a marathon. *Journal of Strength and Conditioning Research* 35(3):p 626-632,. | DOI: 10.1519/JSC.0000000000003167

23. Anwar MY, Gupta V. Myoglobinuria. [Updated 2023 May 22]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557379/>

24. Anastasya Boyarski, NS, Shiraz Paz, JE, Lital Alfonta, Electrochemical characterization of a dual cytochrome-containing lactate dehydrogenase, *Bioelectrochemistry*, Volume 152, 2023, 108406, ISSN 1567-5394, <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2023.108406>.

25. Aujla RS, Patel R. Creatine Phosphokinase. 2022 Oct 24. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. PMID: 31536231.

26. Zafar Gondal A, Foris LA, Zubair M, Richards JR. Serum Myoglobin. 2023 Apr 13. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. PMID: 29262167.

27. Vanek T, Kohli A. Biochemistry, Myoglobin. [Updated 2023 Jul 17]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544256>

28. Cai X, Wang T, Xie L. Lactate dehydrogenase is associated with flow-mediated dilation in hypertensive patients. *Sci Rep*. 2023 Jan 14;13(1):768. doi: 10.1038/s41598-023-27614-3. PMID: 36641500; PMCID: PMC9840603.

29. Kloby Nielsen LL, Tandrup Lambert MN, Jeppesen PB. The Effect of Ingesting Carbohydrate and Proteins on Athletic Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients* [Internet]. 2020 May 20;12(5):1483. Available from: <https://doi.org/10.3390/nu12051483>

30. Tiller NB, Roberts JD, Beasley L, Chapman S, Pinto JM, Smith L, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [Internet]. 2019 Nov 7;16(1). Available from:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6839090/>, DOI: [10.1186/s12970-019-0312-9](https://doi.org/10.1186/s12970-019-0312-9)

31. Wax B, Kerksick CM, Jagim AR, Mayo JJ, Lyons BC, Kreider RB. Creatine for Exercise and Sports Performance, with Recovery Considerations for Healthy Populations. *Nutrients* [Internet]. 2021 Jun 2;13(6):1915. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/nu13061915>

32. Arribalzaga S, Viribay A, Calleja-González J, Fernández-Lázaro D, Castañeda-Babarro A, Mielgo-Ayuso J. Relationship of Carbohydrate Intake during a Single-Stage One-Day Ultra-Trail Race with Fatigue Outcomes and Gastrointestinal Problems: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [Internet]. 2021 May 27;18(11):5737. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18115737>.

33. Guedes, DP. Estudo de gordura corporal através da mensuração de valores da densidade corporal e da espessura de dobras cutâneas em universitários. *Kinesis*. Vol. 1. p. 183-212. 1985.

34. Kraemer, WJ, Fry, AC, Ratamess, N, & French, D. Strength testing: development and evaluation of methodology. In P. Maud & C. Foster (Eds.), *Physiological assessment of human fitness* (Vol. 1, pp. 115-138). 1995 Champaign, IL: Human Kinetics.

35. Hollander, Daniel B, Kraemer, Robert R, Kilpatrick, Marcus W, Ramadan, Zaid G, Reeves, Greg V, Francois, Michelle, Tryniecki, James L. Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 37-40, 2007.

36. Carvalho, DS, & Kowacs, PA. Avaliação da intensidade de dor. Migrêneas cefaléias, 2006, 9(4), 164-168.

37. Fabre M, Mathieu B, Tiollier E, Leduc C, Clauss M, Marchand A, et al. Effects of Native Whey Protein and Carbohydrate Supplement on Physical Performance and Plasma Markers of Muscle Damage and Inflammation during a Simulated Rugby Sevens Tournament: A Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled, Crossover Study. *Nutrients*. 2022 Nov 11;14(22):4780. <https://doi.org/10.3390/nu14224780>

38. Naclerio F, Larumbe-Zabala E, Cooper K, Seijo M. Effects of a Multi-ingredient Beverage on Recovery of Contractile Properties, Performance, and Muscle Soreness After Hard Resistance Training Sessions. *The Journal of Strength & Conditioning Research* [Internet]. 2020 Jul 1 [cited 2020 Oct 22];34(7):1884–93. Available from: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/2020/07000/Effects_of_a_Multi_ingredient_Beverage_on_Recovery.10.aspx. doi: 10.1519/JSC.0000000000003397.