UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

Yves Ferreira Porto Pereira

INVESTIGAÇÃO E COMPARAÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE L-ARGININA, L-CITRULINA E NITRATO NO TREINAMENTO DE FORÇA

Belo Horizonte
2025

Yves Ferreira Porto Pereira

INVESTIGAÇÃO E COMPARAÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE L-ARGININA, L-CITRULINA E NITRATO NO TREINAMENTO DE FORÇA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte de Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência dos Esportes.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Daniel Motta Drummond.

Belo Horizonte

2025

P436i Pereira, Yves Ferreira Porto
2025 Investigação e comparação da suplementação aguda de L-arginina, L-citrulina e nitrato no treinamento de força [recurso eletrônico] / Yves Ferreira Porto Pereira. – 2025.
1 recurso online (68 f. : il.) : pdf.

Orientador: Marcos Daniel Motta Drummond

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Inclui bibliografia.

1. Treinamento com peso – Teses. 2. Musculação – Teses. 3. Suplementos dietéticos – Teses. I. Drummond, Marcos Daniel Motta. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 612:796

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Sheila Margareth Teixeira Adão, CRB 6: n° 2106, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO ESPORTE

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

YVES FERREIRA PORTO PEREIRA

Às **14:30 horas** do dia **24 de junho de 2025**, a comissão examinadora, indicada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte, reuniu-se no Auditório Maria Lúcia Paixão da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais e por videoconferência, para julgar, em exame final, a dissertação intitulada "**Investigação e comparação da suplementação aguda de l-arginina, l-citrulina e nitrato no treinamento de força**". Abrindo a sessão, o presidente da comissão, Prof. Dr. Marcos Daniel Motta Drummond (UFMG), orientador, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares de Defesa do Trabalho Final, passou a palavra para o candidato, que realizou a apresentação da sua dissertação. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado.

Indicações dos membros da comissão examinadora:

Prof. Dr. Marcos Daniel Motta Drummond (UFMG - orientador) - Aprovado

Prof. Dr. Rodrigo César Ribeiro Diniz (UFMG) - Aprovado

Prof. Dr. Marcos Antônio Pereira dos Santos (UFPI) - Aprovado

Após as indicações, o candidato foi considerado: **APROVADO**.

Nada mais havendo a tratar, eu, Prof. Dr. Marcos Daniel Motta Drummond, presidente da comissão examinadora, dei por encerrada a reunião, da qual, para constar, lavrei a presente ata, que, lida e aprovada, vai por todos assinada eletronicamente.

Belo Horizonte, 24 de junho de 2025

Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Cesar Ribeiro Diniz**, **Professor do Magistério Superior**, em 25/06/2025, às 18:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Marcos Daniel Motta Drummond**, **Professor do Magistério Superior**, em 25/06/2025, às 20:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Marcos Antonio Pereira dos Santos**, **Usuário Externo**, em 16/07/2025, às 19:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4308511** e o código CRC **9761C5FB**.

Referência: Processo nº 23072.204253/2025-79 SEI nº 4308511

Com todo o meu coração, dedico este trabalho à Arlinda Ferreira Porto, minha mãe, cuja dedicação, coragem e incentivo foram essenciais para que eu conquistasse este marco. Eu sou a continuação de um sonho.

AGRADECIMENTOS

“Nunca fiz nada sozinho. Por trás de cada conquista existem muitas pessoas, e sou imensamente grato a todas elas.” “Se você reza pedindo chuva, tem que lidar com a lama também.”

Essas frases me acompanharam durante boa parte da minha trajetória acadêmica, e hoje, ao finalizar esta dissertação, elas ressoam com ainda mais verdade. Se consegui chegar até aqui, foi porque, em diferentes momentos, pessoas especiais me impulsionaram, me apoiaram e caminharam ao meu lado. Este trabalho é resultado não apenas de esforço individual, mas de uma rede de confiança e parceria.

Em primeiro lugar, agradeço à minha mãe, Arlinda Ferreira Porto, cujo apoio incondicional, amor e força foram fundamentais para que eu enfrentasse cada desafio com coragem. Meu maior alicerce. Agradeço também a toda a minha família pela contribuição.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Daniel Motta Drummond, minha profunda gratidão pela orientação, pela paciência e pelo incentivo permanente ao longo de todo o processo, desde minha entrada no laboratório até a finalização deste trabalho. Sua dedicação e excelência profissional foram fundamentais para a construção desta pesquisa. MUITO OBRIGADO.

Estendo meus agradecimentos aos professores da minha graduação: Bruno Victor, Bruno Ocelli, Eliney Silva, Gabriel Quinan, Natalia Bittencourt e Ronaldo Ângelo, que participaram da minha formação com comprometimento, partilhando conhecimento, experiências e palavras que marcaram minha trajetória acadêmica. Cada aula, sugestão ou conversa foi essencial para meu crescimento. Agradeço aos professores que a UFMG inseriu durante a minha vida acadêmica, especialmente ao professor Rodrigo Diniz, e, por fim, agradeço ao professor Bernardo Neme Ide por toda a contribuição durante o processo acadêmico.

Aos meus amigos Gustavo Henrique, Maria Beatriz, Matheus Aleluia, Matheus Lobo, Rafael Nogueira e Vitória Kern, que caminharam comigo nesta jornada nos dias difíceis, nos momentos de incerteza e nas pequenas vitórias, minha sincera gratidão. Aos membros do LAN que contribuíram com esta pesquisa, especialmente Marcella Peixoto e Miercio Soares. À Lucy Ana e Marcelo Hilário, por terem contribuído com uma etapa importantíssima deste projeto.

Agradeço ainda à Universidade Federal de Minas Gerais, pela oportunidade de fazer parte de sua comunidade acadêmica e por oferecer um ambiente de aprendizado, pesquisa e troca de saberes que levarei comigo por toda a vida.

Por fim, agradeço às agências de fomento CAPES e FAPEMIG pelo suporte financeiro e pela valorização da pesquisa científica, sem os quais este trabalho não teria sido possível.

A todos que fizeram parte dessa jornada, o meu mais sincero e profundo muito obrigado.

“Se você puder chegar através da neve, da tempestade e da chuva, saberá que poderá chegar quando brilhar o sol e tudo estará bem” (Malcom X).

RESUMO

O óxido nítrico (ON) é um gás sinalizador com importantes funções fisiológicas, incluindo a vasodilatação, e tem sido amplamente estudado por seu potencial ergogênico durante o exercício físico. A suplementação com precursores de ON, como L-arginina, citrulina malato (CITMAL) e nitrato, tem sido proposta como estratégia nutricional para otimizar o desempenho no treinamento de força. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi investigar e comparar os efeitos agudos dessas três substâncias sobre o volume total de treinamento (VT), a percepção subjetiva de esforço (PSE) e o inchaço muscular em um protocolo de musculação. Participaram do estudo 18 homens treinados (28,11 ± 3,95 anos; 85,8 ± 11,2 kg; 1,75 ± 0,05 m; 9,00 ± 6,07 anos de experiência), em um delineamento cruzado, randomizado, duplo-cego e controlado por placebo. Cada voluntário participou de quatro sessões experimentais, consumindo um dos suplementos (L-arginina 10 g, CITMAL 12 g, nitrato 400 mg ou placebo) 60 minutos antes do exercicio proposto. O desempenho foi mensurado por meio do VT (carga × repetições), da PSE e do inchaço muscular avaliada por ultrassom antes e após o exercício. A análise estatística foi conduzida por ANOVA de medidas repetidas ($p < 0,05$), com cálculo do tamanho do efeito (η^2p). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas no VT entre as condições: L- arginina (2.157 ± 520 kg), CITMAL (2.172 ± 605 kg), nitrato (2.244 ± 492 kg) e placebo (2.254 ± 492 kg); $p = 0,600$. Todas as condições apresentaram aumento significativo no inchaço muscular após o exercício ($p < 0,001$). A PSE aumentou ao longo do protocolo ($p < 0,001$), sem diferença entre os suplementos ($p = 0,636$). Em relação à palatabilidade, o placebo foi mais bem avaliado (8,56 ± 0,71), seguido pelo nitrato (7,89 ± 1,32), enquanto a L-arginina apresentou menor aceitação (6,39 ± 2,09). Conclui-se que a suplementação aguda com L-arginina, CITMAL ou nitrato não promove efeitos significativos no desempenho, na PSE ou no inchaço muscular. No entanto, o nitrato demonstrou melhor palatabilidade entre os suplementos avaliados.

Palavras-chave: óxido nítrico; suplementação; força; hipertrofia; inchaço muscular.

ABSTRACT

Nitric oxide (NO) is a signaling gas with important physiological functions, including vasodilation, and has been widely studied for its ergogenic potential during physical exercise. Supplementation with NO precursors, such as L-arginine, citrulline malate (CITMAL), and nitrate, has been proposed as a nutritional strategy to optimize performance in strength training. In this context, the aim of the present study was to investigate and compare the acute effects of these three substances on total training volume (VT), subjective perception of exertion (RPE) and muscle swelling in a bodybuilding protocol. The study included 18 trained men (28.11 ± 3.95 years; 85.8 ± 11.2 kg; 1.75 ± 0.05 m; 9.00 ± 6.07 years of experience) in a randomized, double-blind, placebo-controlled crossover design. Each volunteer participated in four experimental sessions, consuming one of the supplements (L-arginine 10 g, CITMAL 12 g, nitrate 400 mg or placebo) 60 minutes before the proposed exercise. Performance was measured by means of VT (load × repetitions), RPE and muscle thickness assessed by ultrasound before and after exercise. Statistical analysis was conducted by repeated measures ANOVA ($p < 0.05$), with effect size calculation (η^2p). No statistically significant differences were observed in VT between the following conditions: L- arginine (2,157 ± 520 kg), CITMAL (2,172 ± 605 kg), nitrate (2,244 ± 492 kg) and placebo (2,254 ± 492 kg); $p = 0.600$. All conditions showed a significant increase in muscle swelling after exercise ($p < 0.001$). The RPE increased throughout the protocol ($p < 0.001$), with no difference between the supplements ($p = 0.636$). Regarding palatability, placebo was better evaluated (8.56 ± 0.71), followed by nitrate (7.89 ± 1.32), while L-arginine showed lower acceptance (6.39 ± 2.09). It is concluded that acute supplementation with L-arginine, CITMAL, or nitrate does not promote significant effects on performance, RPE, or muscle swelling. However, nitrate demonstrated better palatability among the supplements evaluated.

Keywords: nitric oxide; supplementation; strength; hypertrophy; muscle swelling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Delineamento experimental.....26
Figura 2 – Posicionamento da fita Micropore.....31
Figura 3 – Análise do inchaço muscular.....32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultados individuais em relação à média do inchaço muscular 38
Gráfico 2 – Médias do volume total no supino guiado 39
Gráfico 3 – Percepção subjetiva de esforço 40
Gráfico 4 – Escala de recuperação percebida pré-sessão 41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Escala de recuperação percebida 33
Quadro 2 – Escala de Borg para classificação da percepção subjetiva do esforço ..34
Quadro 3 – Escala Hedônica utilizada no teste de preferência dos suplementos.....35

LISTA DE SIGLAS E ABREVIAÇÕES

1RM	Uma repetição máxima
ANOVA	Análise de variância
AST	Área de secção transversa
ATP	Adenosina trifosfato
CCI	Coeficiente de correlação intraclasse
CITMAL	Citrulina-malato
COEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CTE	Centro de Treinamento Esportivo
EPM	Erro padrão da medida
ERP	Escala de esforço percebida
GH	Hormônio do crescimento
LAMUSC	Laboratório de Treinamento na Musculação
LAN	Laboratório de Nutrição e Treinamento Esportivo
ON	Óxido nítrico
PM	Peitoral maior
PSE	Percepção subjetiva de esforço
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
VT	Volume Total

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16

1.1 Objetivos 21

1.1.1 Objetivo geral 21

1.1.2 Objetivos específicos 21

1.2 Hipóteses 22

2 MATERIAIS E MÉTODOS 23

2.1 Amostra 23

2.1.1 Caracterização da amostra 24

2.2 Cuidados éticos 24

2.3 Delineamento experimental 25

2.4 Procedimentos 27

2.4.1 Familiarização 27

2.4.2 Protocolo de suplementação 29

2.4.3 Testes de desempenho de força 30

2.4.3.1 Teste de uma repetição máxima (1RM) 30

2.4.3.2 Sessão de treinamento e Volume Total (VT) 30

2.4.5 Ultrassom 30

2.4.5.1 Inchaço muscular 31

2.4.6 Parâmetros psicofisiológicos 33

2.4.6.1 Escala de recuperação percebida (ERP) 33

2.4.6.2 Percepção subjetiva de esforço (PSE) 33

2.4.6.3 Análise sensorial de alimentos (ou palatabilidade) 34

2.4.7 Recordatório alimentar de 24 horas 35

3 ANÁLISE ESTATÍSTICA 36

4 RESULTADOS 37

5 DISCUSSÃO 42

6 CONCLUSÃO 50

REFERÊNCIAS 51

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO 64

1 INTRODUÇÃO

O treinamento de força provoca mudanças adaptativas no sistema nervoso, assim como na morfologia e na arquitetura muscular (Aagaard, 2003; Suchomel *et al.,* 2018). Muitos esportes exigem alta capacidade de força em períodos curtos (Haff; Nimphius, 2012; Kawamori; Haff, 2004; Newton; Kraemer, 1994), tornando o desenvolvimento da força e da potência essenciais para o sucesso esportivo (Cormie; McGuigan; Newton, 2011; Haff; Nimphius, 2012). Além de ser um diferencial em atletas (Suchomel; Nimphius; Stone, 2016), a força muscular é crucial para a funcionalidade em relação às atividades físicas diárias (Lavin *et al.,* 2019; Suchomel *et al.,* 2018).

O treinamento de força também pode ter como objetivo a hipertrofia do tecido músculo esquelético, uma adaptação que é fortemente influenciada pelo volume total de treinamento (Lim *et al.*, 2022). Essa resposta hipertrófica depende de uma combinação de mecanismos fisiológicos, entre os quais se destacam o dano muscular, a tensão mecânica e o estresse metabólico (Flewwelling *et al.*, 2025). Durante contrações realizadas até próximo da falha concêntrica, ocorre a produção simultânea de metabólitos associados ao estresse metabólico, como o hormônio do crescimento (GH) e espécies reativas de oxigênio, os quais desempenham um papel relevante na sinalização para a síntese proteica (Freitas *et al.*, 2017; Thannickal; Fanburg, 2000). Além disso, essa condição leva à redução dos níveis de adenosina trifosfato (ATP), que podem cair entre 30% e 40%, e à depleção significativa dos estoques de fosfato de creatina, que podem até se esgotar (Cholewa *et al.*, 2019).

Simultaneamente, há um aumento na concentração de subprodutos metabólicos da contração muscular, como adenosina difosfato, adenosina monofosfato, óxido nítrico (ON) e lactato (Cholewa *et al.*, 2019; Schoenfeld, 2010, 2013; Schoenfeld; Contreras, 2014). Esses metabólitos desempenham um papel fundamental na regulação do fluxo sanguíneo, atuando como vasodilatadores diretos ou indiretos e facilitando a perfusão muscular durante a contração muscular (Cholewa *et al.*, 2019). A combinação entre a redução dos estoques de ATP e fosfato de creatina, o acúmulo de fosfato inorgânico, o aumento do fluxo glicolítico com consequente elevação da produção de íons hidrogênio e metabólitos e a presença da hipóxia moderada e o acúmulo venoso por meio do musculo em contração contribui para a indução do inchaço celular, favorecendo um ambiente fisiológico associado à

ativação de sinais anabólicos o que pode ocasionarem adaptações hipertróficas (Cholewa *et al.*, 2019).

O uso de suplementos alimentares para contribuir com o aumento da força e hipertrofia é uma das estratégias utilizadas por praticantes do treinamento de força (Gonzalez *et al.*, 2020), entre eles, os suplementos precursores de óxido nítrico, como L-arginina, L-citrulina e nitrato, são amplamente utilizados com fim de aumentar o desempenho nos treinos de força e nas respostas ao treinamento (Harty *et al.*, 2018; Jones *et al*., 2021; Trexler *et al*., 2019). Diversos tecidos no corpo humano possuem diferentes formas da enzima óxido nítrico sintase, que catalisa a síntese de ON ao transformar o aminoácido semiessencial L-arginina em L-citrulina, em um processo dependente de oxigênio (Förstermann; Sessa, 2012). Sendo uma molécula instável com vida curta, o ON atua localmente ou é convertido em nitrato por meio de reações mediadas por proteínas com grupos hemo-oxidados, como a oxihemoglobina ou oximioglobina (Cosby *et al*., 2003). O nitrato pode ser reconvertido em nitrito e posteriormente em ON em certas condições fisiológicas (Cosby *et al*., 2003; Modin *et al*., 2001). Essa via alternativa de produção de nitrato-nitrito-ON independe de oxigênio e é favorecida por ambientes ácidos e com baixa oxigenação. Assim, a produção de ON e seus efeitos, podem ser mantidos mesmo em diferentes condições de oxigenação (Cosby *et al*., 2003; Modin *et al*., 2001).

O ON é uma molécula gasosa envolvida em diversos processos e regulações no corpo humano (Jones *et al.*, 2021). Além disso, o ON é um elemento essencial na regulação do equilíbrio vascular, atuando por diversos mecanismos para controlar o tônus dos vasos sanguíneos (Bolotina *et al*., 1994). Concentrações baixas de ON, liberadas pelas células endoteliais são essenciais para induzir o relaxamento vascular, influenciando diretamente as células musculares lisas vasculares, cuja atividade contrátil influencia o tônus vascular (Bolotina *et al*., 1994). Produzido no citosol das células endoteliais, o ON se difunde rapidamente para as células musculares lisas vasculares, onde exerce ação de sinalização celular ao estimular a enzima guanilil ciclase solúvel, aumentando a produção de monofosfato cíclico de guanosina 3,5 (Bolotina *et al*., 1994). Além do mais, o ON reduz os níveis de cálcio intracelular ao bloquear canais de cálcio dependentes de voltagem tipo 3 e ativar proteínas quinases que fosforilam estruturas no retículo sarcoplasmático e canais de potássio sensíveis ao cálcio (Bolotina *et al*., 1994).

Essa diminuição na concentração de cálcio inibe a formação do complexo cálcio-calmodulina, responsável por ativar a cinase da cadeia leve da miosina nas células musculares lisas vasculares, o que favorece a vasodilatação (Horowitz *et al*., 1996). Dessa maneira, a vasodilatação melhora a entrega de oxigênio e nutrientes e também contribui para a remoção de metabólitos, facilitando a recuperação e promovendo um ambiente anabólico (Clements; Lee; Bloomer, 2014). Após a suplementação com precursores de ON, diversos mecanismos são propostos com o aumento circulante de ON, como angiogênese, biogênese mitocondrial, liberação de cálcio, favorecimento da contratilidade das fibras tipo II e regulação homeostática (Clements; Lee; Bloomer, 2014; Coggan; Peterson, 2018; Jones *et al*., 2016, 2021; Piknova *et al*., 2022).

A L-arginina é encontrada naturalmente em fontes de proteína dietética, como carne, frutos do mar, sementes e melancia (Bescós *et al*., 2012). Além disso, ela desempenha um papel relevante em várias vias metabólicas, incluindo a síntese de ON (Morris Junior, 2006). Após a absorção, a L-arginina é utilizada pelas células endoteliais nas paredes dos vasos sanguíneos para sintetizar ON por meio da via dependente da enzima óxido nítrico sintase (Aguayo *et al.*, 2021). Devido a seus possíveis efeitos no aumento da concentração de ON após a suplementação, vários estudos foram realizados com populações com adversidades clínicas, sendo relatadas redução da pressão arterial e melhora da tolerância ao exercício (Bednarz *et al*., 2004; Siani *et al*., 2000).

Dessa maneira, foi hipotetizado que a substância poderia contribuir para melhorar o desempenho em protocolos de exercícios de alta intensidade e aumentar a resistência (Álvares *et al*., 2012). A partir de resultados promissores, como o aumento do fluxo sanguíneo no treinamento de força (Álvares *et al*., 2012) e a redução dos custos de oxigênio em tarefas intermitentes (Bailey *et al*., 2010), a L-arginina também passou a ser mais investigada em protocolos no treinamento de força que também buscava entender os efeitos da suplementação na composição corporal (Tang *et al*., 2011).

Em um dos poucos estudos avaliados com essas variáveis, não foram encontrados benefícios da suplementação aguda de 10g, nem no fluxo sanguíneo da artéria femoral, nem na síntese de proteínas muscular. Porém, quando comparado ao grupo placebo, o grupo suplementado com a L-arginina experimentou maiores níveis de GH, porém, os motivos pelo qual o grupo suplementado apresentou maiores níveis

de GH segue desconhecido (Tang *et al*., 2011). Em contraste, a ingestão de L-arginina para estimular o hormônio do crescimento segue instável, dado que há relatos de redução do GH após a suplementação (Forbes; Harber; Bell, 2014).

Além disso, não é possível associar mudanças agudas nos hormônios anabólicos à hipertrofia do músculo esquelético (Mitchell *et al*., 2013; West *et al*., 2010). Com 12 g de L-arginina combinada com α-cetoglutarato em um protocolo de suplementação crônico, foi demostrado que o grupo suplementado aumentou o nível de força máxima de membros superiores e a potência máxima no teste de Wingate, apesar de não ter sido encontrada nenhuma alteração na composição corporal nem na resistência aeróbica (Campbell *et al*., 2006). Entretanto, os métodos adotados para avaliar a composição corporal nestes estudos possuem limitações (Haun *et al*., 2019). Dessa forma, avaliar a composição corporal, por meio de outros métodos, como o ultrassom, pode ser uma alternativa mais eficaz para estimar a hipertrofia muscular e a avaliar mudanças sutis na composição corporal (Scott *et al*., 2017).

Outra hipótese recorrente na literatura é a investigação dos efeitos sinérgicos da combinação de L-arginina com L-citrulina ou citrulina malato (CITMAL) para aumentar a disponibilidade de ON na corrente sanguínea e melhorar o desempenho em tarefas especificas (Nyawose *et al*., 2022; Suzuki *et al*., 2017, 2019; Trexler *et al*., 2020). Uma forma comum de suplementar a citrulina é por meio do malato de citrulina, onde a citrulina é combinada com o malato em proporções de 1:1 a 2:1 (Bendahan *et al*., 2002). O malato, intermediário do ciclo do ácido cítrico, pode atuar sinergicamente com a L-citrulina para reduzir a produção de lactato e aumentar a síntese de ATP durante o exercicio, embora faltem evidências experimentais robustas que comprovem esses mecanismos (Gough *et al*., 2021).

A L-citrulina, um aminoácido não essencial encontrado em alimentos como melancia e pepino, atua como um precursor eficaz da L-arginina e, consequentemente de ON (Figueroa *et al*., 2017). A conversão em L-arginina ocorre através das enzimas argininosuccinato sintase e argininosuccinato liase no ciclo da ureia. Estudos sugerem que o uso isolado ou combinado dessas substâncias, de forma aguda ou crônica, pode reduzir a pressão arterial em repouso, melhorar a função vascular e o desempenho no treinamento de força e potência, além de reduzir a percepção subjetiva de esforço (PSE) (Khalaf *et al*., 2019; Trexler *et al*., 2019). Apesar de ser relatado que o efeito da suplementação é pequeno, ela pode ser essencial em tarefas onde a menor diferença no desempenho é capaz de gerar o sucesso esportivo (Trexler *et al*., 2019).

Assim como a L-arginina, foram encontrados poucos estudos que investigaram os possíveis efeitos da ingestão da L-citrulina e seus impactos na composição corporal (Gonzalez *et al*., 2018). Foi demonstrado que a L-citrulina não foi capaz de aumentar o desempenho, alterar as respostas subjetivas de esforço nem aumentar a resposta do inchaço muscular no músculo tríceps braquial em um protocolo de treinamento de força para os membros superiores (Gonzalez *et al*., 2018). Assim como existe o interesse em investigar os efeitos sinérgicos dos precursores de ON, foi investigado os efeitos comparativos entre a L-citrulina e do suco de beterraba, rico em nitrato, no desempenho em um teste de força de membros inferiores, no inchaço muscular e nas respostas vasculares (Trexler *et al*., 2020).

Em consonância, não foram relatados quaisquer benefícios da utilização, de ambas as substâncias nas variáveis analisadas (Trexler *et al*., 2020). Entre os precursores de óxido nítrico, o suco de beterraba, rico em nitrato, é uma das substâncias mais pesquisadas na literatura científica, sendo demostrado que a ingestão tanto de forma crônica quanto aguda, pode ser uma estratégia ergogênica utilizada para aumentar o desempenho físico, ou melhorar a função vascular (Crecelius *et al*., 2010; Macuh; Knap, 2021).

Após a absorção, aproximadamente 25% do nitrato circulante é absorvido pela glândula salivar por meio de transportes ativos, encontrado na saliva (Govoni *et al*., 2008). Na cavidade oral, bactérias anaeróbias facultativas reduzem parte do nitrato salivar a nitrito (Doel *et al*., 2005; Duncan *et al*., 1995). Quando posteriormente engolido, uma parte desse nitrito é reduzida a ON no ambiente ácido do estomago (Benjamin, 2000), e parte do nitrito restante entra na circulação sistêmica e é distribuído no sangue e armazenado em vários tecidos, onde pode sofrer uma redução de um elétron para produzir ON (Lundberg; Weitzberg; Gladwin, 2008; Wylie *et al*., 2013).

A suplementação com nitrato é capaz de gerar maior tolerância ao exercicio (Van de Walle; Vukovich, 2018) e apesar do grande número de estudos em atividades de longa duração ou em tarefas intermitentes (Campos *et al*., 2018), recentemente tem havido um interesse crescente em investigar a suplementação de nitrato no treinamento de força, com indícios de melhorias na resistência e potência muscular (Tan *et al*., 2023a).

Diversos estudos investigaram os efeitos comparativos de precursores de ON no desempenho físico e na composição corporal, com resultados variando entre a melhoria e a ausência de benefícios, evidenciando efeitos ainda controversos (Burgos *et al*., 2021; Morita *et al*., 2014; Schwedhelm *et al*., 2008; Suzuki *et al*., 2019; Townsend *et al*., 2022; Trexler *et al*., 2020). O crescente interesse por suplementos alimentares que impulsionem respostas vasculares e a hipertrofia muscular justifica a necessidade do presente estudo, uma vez que não foram encontrados estudos que compararam os efeitos da L-arginina, CITMAL e nitrato no treinamento de força e os seus impactos no inchaço muscular, além disso, por se tratar de um estudo com a comparação de três suplementos distintos, cabe avaliar quais destes podem oferecer o maior impacto na palatabilidade.

A literatura permanece inconclusiva quanto a eficácia desses suplementos em melhorar o desempenho ou as adaptações ao treinamento, especialmente considerado suas farmacocinéticas distintas, diante da escassez de estudos que comparem diretamente os efeitos agudos da L-arginina, CITMAL e nitrato sobre variáveis morfológicas, perceptuais e de desempenho em protocolos de força, este estudo busca preencher essa lacuna, avaliando o impacto dessas substâncias sobre o volume de treino, inchaço muscular e percepção de esforço em homens treinados em musculação.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Investigar e comparar a suplementação de L-arginina, CITMAL e nitrato no inchaço muscular, no desempenho e na percepção subjetiva de esforço, no treinamento de força na musculação.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar a influência da suplementação aguda de precursores de óxido nítrico no inchaço muscular do musculo peitoral maior após a sessão de treinamento de força.

- Avaliar o efeito agudo da suplementação de L-arginina, CITMAL e nitrato sobre o volume total do exercicio supino reto guiado em homens treinados.
- Analisar os efeitos da suplementação da L-arginina, CITMAL e nitrato sobre a percepção subjetiva de esforço (PSE) ao longo da série no exercicio supino.
- Comparar a aceitação e palatabilidade dos suplementos utilizados, com base na escala hedônica.

1.2 Hipóteses

- **H0:** A suplementação aguda com L-arginina, CITMAL ou nitrato não promoverá alterações significativas no volume total de treino, no inchaço muscular nem na percepção subjetiva de esforço quando comparada ao placebo, em um protocolo agudo de treinamento de força.
- **H1:** A suplementação aguda com L-arginina, CITMAL ou nitrato promovera modulação aguda no inchaço muscular e alterara significativamente o volume total de treino e a percepção subjetiva de esforço, quando comparada ao placebo.
- **H2:** O aumento do inchaço muscular observado após o protocolo do treinamento de força ocorrerá como uma resposta fisiológica aguda ao exercício, sem diferenças significativas entre os grupos suplementados com nitrato, L-arginina, CITMAL ou placebo.
- **H3:** O suplemento nitrato será o mais bem aceito em palatabilidade comparado a CITMAL e a L-arginina.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostra

A amostra foi composta por 18 participantes, do sexo masculino, com idade média de 28,11 ± 3,95 anos, o tempo médio de experiência no treinamento de força, na musculação foi de 9,00 ± 6,07 anos. Para serem inclusos no estudo os voluntários deveriam apresentar idade entre 18 e 35 anos, além de no mínimo 3 anos consecutivos de experiencia no treinamento de força na musculação com frequência mínima regular de três vezes por semana, e que estivessem habituados a realizar o exercício de supino reto. Os participantes também não poderiam estar sob o uso de hormônios anabolizantes no período da pesquisa, nem nos seis meses que a antecedesse.

Como critério de exclusão, seriam retirados aqueles que apresentassem lesões articulares, musculares ou ósseas nos membros superiores, assim como qualquer condição clínica que apresentasse efeitos de interferência no desempenho dos testes de força. Os indivíduos foram orientados a abster-se de qualquer suplemento alimentar ou substância com capacidade ergogênica durante o estudo. Aqueles que não cumprissem as orientações relacionadas ao consumo de substâncias ergogênicas e alimentares, como altas quantidades de hortaliças e leguminosas no dia da coleta ou até 24 horas antes, seriam excluídos da amostra. Apesar disso, todos os voluntários seguiram as orientações relatadas, sem necessidade de exclusão.

O cálculo amostral foi realizado com base nos dados obtidos no estudo piloto conduzido previamente. Foram utilizados os dados da variável principal, o inchaço muscular, para os quais se aplicou o teste estatístico ANOVA de duas vias de medidas repetidas. Considerou-se um poder estatístico de 0,95, um tamanho de efeito de 0,63 e um nível de significância estatística de $\alpha = 0,05$, resultando em um tamanho amostral necessário de 16 voluntários. Para assegurar que o tamanho amostral fosse atendido, foram recrutados 18 voluntários. O software utilizado para a análise foi o G*Power (versão 3.1.9.4).

2.1.1 Caracterização da amostra

Os voluntários foram caracterizados em sua massa corporal total apresentada com 85,8 ± 11,2 kg e estatura 1,75 ± 0,05 m. Além da composição corporal em massa muscular esquelética (62.08±6.75 kg) e percentual de gordura (23,5 ± 6,15%). Também foram caracterizados com a capacidade de realizar o teste de uma repetição máxima (1RM) no exercicio supino reto de 94.08±18.70 kg assim como a relação entre força máxima no exercicio supino reto e a massa corporal total, sendo a força relativa de 1,11 ± 0,22, dados apresentados em média e desvio padrão (Santos Junior *et al*., 2021; Suchomel *et al*., 2019).

Para mensurar a massa corporal total e a composição corporal, foi utilizada uma balança de bioimpedância da marca *Tanita* (BC 601FS). A bioimpedância é um método validado, não invasivo, indolor e rápido para avaliar a composição corporal (Sergi *et al*., 2017). O equipamento segue as orientações de calibração sugeridas pelo manual do fabricante, trata-se de uma balança multifrequencial (20 e 100 kHz) e tetrapolar, que conta com oito eletrodos para a avaliação segmentada e simultânea dos cinco segmentos corporais (braços, pernas e tronco). Para mensuração da estatura, foi utilizado um estadiômetro de parede Sanny, com precisão de 0,5 cm. Durante a mensuração os voluntários ficaram em descalços, em pé, com as costas retas apoiadas em uma parede.

2.2 Cuidados éticos

O projeto de pesquisa e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) – disponível no Apêndice A – foi submetido e aprovado, com número de CAAE 84743224.1.0000.5149 ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais por meio da plataforma Brasil. Após a apresentação e a explicação de todos os procedimentos aos voluntários, estes assinaram o TCLE, concordando em participar do estudo. Os voluntários foram detalhadamente informados sobre os potenciais riscos e benefícios envolvidos, garantindo-se o direito de abandonarem o projeto a qualquer momento, sem penalizações. As informações obtidas serão armazenadas por até cinco anos e poderão ser utilizadas em artigos científicos, assegurando-se o anonimato dos participantes. Este projeto respeitará integralmente as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2012).

2.3 Delineamento experimental

Este estudo é um delineamento transversal randomizado, cruzado, duplo-cego e controlado por placebo. O cegamento e a aleatoriedade foram garantidos por uma pessoa que não estava envolvida na coleta de dados. A sequência de tratamentos foi atribuída aleatoriamente de forma balanceada usando o *software* de alocação aleatória (Random Allocation Software, Isfahan, Irã). Cada voluntário participou de um total de oito encontros, com um intervalo de 48 ou 72 horas. Esse intervalo foi adotado para permitir uma recuperação completa em relação ao protocolo realizado (Meneghel *et al.*, 2014) e ao *wash-out* da substância ingerida (Kadach *et al*., 2022; Schwedhelm *et al*., 2008). Cada voluntário realizou o protocolo de treinamento no mesmo dia da semana e horário, sendo adotado uma tolerância de 60 minutos em caso de atrasos. Durante o período de realização do estudo, foi solicitado aos voluntários que não realizassem treinamento de força para membros superiores.

O primeiro encontro foi direcionado para apresentação da pesquisa e caracterização da amostra. Sendo registrados os dados do voluntário, o tempo de experiência no treinamento de força (em anos) e a avaliação da composição corporal.

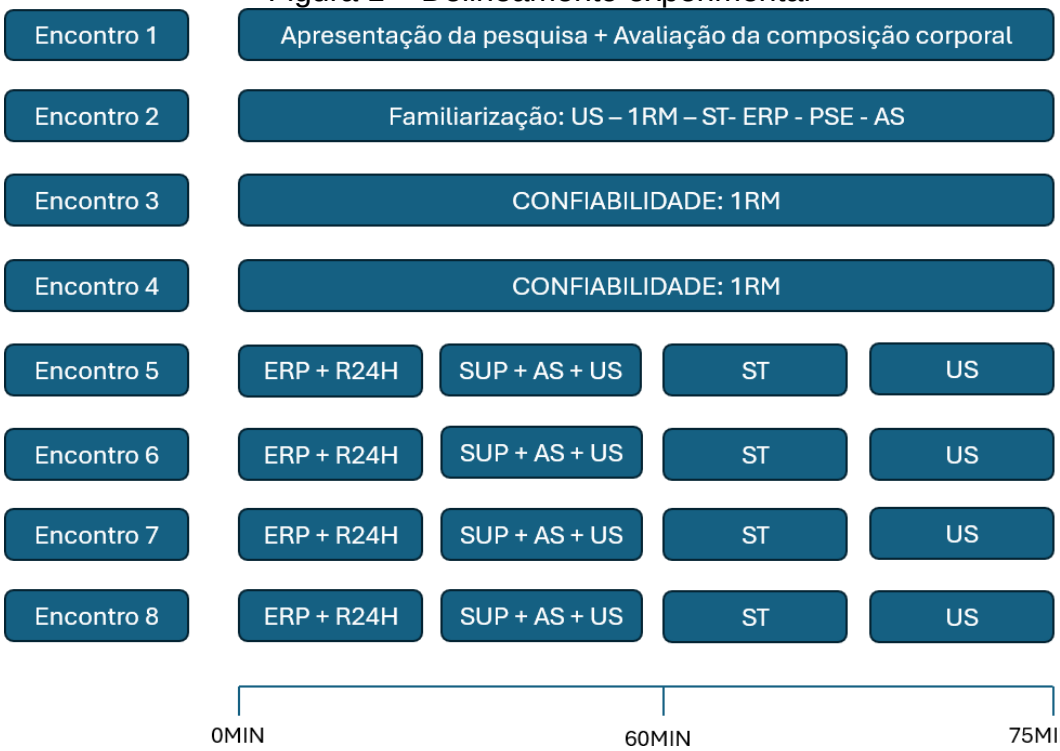
Uma semana após o primeiro encontro, na segunda sessão, ocorreu a familiarização dos voluntários com diversos aspectos da pesquisa: ambiente, equipamentos, protocolo de ultrassom para investigar o inchaço muscular, testes que seriam realizados: 1RM, além do preenchimento dos questionários da escala de recuperação percebida (ERP), da percepção subjetiva de esforço (PSE) e da análise sensorial. Ainda nesse encontro, foi aplicado um recordatório alimentar de 24 horas, o qual foi repetido nas sessões subsequentes.

A terceira e a quarta sessões, foram destinados à confiabilidade dos dados referentes ao teste de uma repetição máxima. Já as sessões cinco a oito, foram os ensaios experimentais, onde foram investigados os possíveis efeitos agudos da suplementação no desempenho de força, no inchaço muscular e nas respostas psicofisiológicas das seguintes substâncias: nitrato, CITMAL, L-arginina e placebo. Antes de cada teste e sessão de treinamento, os voluntários foram questionados sobre sua percepção de recuperação em relação à sessão anterior, usando uma escala adaptada de Laurent *et al.* (2011). Esses valores foram registrados para análise posterior.

Nas sessões experimentais os voluntários repousaram por 10 minutos antes de passarem pelo exame de ultrassonografia para avaliar o inchaço muscular. Durante

este período de espera, foi aplicado o recordatório alimentar de 24 horas, por um nutricionista, registrado através do *software* Dietbox. Em seguida, os voluntários receberam 100ml de água mineral para limpar o palato. Após ingerido, foram oferecidas garrafas opacas com capacidade de 200ml com líquido que continha as substâncias investigadas ou placebo. Imediatamente após o consumo do líquido os voluntários foram questionados sobre a percepção da análise sensorial sobre o líquido ingerido (palatabilidade), usando a escala proposta por Gularte (2002) (Figura 5). Os valores foram registrados para análise posterior. Depois disso, iniciaram a sessão de treinamento de força conforme o protocolo proposto. Ao final de cada série do protocolo proposto, usando uma escala adaptada da percepção subjetiva de esforço (Gearhart *et al*., 2001), os voluntários responderam sobre o esforço experimentado. Após realizarem a sessão de treinamento, os voluntários foram submetidos ao exame de ultrassonografia para registrar novamente a AST da musculatura. A variação entre as medidas de AST muscular pré e pós treinamento foram entendidas como respostas ao inchaço muscular. Os dados do exame de ultrassonografia e as respostas geradas pela escala de PSE foram registradas para análise posterior. O delineamento experimental está representado na Figura 1.

Figura 1 – Delineamento experimental



Nota: 1RM: Uma repetição máxima; AS: Análise sensorial; ERP: Escala de recuperação percebida; US: Ultrassom; PSE: Percepção subjetiva de esforço; ST: Sessão de treinamento; SUP: Suplementação; r24h:Recordatório alimentar. Fonte: Elaboração própria.

2.4 Procedimentos

2.4.1 Familiarização

A primeira sessão de familiarização ocorreu durante a segunda visita, quando foram apresentados o teste de 1RM e o protocolo de treinamento no exercício de supino reto na barra guiada, os procedimentos de ultrassom, os questionários psicofisiológicos, bem como os instrumentos utilizados nas sessões experimentais para coleta de parâmetros psicofisiológicos e do recordatório alimentar de 24h (R24h).

Inicialmente, na sessão de familiarização, o voluntário realizou o recordatório alimentar de 24h e logo em seguida respondeu ao questionário de ERP para verificar o estado de recuperação e garantir que ele estava apto para realizar a sessão experimental no menor estado de fadiga possível, além disso, o procedimento tem como intuito auxiliar os voluntários a compreenderem, com mais precisão o funcionamento do questionário. Após respondido, antecedendo o teste de 1RM, foram realizadas imagens de ultrassom para investigar os valores do inchaço muscular do músculo peitoral maior (PM), a qual será detalhada posteriormente. Após a medida do inchaço muscular, foi realizado um aquecimento padrão, no supino reto na barra guiada, foi solicitado aos voluntários que executassem 10 repetições sem nenhuma massa externa adicional, além da fornecida pela barra (2kg). Essa execução tinha como objetivo ancorar o limite inferior da PSE.

Durante a execução, foi sugerido que os voluntários ajustassem seu posicionamento até que encontrassem a forma comumente adotada em suas sessões de treinamento. Por todo comprimento da barra e em uma extensão de 30 cm, desde a base do banco, próximo à cabeça dos praticantes em direção ao corpo, havia marcações com fita métrica, permitindo que cada posição adotada pudesse ser registrada com precisão de 1 mm e replicada posteriormente (Lacerda *et al*., 2016). O exercício iniciava-se com os cotovelos totalmente estendidos. O voluntário deveria, então, realizar a ação excêntrica do movimento até que a barra tocasse um aparato de borracha posicionado sob seu externo, este aparato teve como objetivo controlar e padronizar a amplitude do movimento, todos voluntários realizaram o movimento até a flexão de cotovelos atingir a posição de 90º que foi estabelecida através de um goniômetro. Após a realização das 10 repetições, foi solicitado que os voluntários permanecessem com as mãos posicionadas na barra e o corpo apoiado sobre o

banco, para que fosse registrado o posicionamento adotado pelas mãos, bem como a posição do corpo, tornando como referência a posição da clavícula, na qual foi traçada uma linha reta, prolongando esse ponto ósseo até o posicionamento da fita. Dessa maneira, foi garantido que, em todas as sessões, o voluntário replicasse a mesma posição para a realização do exercício.

Para a familiarização com o teste de 1RM, os voluntários foram questionados sobre o peso habitual utilizado no supino reto e o número máximo de repetições realizadas, valores que posteriormente foram testados em uma série única (Cruz *et al.*, 2023). Após a realização dessa série, os valores da massa deslocada e o número de repetições foram utilizados para uma estimativa do valor de 1RM com o auxílio do aplicativo 1RM-Musculação (IOS App Store Brasil) que utiliza a equação de Brzycki (1993) (Cruz *et al.*, 2023). Em seguida, aplicou-se um incremento progressivo de 10% a 15% a cada tentativa, ajustado conforme a percepção subjetiva do voluntário e do avaliador, mantendo intervalos de três a cinco minutos entre as séries (Cruz *et al.*, 2023). Quando o voluntário não conseguiu completar uma repetição, adotou-se como valor de 1RM a carga deslocada com sucesso na tentativa anterior (Cruz *et al.*, 2023).

Paralelamente à familiarização com o teste de 1RM, realizou-se a ancoragem da percepção subjetiva de esforço (PSE). Inicialmente, durante o aquecimento os voluntários executaram as repetições apenas com o peso da barra, sendo instruídos a associar a intensidade do esforço nos músculos ativos à âncora da extremidade inferior da escala (descrita como *"extremamente leve"*). Em seguida, ao realizar sua repetição máxima, os participantes foram orientados a relacionar esse esforço à âncora da extremidade superior (*"máximo esforço"*) (Gearhart *et al*., 2001). Por fim, foi solicitado que comparassem sua percepção de esforço durante o protocolo experimental com as âncoras estabelecidas, mantendo-se a escala de PSE visível durante todo o procedimento (Gearhart *et al*., 2001).

Na sessão de treinamento no exercicio supino reto na barra guiada, os voluntários iniciaram o protocolo no qual eles eram orientados a realizar as 12 repetições ou o maior número de repetições até atingirem a falha concêntrica, sendo adotada a intensidade de 70% de 1 RM. A duração da repetição foi padronizada em 2 segundos para a ação excêntrica e em 1 segundo para a ação concêntrica, sendo seu controle foi realizado à 60 bpm com o auxílio do aplicativo *metrônomo* (Cifra Club App Store), o primeiro e o segundo bipe do metrônomo indicava o movimento excêntrico, e o terceiro bipe o movimento concêntrico. Além disso um aparato de

borracha foi posicionado sob o osso esterno do voluntário para controlar a amplitude de movimento e permitir que ele repetisse a mesma amplitude no decorrer do movimento. O volume total foi determinado após a realização de todas as séries. O intervalo de descanso adotado foi o de 90 s, além disso, entre o intervalo de descanso foi fornecido aos voluntários o questionário da PSE. Finalizada a sessão de treinamento no supino reto guiado, os voluntários foram encaminhados a uma sala e realizaram o protocolo de ultrassom para investigar as possíveis respostas da sessão no inchaço muscular.

2.4.2 Protocolo de suplementação

Todas as condições de suplementação apresentaram cor e sabor semelhantes. As condições consistiram em: (1) suco de beterraba (rico em nitrato), com aproximadamente 400 mg ; (2) 12 g de pó de CITMAL com uma proporção entre L- citrulina e malato de 2:1 (Trexler *et al*., 2019); (3) 10g em pó de L-arginina (Viribay *et al.*, 2020); (4) placebo (suco sem calorias). Os suplementos foram fornecidos por uma farmácia de manipulação (Manipullata, Belo Horizonte, Minas Gerais). Tais doses foram selecionadas por apresentarem possíveis efeitos ergogênicos no desempenho de força, conforme descrito na literatura (Ranchal-Sanchez *et al*., 2020; Trexler *et al*., 2019; Viribay *et al*., 2020).

Para manter o *design* duplo-cego, os tratamentos foram misturados em recipientes opacos por um indivíduo que não estava presente para a ingestão do suplemento ou os testes. A substância foi diluída em água mineral. Os participantes receberam a bebida em garrafas de capacidade de 200 ml uma hora antes dos testes e foram instruídos a consumir toda a bebida em um minuto (Kadach *et al.*, 2022; Schwedhelm *et al.*, 2008). As garrafas com suplementos foram agitadas entre cada gole. Após a ingestão do suplemento, os voluntários responderam ao questionário de análise sensorial.

2.4.3 Testes de desempenho de força

2.4.3.1 Teste de uma repetição máxima (1RM)

O teste de 1RM, um método seguro e não invasivo amplamente utilizado em pesquisas sobre o treinamento de força foi conduzido para avaliar a força máxima dos voluntários (Grgic *et al*., 2020). Inicialmente, o peso habitual utilizado no exercicio foi perguntado ao voluntário, que então realizava uma tentativa de execução, começando com os cotovelos totalmente estendidos e executando o movimento até 90° de flexão de cotovelo, conforme a padronização estabelecida. Se a tentativa fosse bem sucedida, o voluntário descansava por 5 minutos antes de uma nova tentativa, sendo permitida até cinco tentativas (Cruz *et al.*, 2023). No entanto, foram necessárias apenas três tentativas para determinar o valor da força máxima. A carga foi ajustada em 5% a 15%, com base na percepção dos avaliadores e voluntários (Cruz *et al.*, 2023). O valor final de 1RM foi estimado pelo aplicativo 1RM - Musculação, utilizando a equação de Brzycki (1993).

2.4.3.2 Sessão de treinamento e Volume Total (VT)

Subsequente ao teste de 1RM, foi fornecida uma pausa de cinco minutos, em seguida, os voluntários realizaram a sessão de treinamento no supino reto no guiado. Os voluntários realizaram quatro séries com até 12 repetições, sendo executados na intensidade de 70% de 1 RM com o intervalo de dois minutos, os participantes foram orientados a realizar o exercicio até o limite das repetições estabelecido ou quando atingissem a falha voluntária. O volume total (VT) foi determinado após a finalização de todas as séries, o qual foi obtido pela multiplicação do número total de repetições realizadas pela massa deslocada (repetições x massa deslocada [kg]) (McBride *et al.*, 2009; Suchomel *et al*., 2021).

2.4.5 Ultrassom

Os exames de ultrassom não oferecem riscos físicos, ou de outros tipos, aos voluntários, sendo uma medida padrão ouro para realização dos exames do inchaço muscular (Reeves; Maganaris; Narici, 2004; Scott *et al*., 2012, 2017).

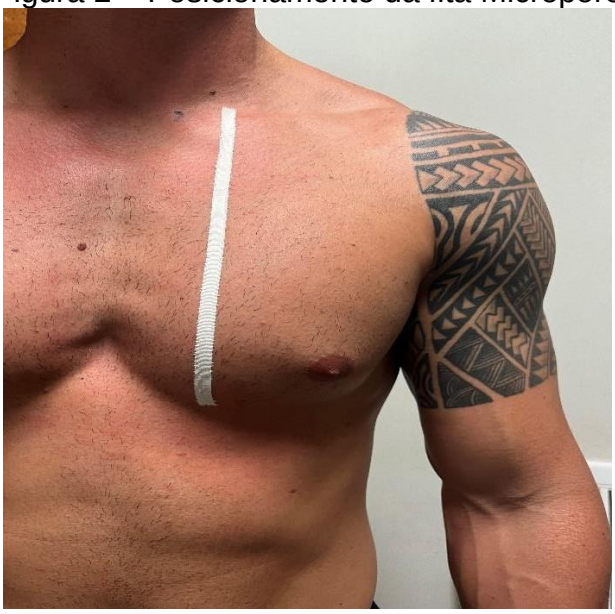
2.4.5.1 Inchaço muscular

Para avaliar o inchaço muscular gerado pela sessão de treinamento no exercicio supino reto na barra guiada foi utilizado um equipamento de ultrassom. As imagens de ultrassom foram obtidas do músculo peitoral maior do lado dominante do indivíduo, pelo mesmo examinador experiente. Duas imagens foram adquiridas antes e após a sessão de treinamento.

Para mensurar a área de secção transversa e, consequentemente, o inchaço muscular, foi utilizado um ultrassom portátil (Vinno® Q5-7L, China), com transdutor matricial linear de frequência entre 6 e 16 MHz. O ultrassom portátil se conectava a um computador, e, através do *software* Vinno, foi possível visualizar as imagens em tempo real.

Para a mensuração dos parâmetros de AST do músculo peitoral maior, foi utilizado o protocolo descrito por Albarello *et al*. (2022). Os participantes permaneceram deitados em decúbito dorsal em uma maca, com os ombros abduzidos a 90° e rotados externamente, após a obtenção da melhor visualização do tendão lateral do peitoral maior por ultrassonografia. O ponto correspondente a 15% do comprimento clavicular, a partir da extremidade esternal, foi marcado com fita Microporem (Nexcare) (Ogasawara *et al.*, 2013; Yasuda *et al*., 2010) (Figura 2).

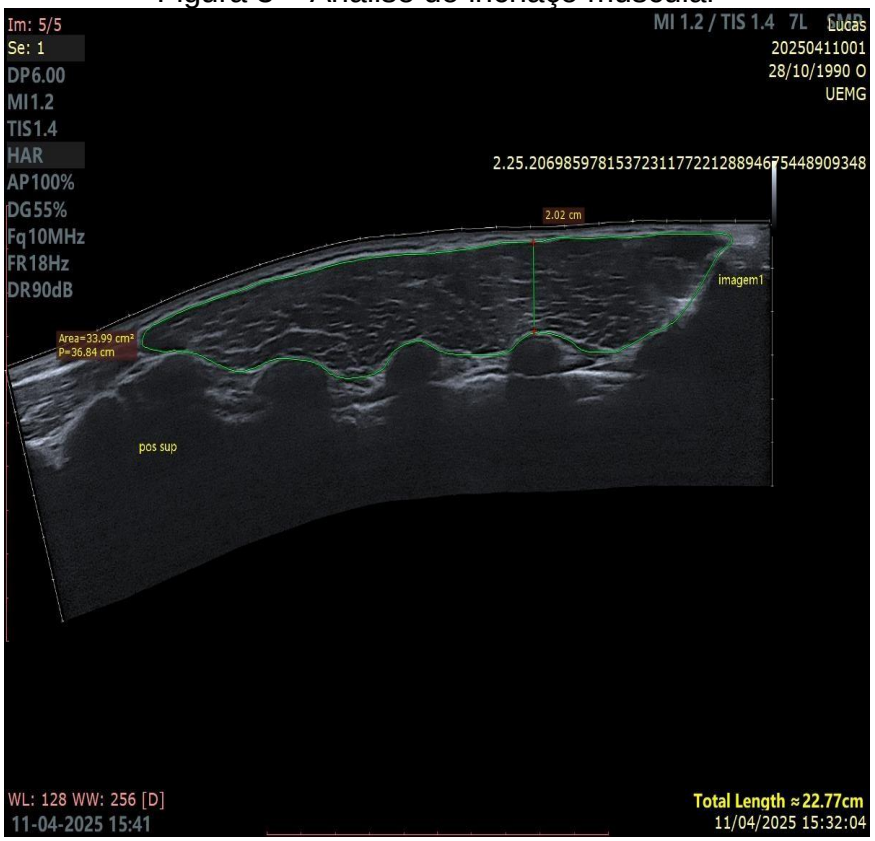
Figura 2 – Posicionamento da fita Micropore



Fonte: Acervo do autor.

A sonda de ultrassonografia foi posicionada transversal e paralelamente à marcação na pele do voluntário. A orientação da sonda se deu a partir de um pequeno marcador de orientação de um dos lados da sonda. Em seguida, a sonda seguiu a linha marcada, com a fita Microporem, com velocidade constante, realizando uma varredura panorâmica desde a região medial da clavícula até a borda inferior do peitoral maior. As configurações de profundidade e foco do ultrassom foram ajustadas individualmente para cada participante, de modo a garantir a visualização completa da aponeurose profunda do músculo peitoral maior (Albarello *et al.*, 2022). O inchaço muscular foi calculado como a distância perpendicular entre o musculo e o tecido adiposo até a interface entre o musculo e a terceira costela (Albarello *et al.*, 2022). O inchaço muscular foi calculado como a diferença entre o valor de AST do peitoral maior pré e o valor pós protocolo de treinamento (Figura 3). A determinação da AST muscular foi feita através do *software* RADIANT.

Figura 3 – Análise do inchaço muscular



Fonte: Acervo do autor.

2.4.6 Parâmetros psicofisiológicos

2.4.6.1 Escala de recuperação percebida (ERP)

Com o objetivo de acompanhar e garantir que os voluntários estavam recuperados a quaisquer respostas de fadiga que pudesse interferir no protocolo que foram submetidos, foi utilizada a escala de recuperação percebida (Laurent *et al.*, 2011). Essa escala é uma medida psicofisiológica que abrange 10 níveis (0 a 10). Na aplicação do ERP, o voluntário deve indicar numa tabela qual é seu estado de recuperação em relação à sessão anterior. O avaliador orienta o avaliado a selecionar um descritor e, em seguida, a atribuir um valor de 0 a 10 (Quadro 1). O valor máximo (10) deve ser comparado a totalmente recuperado, e o valor mínimo (0) é a condição em que o voluntário se sente nada recuperado (Laurent *et al.*, 2011).

Quadro 1 – Escala de recuperação percebida

Nível	**Descrição**
0	Nehuma recuperação
1	Muito pouca recuperação
2	Pouca recuperação
3	Recuperação moderada
4	Boa recuperação
5	Muito boa recuperação
6	
7	Muito, muito boa recuperação
8	
9	
10	Totalmente recuperado

Fonte: Adaptado de Laurent *et al*. (2011).

2.4.6.2 Percepção subjetiva de esforço (PSE)

Para o registro da PSE, foi utilizada a escala de Borg de 15 pontos (Gearhart *et al*., 2001). As categorias variam de 6 a 20, sendo o escore 6 caracterizado como “nenhum esforço”, e o escore 20 caracterizado como “esforço máximo”. A escala foi apresentada aos voluntários ao final de cada teste de força, e eles deveriam responder durante o descanso passivo e de acordo com o julgamento do seu esforço durante a realização do exercício (Quadro 2).

Quadro 2 – Escala de Borg para classificação da percepção subjetiva do esforço

Escore	Descrição
6	Sem nenhum esforço
7	
8	Extremamente leve
9	
10	Muito leve
11	Leve
12	
13	Um pouco intenso
14	
15	Intenso (pesado)
16	
17	Muito intenso
18	
19	Extremamente intenso
20	Máximo esforço

Fonte: Adaptado de Gearhart *et al*. (2001).

2.4.6.3 Análise sensorial de alimentos (ou palatabilidade)

Análise sensorial de alimentos pode ser definida como uma ferramenta científica fundamentada em um conjunto de técnicas e métodos baseados nas propriedades sensoriais dos alimentos percebidas pelos órgãos dos sentidos. Esta ferramenta possibilita a percepção, análise, identificação e interpretações das reações obtidas a partir da visão, tato, paladar, audição e olfato (ABNT, 1993; Gularte, 2002).

Antecedendo a suplementação os voluntários foram instruídos a ingerirem 100ml de água mineral para limpar o palato. Logo após o consumo da L-arginina, CITMAL, nitrato ou placebo, foram apresentadas aos voluntários não treinados, a escala hedônica estruturada de 9 pontos, com os extremos se ancorando nos termos ‘’9 – gostei muitíssimo’’ e ‘’1 – desgostei muitíssimo’’ (Gularte, 2002) (Quadro 3). Dessa maneira, os voluntários não treinados nesta escala avaliaram quanto a sua aceitação o suplemento de preferência, segundo a escala hedônica estruturada em 9 pontos.

Quadro 3 – Escala Hedônica utilizada no teste de preferência dos suplementos

Ponto	Descrição
1	Desgostei muitíssimo
2	Desgostei muito
3	Desgostei regularmente
4	Desgostei ligeiramente
5	Indiferente
6	Gostei ligeiramente
7	Gostei regularmente
8	Gostei muito
9	Gostei muitíssimo

Fonte: Adaptado de Gularte (2002).

2.4.7 Recordatório alimentar de 24 horas

O perfil dietético foi monitorado por meio dos recordatórios alimentares de 24 horas, que sucederam os momentos de encontro da familiarização e das sessões experimentais. Dessa maneira, foram monitoradas as possíveis alterações no consumo alimentar dos voluntários, durante a pesquisa, que pudessem interferir no desempenho dos testes de força. Os dados obtidos foram analisados em caráter quantitativo, em termos do consumo energético e de macronutrientes, por meio do *software* Dietbox® (versão 6.8.3,34) (Simões *et al*., 2021).

3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para verificação da normalidade dos dados, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk. A esfericidade foi avaliada por meio do teste de Mauchly. Como foi constatada a normalidade dos dados, foi empregada a análise de variância para medidas repetidas (ANOVA) de duas vias com o objetivo de verificar possíveis diferenças estatísticas entre os momentos pré e pós-treino para o inchaço muscular, para a percepção subjetiva de esforço e para a escala de recuperação percebida.

O teste *post-hoc* de Bonferroni foi utilizado para identificar as diferenças. Para avaliar o volume total e a escala hedônica foi utilizada a ANOVA de uma via, para esse modelo foi necessário utilizar a correção de Greenhouse geisser para a escalada hedônica. Adotou-se o nível de significância de $\alpha = 0,05$ para todas as análises. O tamanho do efeito foi estimado por meio do coeficiente d de Cohen, considerando os seguintes critérios de interpretação: de 0,0 a 0,2 (efeito pequeno), de 0,2 a 0,5 (efeito médio) e de 0,5 a 0,8 (efeito grande). Também foi calculado o η^2 parcial (eta quadrado parcial), com as seguintes classificações: de 0,01 a 0,05 (efeito pequeno), de 0,06 a 0,13 (efeito médio) e acima de 0,14 (efeito grande), conforme Cohen (1992).

Para verificar a confiabilidade do teste de 1RM foi utilizado o coeficiente de correlação intraclasse (ICC) misto de duas vias, além disso a média e o erro padrão foram relatados (Weir, 2005). Os demais dados, que se referem a caracterização da amostra, como composição corporal, idade, estatura, capacidade de força máxima no teste de 1RM e o tempo de experiencia no treinamento de força foram apresentados como análise descritivas. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R, versão 4.4.2 (R Core Team, 2025), com interface de visualização no ambiente RStudio. Para a elaboração dos gráficos, foi utilizado o *software* R, versão 4.4.2 (R Core Team, 2025).

4 RESULTADOS

Em relação ao teste de 1RM, a análise de confiabilidade intra-avaliador indicou um CCI com intervalo de confiança de 95% entre 0,353 e 0,893, demonstrando consistência moderada a alta entre as medidas de uma repetição máxima. O teste F foi significativo p (<0,001). Ademais, a média da massa deslocada na primeira tentativa do teste de 1 RM foi de 66,9 kg (EPM= 3,21kg), já a média da segunda tentativa foi de 78,3 kg (EPM=3,91kg), enquanto a média da terceira tentativa foi de 86,4 kg (EPM=4,20kg).

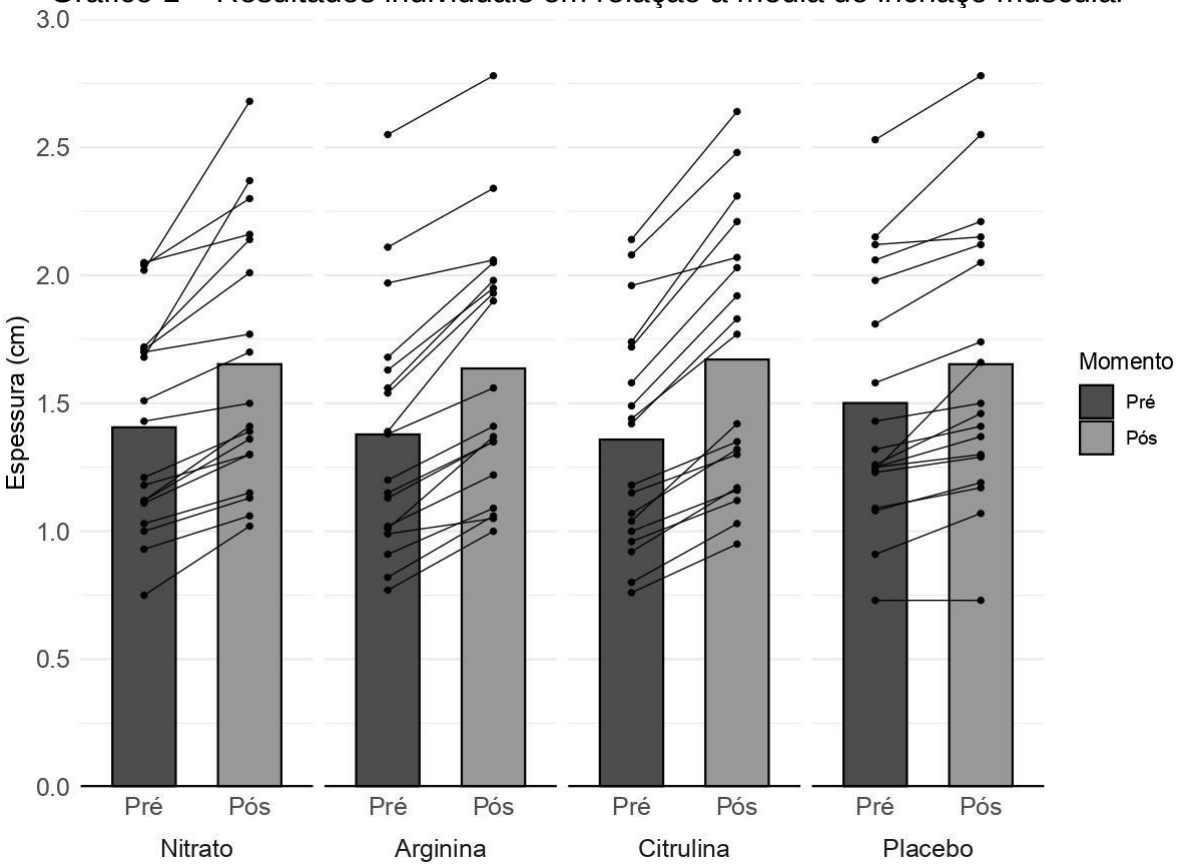
O inchaço aumentou significativamente ($F (1, 68) = 211,04$; $p < 0,001$; η^2 parcial = 0,75, efeito extremamente grande) após a realização do protocolo de treinamento de força. Além disso, foi observada uma interação significativa entre os grupos de suplementação e o aumento do inchaço após o treinamento de força ($F (1, 68) = 4,03$; $p = 0,011$; η^2 parcial = 0,15, efeito médio).

Desse modo, a análise *post hoc* indicou que todos os grupos apresentaram aumento significativo do inchaço muscular entre os momentos pré e pós-intervenção. O grupo que utilizou nitrato apresentou um aumento de 1,41 ± 0,41 cm para 1,65 ± 0,51 cm ($\Delta = +0,24$ cm; $t = –7,40$; $p < 0,001$; $d = 0,75$, efeito grande). O grupo suplementado com L-arginina variou de 1,38 ± 0,48 cm para 1,64 ± 0,50 cm ($\Delta = +0,26$ cm; $t = –7,73$; $p < 0,001$; $d = 0,92$, efeito grande).

No grupo CITMAL, os valores passaram de 1,36 ± 0,43 cm para 1,67 ± 0,53 cm ($\Delta = +0,31$ cm; $t = –9,38$; $p < 0,001$; $d = 1,01$, efeito grande), enquanto o grupo placebo aumentou de 1,50 ± 0,49 cm para 1,65 ± 0,54 cm ($\Delta = +0,15$ cm; $t = –7,79$; $p < 0,001$; $d = 0,77$, efeito grande). No entanto, não houve mudanças significativas entre o momento pré do grupo nitrato e o momento pós do grupo L-arginina ($t = –1,12$; $p = 0,68$; $d = 0,15$, efeito pequeno), entre o pré do grupo nitrato e o pós do grupo CITMAL ($t = –1,41$; $p = 0,46$; $d = 0,21$ efeito pequeno), entre o pré do grupo nitrato e o pós do grupo placebo ($t = – 1,30$; $p = 0,58$; $d = 0,19$, efeito pequeno), entre o pré do grupo L-arginina e o pós do grupo CITMAL ($t = –1,36$; $p = 0,52$; $d = 0,18$, efeito pequeno), entre o pré do grupo L- arginina e o pós do grupo placebo ($t = –1,25$; $p = 0,61$; $d = 0,17$, efeito pequeno) e entre o pré do grupo CITMAL e o pós do grupo placebo ($t = –1,03$; $p = 0,77$; $d = 0,14$, efeito pequeno).

Desse modo, o protocolo de treinamento de força promoveu aumento do inchaço muscular similar em todas as situações amostrais independente do suplemento utilizado. Os comportamentos do inchaço muscular ao longo da sessão experimental estão apresentados no Gráfico 1, com os resultados individuais representados em relação à média.

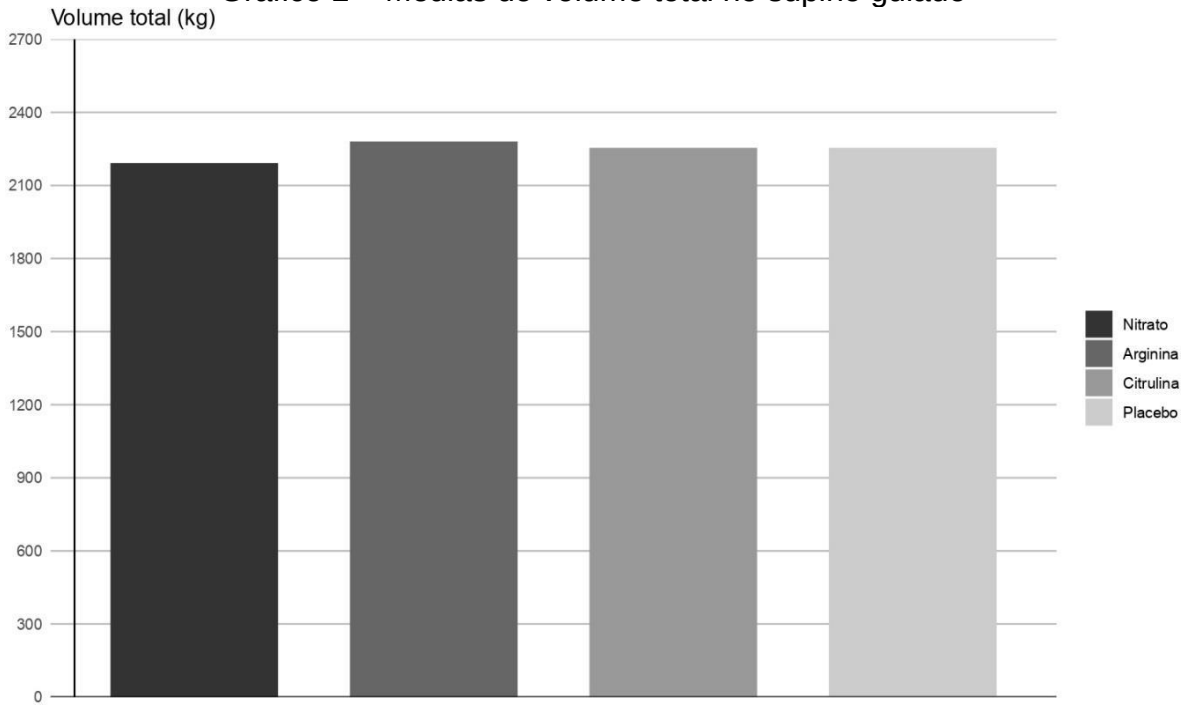
Gráfico 1 – Resultados individuais em relação à média do inchaço muscular



Fonte: Elaboração própria.

Em relação ao VT, os resultados indicaram que não houve efeito estatisticamente significativo entre as suplementações avaliadas e o desempenho no exercício supino reto na barra guiada (nitrato, L-arginina, CITMAL e placebo) $F(3, 51) = 0{,}628$; $p = 0{,}600$; $\eta^2 = 0{,}036$, (efeito pequeno). Os valores de η^2 também foram baixos, reforçando a baixa magnitude do efeito observado. Esses resultados sugerem que não houve diferença significativa no volume total entre as condições analisadas como ilustrado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Médias do volume total no supino guiado

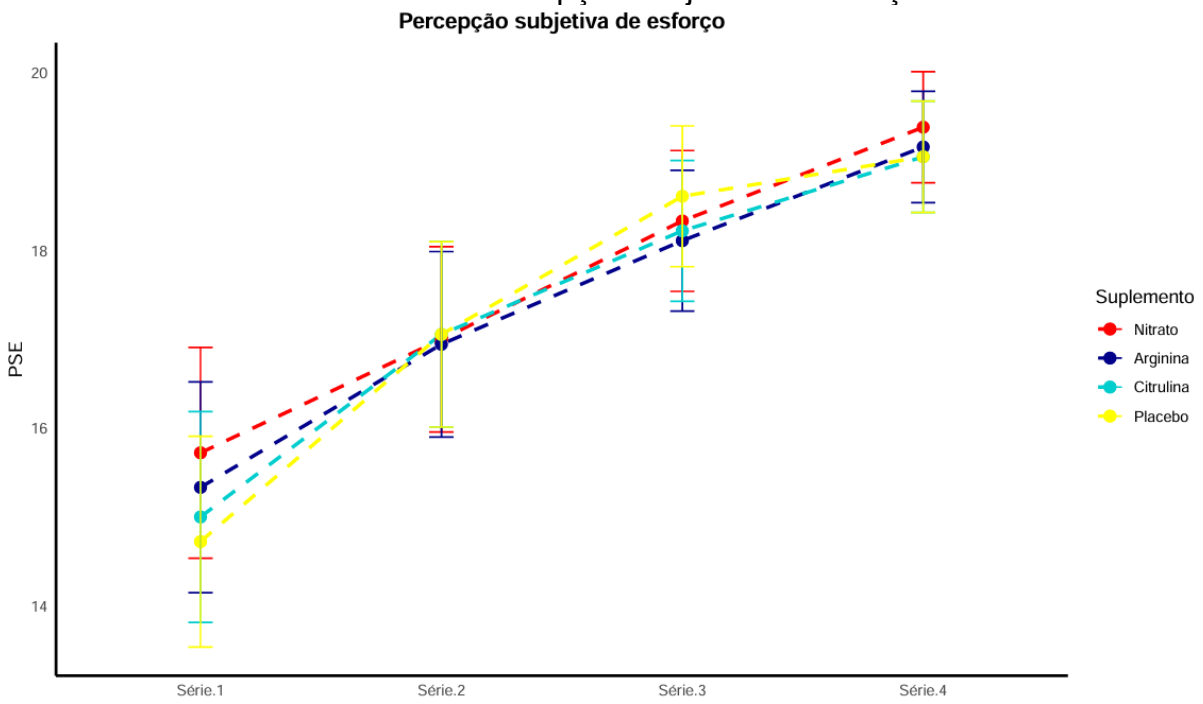


Fonte: Elaboração própria.

A PSE aumentou significativamente (F (3, 204) = 143,385, p < 0,001, e η² parcial = 0,678, efeito extremamente grande) de acordo com a realização das series no treinamento de força. Por outro lado, não houve diferença significante entre os grupos suplementados (nitrato, L-arginina, CITMAL e placebo) com F (9, 204) = 0,779, p = 0,636, e η² parcial = 0,033, efeito pequeno.

Além disso, na análise *post hoc* houve um aumento significante entre a primeira série (PSE 1) e após a segunda série (PSE 2) (t= 9,18; p < 0,001; *d* = 1,20, efeito grande.), assim como entre a PSE1 e a PSE3 (t= 12,92; p < 0,001; *d* = 1,20, efeito grande.) e a PSE4 (t= 14,31; p < 0,001; *d* = 1,20, efeito grande.). Além disso, a PSE2 foi significativamente menor que as PSE3 (t= 8,16; p < 0,001; *d* = 1,20, efeito grande.) e PSE4 (t= 10,41; p < 0,001; *d* = 1,20, efeito grande), ademais a PSE3 também foi significativamente menor que a PSE4 (t= 7,36; p < 0,001; *d* = 1,20, efeito grande). Sendo assim, houve um aumento progressivo da percepção subjetiva de esforço ao longo do tempo, independentemente do tipo de suplementação administrada. Os comportamentos da PSE ao longo da sessão experimental, estão apresentados no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Percepção subjetiva de esforço



Fonte: Elaboração própria.

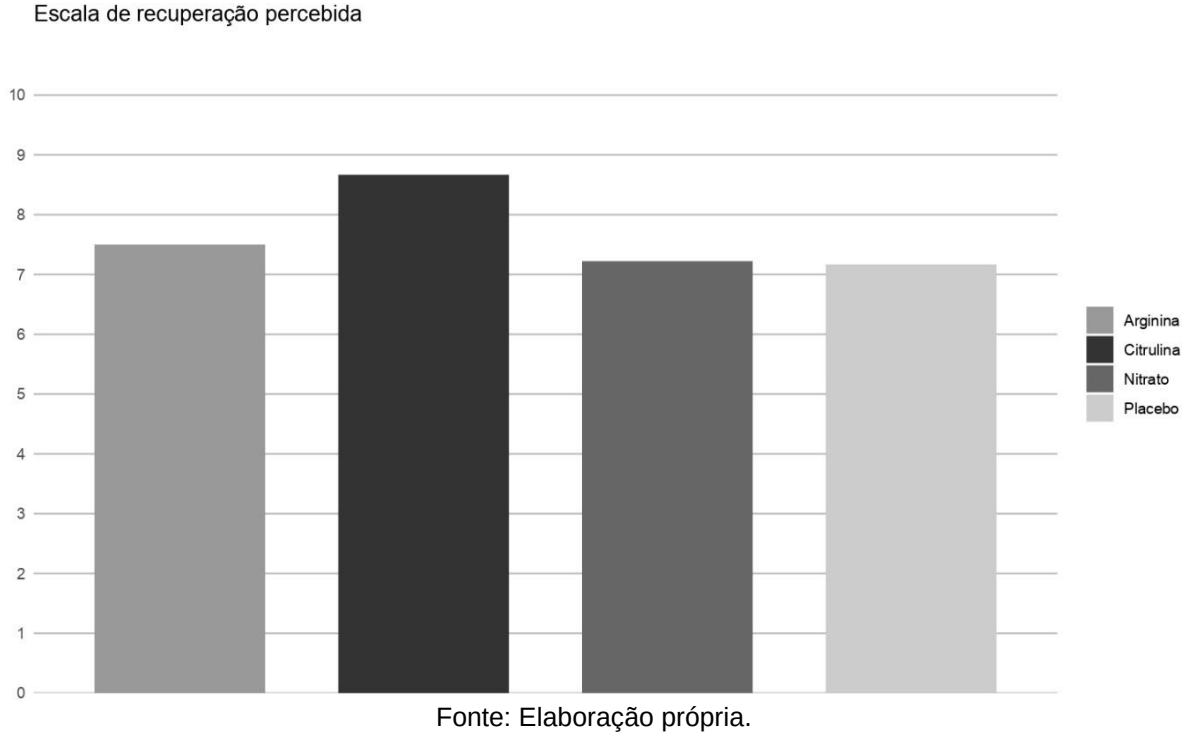
Em relação à escala hedônica, observou-se diferença estatisticamente significativa entre os tipos de suplementação (F (3,51) = 53,3; p < 0,001; η² parcial = 0,75), indicando um efeito extremamente grande. As médias obtidas foram: nitrato (7,39 ± 1,33), L-arginina (2,39 ± 1,61), CITMAL (5,0 ± 2,40) e placebo (8,0 ± 1,23). As análises *post hoc* Bonferroni revelaram que o suplemento de nitrato foi significativamente mais bem avaliado em termos de palatabilidade quando comparado à L-arginina (p < 0,001; d = 3,44; efeito extremamente grande) e à CITMAL (p = 0,002; d = 1,14; efeito grande). A CITMAL, por sua vez, apresentou avaliação significativamente superior à da L-arginina (p = 0,006; d = 1,20; efeito grande). Por fim, o suplemento placebo apresentou sabor significativamente mais bem avaliado do que o nitrato (p = 0,005; d = 0,50; efeito moderado), a L-arginina (p < 0,01; d = 4,04; efeito extremamente grande) e a CITMAL (p < 0,001; d = 1,41; efeito grande).

Em relação ao recordatório alimentar de 24 horas, não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre as quatro sessões experimentais para nenhuma das variáveis analisadas. A ingestão de proteína, expressa em gramas por quilograma de peso corporal, apresentou F (1, 68) = 0,034, *p* = 0,856 e η² parcial = 0,002, indicando um efeito muito pequeno. De forma semelhante, a proteína em percentual do total calórico também não apresentou diferença significativa (F (1, 68) = 1,19; *p* = 0,292; η² parcial = 0,074, efeito médio). A análise do

valor calórico total revelou resultados consistentes com os anteriores, sem diferença estatística significativa entre os momentos (F (1, 68) = 0,066; *p* = 0,801; η² parcial = 0,004, efeito muito pequeno). Para a ingestão de lipídios, tanto em gramas por quilograma quanto em percentual, os resultados também não indicaram significância estatística F (1, 68) = 1,72; *p* = 0,210; η² parcial = 0,103, efeito médio: F (1, 68) = 1,96; *p* = 0,189; η² parcial = 0,152, efeito grande). Por fim, a ingestão de carboidratos em gramas por quilograma também se manteve estável ao longo do tempo (F (1, 68) = 0,478; *p* = 0,500; η² parcial = 0,031, efeito pequeno). Esses resultados indicam que não houve alterações significativas nos padrões alimentares dos participantes durante o período investigado, sendo as magnitudes dos efeitos, em sua maioria, pequenas a moderadas, o que reforça a estabilidade da ingestão alimentar ao longo do experimento.

Com relação a escala de recuperação percebida (ERP) não houve diferença estatisticamente significativa entre as condições de suplementação (L-arginina, CITMAL, nitrato e placebo), (F (3, 51) = 2,60, p = 0,062; η^2_p = 0,133, tamanho de efeito moderado). As médias e desvios padrão observados para cada condição foram: L-arginina (7,50 ± 2,46), CITMAL (8,67 ± 1,71), nitrato (7,22 ± 2,51) e placebo (7,17 ± 2,43). Conforme ilustrado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Escala de recuperação percebida pré-sessão



Fonte: Elaboração própria.

5 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo principal investigar e comparar os efeitos da suplementação aguda com L-arginina, CITMAL e nitrato sobre o inchaço muscular, volume total (VT), percepção subjetiva de esforço (PSE) além da aceitação sensorial do suplemento, em homens treinados, em um protocolo de treinamento de força na musculação. Os resultados não apresentaram efeitos significativos das substâncias sobre o volume total e a PSE, enquanto o aumento do inchaço muscular foi observado em todos os grupos, inclusive no placebo. Esse achado indica que o protocolo de treinamento de força adotado promoveu um inchaço muscular significativo, independentemente da intervenção nutricional. Embora tenha sido observada uma interação significativa entre o tempo e o tipo de suplementação, as comparações pós-intervenção entre os grupos não revelaram diferenças estatísticas significativas, sugerindo que os efeitos do treino foram semelhantes entre as condições testadas.

Isso reforça a hipótese de que o exercicio foi o principal fator responsável pelo aumento observado, o que corrobora com evidências anteriores (Gonzalez *et al*., 2018; Trexler *et al*., 2020). Então, a hipótese principal, que previa que a suplementação com precursores de óxido nítrico promoveria alterações significativas no volume total, no inchaço muscular e na percepção subjetiva de esforço, foi refutada.

Considerando que a literatura científica ainda carece de estudos que avaliem variáveis morfológicas em protocolos agudos com esses suplementos, os dados apresentados contribuem para preencher essa lacuna e se alinham a investigações anteriores que também identificaram aumento do inchaço muscular sem diferenças entre os grupos suplementados e o placebo (Gonzalez *et al*., 2018; Trexler *et al*., 2020).

Dentre os poucos estudos que utilizaram a ultrassonografia para avaliar o inchaço muscular, Gonzalez *et al*. (2018) investigou o impacto da suplementação aguda de CITMAL na espessura do tríceps braquial, aferida a 60% da distância entre o acrômio e o epicôndilo lateral, e observou aumento significativo ao longo do tempo, mesmo sem diferença entre o grupo placebo e o suplementado.

De forma semelhante, Trexler *et al*. (2019) analisaram os efeitos do suco de beterraba, rico em nitrato e da CITMAL sobre a espessura e a área de secção transversa do músculo vasto lateral, mensurada a 50% entre o côndilo lateral e o trocânter maior, e não encontraram vantagens significativas associadas à suplementação.

O inchaço celular é caracterizado pela soma de um efeito moderado de acúmulo venoso, aumento da vasodilatação das artérias, arteríolas e capilares (Chen; Wolin; Messina, 1996; Schoenfeld; Contreras, 2014), isso resulta em uma mudança de fluido dos capilares para o espaço intersticial, em parte devido a um aumento nos gradientes de pressão vascular e extracelular (Schoenfeld, 2013).

Durante o treinamento de força, o fluxo sanguíneo arterial para a musculatura ativa aumenta, enquanto a contração causa compressão venosa, como resultado, o fluido se acumula na musculatura ativa, resultando em um efeito de inchaço celular transitório que aumenta o volume dos miócitos (Schoenfeld, 2013). O aumento do inchaço muscular observado após uma única sessão de treino pode representar não apenas uma resposta transitória, mas também um estímulo mecânico relevante para o início de vias anabólicas, como a ativação da via mTOR, mediada por estresse osmótico e tensão sobre a membrana celular (Schoenfeld, 2013). Embora o inchaço seja uma resposta aguda e reversível, sua repetição ao longo de várias sessões pode contribuir para o processo de hipertrofia muscular a longo prazo (Hirono *et al*., 2022).

Assim, o uso de suplementos precursores de óxido nítrico pode representar uma alternativa como modulador da hemodinâmica intramuscular, promovendo o aumento da perfusão capilar e da entrega de nutrientes (Clements; Lee; Bloomer, 2014; Cosby *et al*., 2003), o que pode ampliar, mesmo que discretamente, a magnitude do inchaço muscular observado.

Do ponto de vista prático, esse efeito é comumente valorizado por praticantes de musculação como o “pump”, interpretado como uma evidência subjetiva de recrutamento muscular mais eficiente (Schoenfeld; Contreras, 2014). Esse fenômeno possui tanto valor motivacional quanto possível relevância fisiológica, tornando a mensuração do inchaço muscular uma variável pertinente em estudos sobre suplementação com precursores de óxido nítrico e treinamento de força. Além disso, a compreensão dos mecanismos que regulam esse inchaço, como a ação vasodilatadora do ON, pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias nutricionais mais eficazes, incluindo, por exemplo, a combinação sinérgica de diferentes precursores de ON ou diferentes dosagens ou formas de suplementação com o objetivo de potencializar o desempenho físico e as adaptações promovidas pelo treinamento de força.

Alguns fatores metodológicos devem ser considerados na interpretação desses resultados. O ponto anatômico de mensuração, o grupo muscular avaliado, o tempo entre a ingestão do suplemento e o início do exercício, o aumento das concentrações plasmáticas de ON e a variabilidade individual na resposta podem influenciar os desfechos (Kadach *et al*., 2022; Thomis; Aerssens, 2012; Vigotsky *et al*., 2018; Zinner *et al*., 2016). No presente estudo, a escolha pelo músculo peitoral maior foi baseada em estudos prévios que indicaram que a suplementação de nitrato favorece com maior efetividade o recrutamento de fibras do tipo II (Jones *et al*., 2016). Visto que o peitoral maior é composto predominantemente por fibras do tipo II (Johnson *et al*., 1973; Zinner *et al*., 2016), uma das hipóteses seria que os precursores de ON poderiam contribuir para aumentar o desempenho na região muscular estabelecida.

A mensuração da AST foi realizada a 15% do comprimento da porção clavicular, a partir da extremidade esternal, local definido a partir de estudos-piloto que indicaram melhor visualização das estruturas por ultrassonografia. No entanto, como discutido por Vigotsky *et al*. (2018), diferentes regiões de um mesmo músculo podem responder de formas distintas ao estímulo do treinamento, e essa variabilidade regional representa uma limitação da análise. Devido ao presente estudo ter avaliado apenas uma região do musculo, não foi possível quantificar se toda a estrutura do musculo peitoral maior respondeu da mesma maneira. Além disso, não foi mensurado qualquer resposta advinda do possível aumento circulante do ON após a ingestão dos suplementos alimentares.

Adicionalmente, a ultrassonografia é uma técnica sensível, mas altamente dependente da habilidade do avaliador. Pequenas variações na pressão aplicada pelo transdutor podem gerar diferenças significativas nas medidas, o que pode impactar na reprodutibilidade e validade dos dados (Haun *et al*., 2019). Gonzalez *et al*. (2018), avaliou o inchaço muscular em três momentos, pré suplementação, pré-protocolo e pós protocolo, os resultados apontaram que não houve diferença no inchaço muscular entre o momento pré-suplementação e pré-protocolo.

Por se tratar de uma resposta sutil e a avaliação por ultrassom sofrer influências sobre a pressão exercida no transdutor estudos futuros devem considerar avaliar o musculo pré-suplementação e pré-protocolo, a fim de verificar se os suplementos precursores de ON por si só são capazes de gerar aumentos no inchaço muscular, além disso, é de suma importância avaliar a musculatura em diferentes porções. Outra alternativa é mensurar as mudanças impostas pelo através do ultrassom 3D ou a

ressonância magnética a fim de ampliar as hipóteses relacionadas ao uso de suplementos precursores ON e seus impactos na composição corporal. Também é recomendável que investigações futuras explorem protocolos de suplementação crônica, com diferentes tempos de absorção e diferentes intensidades no treinamento de força para verificar se o uso contínuo de precursores de ON pode gerar efeitos morfológicos superiores aos observados em um único estímulo.

Em relação ao volume de treino, os resultados não demonstraram diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de suplementação sugerindo que, de forma aguda, nenhum precursor de ON avaliado foi capaz de melhorar o desempenho. Esse achado está em concordância com estudos prévios que também não observaram melhora no desempenho após a suplementação aguda com CITMAL em exercícios de força (Gonzalez *et al*., 2018; Trexler *et al*., 2020). Entretanto, outros estudos relataram que a ingestão aguda de CITMAL foi capaz de melhorar a resistência muscular (Glenn *et al*., 2017; Pérez-Guisado; Jakeman, 2010; Wax *et al*., 2015).

Esses resultados divergentes podem estar relacionados aos protocolos utilizados para avaliar a eficácia da suplementação, uma vez que os estudos que demonstram benefícios da suplementação aguda com CITMAL no desempenho, adotaram protocolos de treinamento com alto volume e múltiplos exercícios (Glenn *et al*., 2017; Pérez-Guisado; Jakeman, 2010; Wax *et al*., 2015), diferentemente daqueles que não observam efeitos significativos.

Os mecanismos pelo qual a CITMAL pode aumentar o desempenho seguem indefinido, uma das hipóteses seria o que o malato, um intermediário do ciclo do ácido cítrico, pode atuar sinergicamente com a L-citrulina para reduzir a produção de lactato e aumentar a síntese de ATP durante o exercicio (Gough *et al*., 2021), e que também pode estar associada a uma maior sinalização de ON, o que contribui para maior tolerância ao exercício de resistência devido a redução dos custos de oxigênio (Bailey *et al*., 2010; Schwedhelm *et al*., 2008). Dessa forma, possivelmente para protocolos de treinamento onde o volume de treino é maior, a suplementação pode ser eficaz. Entretanto, mais estudos com diferentes dosagens e protocolos de treino são necessários para comprovar essa hipótese.

Apesar de evidências apontarem que a suplementação aguda com suco de beterraba, rico em nitrato, pode ser uma estratégia ergogênica eficaz para protocolos de resistência muscular no treinamento de força (Tan *et al*., 2023a), o presente estudo não confirmou tais resultados. Essa divergência pode estar associada a uma limitação

metodológica, uma vez que foi adotado um intervalo de apenas uma hora entre a ingestão do suplemento e a realização do protocolo experimental. A literatura indica que o tempo ideal para a ingestão prévia do nitrato, a fim de gerar efeitos ergogênicos, é de aproximadamente duas horas, visto que aos 45 minutos a concentração plasmática de ON atinge uma elevação significativa, mas só atinge o pico após cerca de 120 minutos (Kadach *et al*., 2022; Macuh; Knap, 2021). No presente estudo, optou-se por um intervalo de 60 minutos com base na hipótese de que a elevação inicial de ON já poderia ser suficiente para induzir efeitos ergogênicos. Além disso, devido ao desenho experimental com três precursores distintos de ON, essa estratégia foi adotada como forma de equalizar as condições entre os grupos, mantendo o protocolo duplo-cego de forma padronizada.

Apesar dos resultados promissores relatados na literatura com a suplementação aguda de suco de beterraba no treinamento de força (Ranchal-Sanchez *et al*., 2020; Williams *et al*., 2020), mais estudos são necessários para comprovar sua eficácia, sobretudo considerando que os dados disponíveis apresentam intervalos de confiança amplos e tamanhos amostrais pequenos, o que compromete a consistência estatística dos efeitos relatados (Tan *et al*., 2023a).

A dose da suplementação de nitrato também é um aspecto importante para investigação. É proposto que o nitrato, é capaz de gerar efeitos ergogênicos em uma faixa ampla de 300 a 1041mg (Macuh; Knap, 2021). No treinamento de força a dosagem mais comumente usada para gerar efeitos ergogênicos é a de 400mg, administradas através do suplemento patenteado *Beet It* (James White Drinks, Ipswich, UK (Tan *et al*., 2023b). Adicionalmente, foi relatado que a ingestão aguda de 800mg foi capaz de aumentar a potência média do exercicio agachamento mensurada através de um aparelho *flywell* (Rodríguez-Fernández *et al*., 2021).

Dessa maneira, outra hipótese referente a dosagem, estaria relacionada ao de relativizar a dosagem da substancia pela massa corporal (Tan *et al*., 2023b). Devido a L-arginina e o CITMAL utilizarem dosagens entre 6 e 12g nos estudos (Trexler *et al*., 2019; Viribay *et al*., 2020), a possibilidade de investigar o suco de beterraba com dosagens elevadas se torna necessário afim de esclarecer hipóteses relacionadas a dose resposta do suplemento.

Quanto à L-arginina, embora no estudo de Campbell *et al*. (2006) ter promovido maior aumento da força máxima de membros superiores, a partir da suplementação crônica desta substância, outros estudos não encontraram impacto significativo no

desempenho no treinamento de força, a partir da suplementação aguda (Meirelles; Matsuura, 2018; Tang *et al*., 2011; Wax *et al*., 2013). O potencial ergogênico da suplementação de L-arginina é baseado na sua capacidade de aumentar a biodisponibilidade de L-arginina, mas se isto resultará no aumento a síntese de ON, segue questionável (Bahadoran *et al*., 2021; Figueroa *et al*., 2017). Quando ingerida oralmente, a L-arginina é catabolizada pela arginase intestinal, uma enzima que hidrolisa a L-arginina em L-ornitina e ureia (Bahadoran *et al*., 2021). Assim, a metabolização elevada hepática de primeira passagem reduz a eficácia da suplementação de L-arginina em alcançar a circulação sistêmica e estimular a produção de ON (Bahadoran *et al*., 2021).

Dessa maneira, utilizar dosagens maiores para alcançar possíveis benefícios da suplementação aguda com a substância pode ser uma alternativa eficaz. Uma possibilidade promissora para investigar os efeitos da suplementação aguda da L-arginina reside na utilização de dosagens entre 10 e 11 g (Viribay *et al*., 2020). Entretanto, essa dose foi adotada no presente estudo, mas nenhum efeito ergogênico foi observado no VT. Dessa maneira, estudos futuros devem investigar se o consumo agudo com altas dosagens é capaz de gerar efeitos no desempenho de diferentes protocolos de treinamento de força na musculação, tendo em vista que há uma tendência em dosagens maiores serem efetivas para observar efeitos ergogênicos (Viribay *et al*., 2020).

Entre os precursores do óxido nítrico, não foram encontrados estudos que investiguem os efeitos da L-arginina na redução da PSE durante o treinamento de força. Apenas um estudo foi encontrado investigando o efeito da suplementação crônica do suco de beterraba, rico em nitrato no treinamento de força e os resultados indicaram que a suplementação foi capaz de atenuar a PSE (Mosher *et al*., 2016). Até o momento, apenas a CITMAL conta com evidências consistentes que indicam sua eficácia na atenuação da PSE a partir da suplementação aguda (Pérez-Guisado; Jakeman, 2010; Wax *et al*., 2015).

Em contrapartida, no presente estudo foi observado um aumento progressivo da PSE ao longo do tempo em todos os grupos, sem diferenças entre o placebo e as suplementações, o que sugere que em todas as sessões experimentais os voluntários obtiveram esforço máximo durante o protocolo imposto, o que reduz o risco de efeito de aprendizagem ou de adaptação ao protocolo. Estes resultados são condizente com achados prévios que indicam ausência de efeitos significativos da CITMAL na redução

da PSE de forma aguda (Gonzalez *et al*., 2018). Entretanto, parte da literatura sugere que a CITMAL pode atenuar a PSE no treinamento de força (Pérez-Guisado; Jakeman, 2010; Wax *et al*., 2015), possivelmente mediante a mecanismos relacionados ao aumento circulante de ON, como vasodilatação e o aumento da tolerância ao exercicio (Bailey *et al*., 2012). A eficácia das respostas perceptivas ao exercicio parece depender de múltiplos fatores, incluindo o nível de treinamento, gênero e perfil populacional (Barroso *et al*., 2014; Hackett *et al*., 2012; Shimano *et al*., 2006; Suchomel *et al*., 2021).

Estudos demonstram que indivíduos treinados relatam PSE submáximas mesmo após atingir a falha muscular (Hackett *et al*., 2012; Shimano *et al*., 2006), contrastando com respostas de indivíduos iniciantes, essa diferença pode estar relacionada a menor eficiência ou coordenação neuromuscular em indivíduos menos experientes (Suchomel *et al*., 2021). Diante dessas evidências ambíguas, o uso da precursores de ON para modular respostas psicofisiológicas ao exercicio permanece inconclusivo, exigindo investigações adicionais.

Além da eficácia fisiológica, fatores como a adesão à suplementação e a tolerância ao sabor também desempenham um papel importante na escolha de um recurso ergogênico. Então, um importante achado do presente estudo diz respeito à avaliação sensorial, a análise hedônica revelou que o nitrato foi mais bem aceito do que a L-arginina e o CITMAL, sendo superado apenas pelo placebo. Dessa maneira, considerando sua possível efetividade na promoção da vasodilatação e sua maior palatabilidade, o nitrato pode ser uma escolha preferencial para indivíduos que buscam otimizar o fluxo sanguíneo e o inchaço muscular de forma prática e bem tolerada.

Os achados do presente estudo não confirmam a hipótese alternativa, uma vez que a suplementação aguda com precursores de óxido nítrico não promoveu alterações significativas no volume total de treino, na percepção subjetiva de esforço, mantendo-se, portanto, a hipótese nula para essas variáveis. Todas as condições experimentais, incluindo o placebo, apresentaram aumento significativo no inchaço muscular após o exercício, sugerindo uma resposta aguda compatível com o inchaço muscular, ainda que sem diferenças e entre os suplementos. Dessa forma, a hipótese alternativa foi parcialmente confirmada apenas para essa variável.

Em relação à aceitabilidade sensorial, a hipótese H3 foi confirmada, com o nitrato apresentando a melhor avaliação hedônica entre os suplementos testados, o que pode favorecer sua escolha em contextos práticos, considerando a adesão e

tolerabilidade. Assim, a escolha de suplementos mais bem aceitos sensorialmente deve ser considerada como critério adicional em estratégias nutricionais que visam otimizar a resposta ao treinamento. Esses resultados reforçam a necessidade de estudos futuros com protocolos no treinamento de força para outros grupos musculares, além da investigação em várias regiões do musculo analisado para melhor elucidar o papel funcional dos precursores de óxido nítrico em exercícios de força e seus impactos na composição corporal.

É importante reconhecer a limitação metodológica que pode ter influenciado o desfecho observado. O tempo reduzido entre a ingestão do nitrato e a realização do protocolo experimental, o que pode ter comprometido a biodisponibilidade do ON no momento do protocolo. Tais fatores reforçam a importância de estudos futuros com protocolos de suplementação distintos, janelas de absorção mais amplas e diferentes configurações de treinamento de força, bem como com amostras mais representativas. A ampliação dessas variáveis metodológicas poderá oferecer uma compreensão mais precisa e aplicável sobre os efeitos dos precursores de óxido nítrico na performance e nas adaptações morfológicas.

6 CONCLUSÃO

Em conclusão, a suplementação aguda com L-arginina, CITMAL e nitrato não promove efeitos significativos no inchaço muscular, no volume total de treino e na percepção subjetiva de esforço, em homens treinados, no treinamento de força na musculação. Dentre as substâncias suplementadas, o nitrato apresenta melhor palatabilidade, com maior aceitação sensorial.

REFERÊNCIAS

AAGAARD, Per. Training-Induced Changes in Neural Function. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, Indianapolis, v. 31, n. 2, p. 61, Apr. 2003. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12715968/. Accessed on: 1 Aug. 2025.

ABNT. **NBR 12994**: Métodos de análise sensorial dos alimentos e bebidas: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

AGUAYO, Encarna *et al.* L-Citrulline: A Non-Essential Amino Acid with Important Roles in Human Health. **Applied Sciences**, Basel, v. 11, n. 7, 3293, 2021. DOI: 10.3390/app11073293. Available at: https://www.mdpi.com/2076-3417/11/7/3293. Accessed on: 2 Aug. 2025.

ALBARELLO, José Carlos Dos Santos *et al.* Non-uniform excitation of pectoralis major induced by changes in bench press inclination leads to uneven variations in the cross-sectional area measured by panoramic ultrasonography. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, [*s. l.*], v. 67, 102722, Dec. 2022. DOI: 10.1016/j.jelekin.2022.102722. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36334406/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

ÁLVARES, Thiago Silveira *et al.* Acute l-arginine supplementation increases muscle blood volume but not strength performance. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, Ottawa, v. 37, n. 1, p. 115-126, Feb. 2012. DOI: 10.1139/h11-144. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22251130/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

BAHADORAN, Zahra *et al.* Endogenous flux of nitric oxide: Citrulline is preferred to Arginine. **Acta Physiologica**, [*s. l.*], v. 231, n. 3, e13572, 2021. DOI: 10.1111/apha.13572. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33089645/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

BAILEY, Stephen J. *et al.* Acute l-arginine supplementation reduces the O2 cost of moderate-intensity exercise and enhances high-intensity exercise tolerance. **Journal of Applied Physiology**, [*s. l.*], v. 109, n. 5, p. 1394-1403, Nov. 2010. DOI: 10.1152/japplphysiol.00503.2010. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20724562/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

BAILEY, Stephen J. *et al.* The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway: Its role in human exercise physiology. **European Journal of Sport Science**, [*s. l.*], v. 12, n. 4, p. 309-320, 1 July 2012. DOI: 10.1080/17461391.2011.635705. Available at: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1080/17461391.2011.635705. Accessed on: 2 Aug. 2025.

BARROSO, Renato *et al.* Perceived exertion in coaches and young swimmers with different training experience. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, Champaign, v. 9, n. 2, p. 212-216, Mar. 2014. DOI: 10.1123/ijspp.2012-0356. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23630106/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

BEDNARZ, Bronisław *et al.* L-arginine supplementation prolongs exercise capacity in congestive heart failure. **Kardiologia Polska**, [*s. l.*], v. 60, n. 4, p. 348-353, Apr. 2004. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15226784/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

BENDAHAN, D. *et al.* Citrulline/malate promotes aerobic energy production in human exercising muscle. **British Journal of Sports Medicine**, London, v. 36, n. 4, p. 282-289, Aug. 2002. DOI: 10.1136/bjsm.36.4.282. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12145119/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

BENJAMIN, Nigel. Nitric oxide – a novel antimicrobial agent. *In*: WINYARD, Paul G.; BLAKE, David R.; EVANS, Christopher H. (org.). **Free Radicals and Inflammation**. Basel: Birkhäuser, 2000. p. 47-63.

BESCÓS, Raúl *et al.* The effect of nitric-oxide-related supplements on human performance. **Sports Medicine**, Auckland, v. 42, n. 2, p. 99-117, 1 Feb. 2012. DOI: 10.2165/11596860-000000000-00000. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22260513/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

BOLOTINA, Victoria M. *et al.* Nitric oxide directly activates calcium-dependent potassium channels in vascular smooth muscle. **Nature**, [*s. l.*], v. 368, n. 6474, p. 850-853, 28 Apr. 1994. DOI: 10.1038/368850a0. Available at: https://www.nature.com/articles/368850a0. Accessed on: 2 Aug. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova as seguintes diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos; Revoga as (RES. 196/96); (RES. 303/00); (RES. 404/08). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 12 , p. 59, 13 jun. 2013.

BRZYCKI, Matt. Strength Testing: Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. **Journal of Physical Education, Recreation & Dance**, [*s. l.*], v. 64, n. 1, p. 88-90, 1993. DOI: 10.1080/07303084.1993.10606684. Available at: www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07303084.1993.10606684. Accessed on: 2 Aug. 2025.

BURGOS, José *et al.* Combined Effects of Citrulline Plus Nitrate-Rich Beetroot Extract Co-Supplementation on Maximal and Endurance-Strength and Aerobic Power in Trained Male Triathletes: A Randomized Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. **Nutrients**, Basel, v. 14, n. 1, 40, 23 dez. 2021. DOI: 10.3390/nu14010040. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35010917/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

CAMPBELL, Bill *et al.* Pharmacokinetics, safety, and effects on exercise performance of l-arginine α-ketoglutarate in trained adult men. **Nutrition**, [*s. l.*], v. 22, n. 9, p. 872-881, Sept. 2006. DOI: 10.1016/j.nut.2006.06.003. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16928472/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

CAMPOS, Helton O. *et al.* Nitrate supplementation improves physical performance specifically in non-athletes during prolonged open-ended tests: a systematic review and meta-analysis. **The British Journal of Nutrition**, Cambidge, v. 119, n. 6, p. 636-657, Mar. 2018. DOI: 10.1017/S0007114518000132. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29553034/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

CHEN, Ya-Li.; WOLIN, Michael S.; MESSINA, Edward. J. Evidence for cGMP mediation of skeletal muscle arteriolar dilation to lactate. **Journal of Applied Physiology**, [*s. l.*], v. 81, n. 1, p. 349-354, 1996. DOI: 10.1152/jappl.1996.81.1.349. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8828684/#full-view-affiliation-1. Accessed on: 2 Aug. 2025.

CHOLEWA, Jason *et al.* Effects of dietary sports supplements on metabolite accumulation, vasodilation and cellular swelling in relation to muscle hypertrophy: a focus on “secondary” physiological determinants. **Nutrition**, Los Angeles, v. 60, p. 241-251, Apr. 2019. DOI: 10.1016/j.nut.2018.10.011. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30682546/. Accessed on: 1 Aug. 2025.

CLEMENTS, William T.; LEE, Sang-Rok; BLOOMER, Richard J. Nitrate ingestion: a review of the health and physical performance effects. **Nutrients**, Basel, v. 6, n. 11, p. 5224-5264, 18 nov. 2014. DOI: 10.3390/nu6115224. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25412154/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

COGGAN, Andrew R.; PETERSON, Linda R. Dietary Nitrate Enhances the Contractile Properties of Human Skeletal Muscle. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, Indianapolis, v. 46, n. 4, p. 254, Oct. 2018. DOI: 10.1249/JES.0000000000000167. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30001275/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

CORMIE, Prue; MCGUIGAN, Michael R.; NEWTON, Robert U. Developing Maximal Neuromuscular Power. **Sports Medicine**, Auckland, v. 41, n. 2, p. 125-146, Oct. 2011. DOI: 10.2165/11538500-000000000-00000. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21244105/. Accessed on: 1 Aug. 2025.

COSBY, Kenyatta *et al.* Nitrite reduction to nitric oxide by deoxyhemoglobin vasodilates the human circulation. **Nature Medicine**, New York, v. 9, n. 12, p. 1498-1505, Dec. 2003. DOI: 10.1038/nm954. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14595407/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

CRECELIUS, Anne R. *et al.* Nitric oxide, but not vasodilating prostaglandins, contributes to the improvement of exercise hyperemia via ascorbic acid in healthy older adults. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, [*s. l.*], v. 299, n. 5, p. H1633-H1641, Nov. 2010. DOI: 10.1152/ajpheart.00614.2010. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20817831/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

CRUZ, Vernon Martins da *et al.* Combined Caffeine-Capsaicin Supplementation does not Enhance the Performance of Trained Men in a Resistance Training Session. **Muscle Ligaments and Tendons Journal**, Milan, v. 13, n. 4, p. 645-652, Dec. 2023. DOI: 10.32098/mltj.04.2023.17. Available at: https://www.mltj.online/wp-content/uploads/2023/11/Drummond.pdf. Accessed on: 2 Aug. 2025.

DOEL, Justin Johnston *et al.* Evaluation of bacterial nitrate reduction in the human oral cavity. **European Journal of Oral Sciences**, [*s. l.*], v. 113, n. 1, p. 14-19, Feb. 2005. DOI: 10.1111/j.1600-0722.2004.00184.x. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15693824/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

DUNCAN, C. *et al.* Chemical generation of nitric oxide in the mouth from the enterosalivary circulation of dietary nitrate. **Nature Medicine**, New York, v. 1, n. 6, p. 546-551, June 1995. DOI: 10.1038/nm0695-546. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7585121/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

FIGUEROA, Arturo *et al.* Influence of L-citrulline and watermelon supplementation on vascular function and exercise performance. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, London, v. 20, n. 1, p. 92-98, Jan. 2017. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000340. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27749691/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

FLEWWELLING, Luke D. *et al.* What are the potential mechanisms of fatigue-induced skeletal muscle hypertrophy with low-load resistance exercise training? **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, [*s. l.*], v. 328, n. 3, p. C1001-C1014, Mar. 2025. DOI: 10.1152/ajpcell.00266.2024. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39726254/. Accessed on: 1 Aug. 2025.

FORBES, Scott C.; HARBER, Vicki; BELL, Gordon J. Oral L-arginine before resistance exercise blunts growth hormone in strength trained males. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, Champaign, v. 24, n. 2, p. 236-244, Apr. 2014. DOI: 10.1123/ijsnem.2013-0106. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24225560/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

FÖRSTERMANN, Ulrich; SESSA, William C. Nitric oxide synthases: regulation and function. **European Heart Journal**, Oxford, v. 33, n. 7, p. 829-837, Apr. 2012. DOI: 10.1093/eurheartj/ehr304. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21890489/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

FREITAS, Marcelo Conrado et al. Role of metabolic stress for enhancing muscle adaptations: Practical applications. **World Journal Methodololy**, Pleasanton, v. 7, n. 2, p. 46-54, June 2017. DOI: 10.5662/wjm.v7.i2.46. Available at: https://www.wjgnet.com/2222-0682/full/v7/i2/46.htm. Accessed on: 2 Aug. 2025.

GEARHART, R. E. *et al.* Standardized scaling procedures for rating perceived exertion during resistance exercise. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 15, n. 3, p. 320-325, Aug. 2001. Available at: https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/2001/08000/standardized_scaling_procedures_for_rating.10.aspx. Accessed on: 2 Aug. 2025.

GLENN, Jordan M. *et al.* Acute citrulline malate supplementation improves upper- and lower-body submaximal weightlifting exercise performance in resistance-trained females. **European Journal of Nutrition**, [*s. l.*], v. 56, n. 2, p. 775-784, 1 Mar. 2017. DOI: 10.1007/s00394-015-1124-6. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26658899/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

GONZALEZ, Adam *et al.* Emerging Nutritional Supplements for Strength and Hypertrophy: An Update of the Current Literature. **Strength and Conditioning Journal**, Colorado Springs, v. 42, n. 5, p. 57-70, 2020. DOI: 10.1519/SSC.0000000000000552. Available at: https://journals.lww.com/nsca-scj/abstract/2020/10000/emerging_nutritional_supplements_for_strength_and.7.aspx. Accessed on: 1 Aug. 2025.

GONZALEZ, Adam M. *et al.* Acute Effect of Citrulline Malate Supplementation on Upper-Body Resistance Exercise Performance in Recreationally Resistance-Trained Men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 32, n. 11, p. 3088-3094, Nov. 2018. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002373. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29210953/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

GOUGH, Lewis A. *et al.* A critical review of citrulline malate supplementation and exercise performance. **European Journal of Applied Physiology**, [*s. l.*], v. 121, n. 12, p. 3283-3295, Dec. 2021. DOI: 10.1007/s00421-021-04774-6. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34417881/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

GOVONI, Mirco *et al.* The increase in plasma nitrite after a dietary nitrate load is markedly attenuated by an antibacterial mouthwash. **Nitric Oxide**: Biology and Chemistry, [*s. l.*], v. 19, n. 4, p. 333-337, Dec. 2008. DOI: 10.1016/j.niox.2008.08.003. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18793740/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

GRGIC, Jozo *et al.* Test–Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. **Sports Medicine**: Open, [*s .l.*], v. 6, n. 31, p. 1-16, 2020. DOI: 10.1186/s40798-020-00260-z. Available at: https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s40798-020-00260-z.pdf. Accessed on: 2 Aug. 2025.

GULARTE, Marcia Arocha. **Manual de análise sensorial de alimentos**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2002.

HACKETT, Daniel A. *et al.* A novel scale to assess resistance-exercise effort. **Journal of Sports Sciences**, [*s. l.*], v. 30, n. 13, p. 1405-1413, 2012. DOI: 10.1080/02640414.2012.710757. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22873691/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

HAFF, G. Gregory; NIMPHIUS, Sophia. Training Principles for Power. **Strength and Conditioning Journal**, Colorado Springs, v. 34, n. 6, p. 2, Dec. 2012. DOI: 10.1519/SSC.0b013e31826db467. Available at: https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2012/12000/training_principles_for_power.2.aspx. Accessed on: 1 Aug. 2025.

HARTY, Patrick S. *et al.* Multi-ingredient pre-workout supplements, safety implications, and performance outcomes: a brief review. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, [*s. l.*], v. 15, n. 1, p. 41, 8 Aug. 2018. DOI: 10.1186/s12970-018-0247-6. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30089501/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

HAUN, Cody T. *et al.* A Critical Evaluation of the Biological Construct Skeletal Muscle Hypertrophy: Size Matters but So Does the Measurement. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 10, p. 247, Mar. 2019. DOI: 10.3389/fphys.2019.00247. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30930796/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

HIRONO, Tetsuya *et al.* Relationship Between Muscle Swelling and Hypertrophy Induced by Resistance Training. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 36, n. 2, p. 359-364, 1 Feb. 2022. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003478. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31904714/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

HOROWITZ, A. *et al.* Mechanisms of smooth muscle contraction. **Physiological Reviews**, [*s. l.*], v. 76, n. 4, p. 967-1003, Oct. 1996. DOI: 10.1152/physrev.1996.76.4.967. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8874491/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

JOHNSON, M. A. *et al.* Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles. An autopsy study. **Journal of the Neurological Sciences**, [*s. l.*], v. 18, n. 1, p. 111-129, Jan. 1973. DOI: 10.1016/0022-510x(73)90023-3. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4120482/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

JONES, Andrew M. *et al.* Dietary Nitrate and Nitric Oxide Metabolism: Mouth, Circulation, Skeletal Muscle, and Exercise Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Philadelphia, v. 53, n. 2, p. 280-294, Feb. 2021. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002470. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32735111/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

JONES, Andrew M. *et al.* Fiber Type-Specific Effects of Dietary Nitrate. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, Indianapolis, v. 44, n. 2, p. 53-60, Apr. 2016. DOI: 10.1249/JES.0000000000000074. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26829247/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

KADACH, Stefan *et al.* Time course of human skeletal muscle nitrate and nitrite concentration changes following dietary nitrate ingestion. **Nitric Oxide**, [*s. l.*], v. 121, p. 1-10, Apr. 2022. DOI: 10.1016/j.niox.2022.01.003. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35032643/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

KAWAMORI, Naoki; HAFF, G. Gregory. The optimal training load for the development of muscular power. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 18, n. 3, p. 675-684, Aug. 2004. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15320680/. Accessed on: 1 Aug. 2025.

KHALAF, David *et al.* The Effects of Oral l-Arginine and l-Citrulline Supplementation on Blood Pressure. **Nutrients**, Basel, v. 11, n. 7, 1679, 22 July 2019. DOI: 10.3390/nu11071679. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31336573/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

LACERDA, Lucas T. *et al*. Variations in Repetition Duration and Repetition Numbers Influence Muscular Activation and Blood Lactate Response in Protocols Equalized by Time Under Tension. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 30, n. 1, p. 251-258, Jan. 2016. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001044. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26691414/. Accessed on: 6 Aug. 2025.

LAURENT, C. Matthew *et al.* A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 25, n. 3, p. 620-628, Mar. 2011. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181c69ec6. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20581704/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

LAVIN, Kaleen M. *et al.* The Importance of Resistance Exercise Training to Combat Neuromuscular Aging. **Physiology**, Bethesda, v. 34, n. 2, p. 112-122, Mar. 2019. DOI: 10.1152/physiol.00044.2018. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30724133/. Accessed on: 1 Aug. 2025.

LIM, Changhyun *et al.* An Evidence-Based Narrative Review of Mechanisms of Resistance Exercise-Induced Human Skeletal Muscle Hypertrophy. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [*s. l.*], v. 54, n. 9, p. 1546-1559, Sept. 2022. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002929. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35389932/. Accessed on: 1 Aug. 2025.

LUNDBERG, Jon O.; WEITZBERG, Eddie; GLADWIN, Mark T. The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. **Nature Reviews**: Drug Discovery, London, v. 7, n. 2, p. 156-167, Feb. 2008. DOI: 10.1038/nrd2466. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18167491/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

MACUH, Matjaž; KNAP, Bojan. Effects of Nitrate Supplementation on Exercise Performance in Humans: A Narrative Review. **Nutrients**, Basel, v. 13, n. 9, 3183, Sept. 2021. DOI: 10.3390/nu13093183. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34579061/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

MCBRIDE, Jeffrey M. *et al.* Comparison of Methods to Quantify Volume During Resistance Exercise. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 23, n. 1, p. 106-110, Jan. 2009. DOI: 10.1519/jsc.0b013e31818efdfe. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19130641/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

MEIRELLES, Claudia M.; MATSUURA, Cristiane. Acute supplementation of L- arginine affects neither strength performance nor nitric oxide production. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v. 58, n. 3, p. 216-220, Mar. 2018. DOI: 10.23736/S0022-4707.16.06680-9. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27623757/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

MENEGHEL, Adilson J. *et al.* Muscle Damage of Resistance-Trained Men After Two Bouts of Eccentric Bench Press Exercise. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 28, n. 10, p. 2961-2966, Oct. 2014. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000494. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24736774/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

MITCHELL, Cameron J. *et al.* Muscular and systemic correlates of resistance training-induced muscle hypertrophy. **PloS One**, California, v. 8, n. 10, e78636, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0078636. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24130904/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

MODIN, A. *et al.* Nitrite-derived nitric oxide: a possible mediator of “acidic-metabolic” vasodilation. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 171, n. 1, p. 9-16, Jan. 2001. DOI: 10.1046/j.1365-201X.2001.00771.x. Available at: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-201X.2001.00771.x. Accessed on: 2 Aug. 2025.

MORITA, Masahiko *et al.* Oral supplementation with a combination of l-citrulline and l-arginine rapidly increases plasma l-arginine concentration and enhances NO bioavailability. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, [*s. l.*], v. 454, n. 1, p. 53-57, 7 Nov. 2014. DOI: 10.1016/j.bbrc.2014.10.029. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25445598/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

MORRIS JUNIOR, Sidney M. Arginine: beyond protein. **The American Journal of Clinical Nutrition**, [*s. l.*], v. 83, n. 2, p. 508S-512S, Feb. 2006. DOI: 10.1093/ajcn/83.2.508S. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16470022/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

MOSHER, Scott L. *et al.* Ingestion of a Nitric Oxide Enhancing Supplement Improves Resistance Exercise Performance. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 30, n. 12, p. 3520-3524, Dec. 2016. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001437. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27050244/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

NEWTON, Robert U.; KRAEMER, William J. Developing Explosive Muscular Power: Implications for a Mixed Methods Training Strategy. **Strength and Conditioning Journal**, Colorado Springs, v. 16, n. 5, p. 20, Oct. 1994. Available at: https://journals.lww.com/nsca-scj/citation/1994/10000/developing_explosive_muscular_power__implications.2.aspx. Accessed on: 1 Aug. 2025.

NYAWOSE, Siphamandla *et al.* The Effects of Consuming Amino Acids L-Arginine, L- Citrulline (and Their Combination) as a Beverage or Powder, on Athletic and Physical Performance: A Systematic Review. **Beverages**, Basel, v. 8, n. 3, 48, 2022. DOI: 10.3390/beverages8030048. Available at: www.mdpi.com/2306-5710/8/3/48. Accessed on: 2 Aug. 2025.

OGASAWARA, Riki *et al.* Comparison of muscle hypertrophy following 6-month of continuous and periodic strength training. **European Journal of Applied Physiology**, [*s. l.*], v. 113, n. 4, p. 975-985, Apr. 2013. DOI: 10.1007/s00421-012-2511-9. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23053130/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

PÉREZ-GUISADO, Joaquín; JAKEMAN, Philip M. Citrulline Malate Enhances Athletic Anaerobic Performance and Relieves Muscle Soreness. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 24, n. 5, p. 1215, May 2010. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181cb28e0. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20386132/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

PIKNOVA, Barbora *et al.* Skeletal Muscle Nitrate as a Regulator of Systemic Nitric Oxide Homeostasis. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, Indianapolis, v. 50, n. 1, p. 2-13, Jan. 2022. DOI: 10.1249/JES.0000000000000272. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34669624/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

R CORE TEAM. **The R Project for Statistical Computing**. Vienna: R Foundation, 2025. Avaliable at: www.r-project.org. Accessed on: 2 Aug. 2025.

RANCHAL-SANCHEZ, Antonio *et al.* Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Resistance Training: A Randomized Double-Blind Crossover. **Nutrients**, Basel, v. 12, n. 7, 1912, 28 jun. 2020. DOI: 10.3390/nu12071912. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32605284/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

REEVES, Neil D.; MAGANARIS, Constantinos N.; NARICI, Marco V. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. **European Journal of Applied Physiology**, [*s. l.*], v. 91, n. 1, p. 116-118, Jan. 2004. DOI: 10.1007/s00421-003-0961-9. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14639480/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, Alejandro *et al.* Beetroot juice supplementation increases concentric and eccentric muscle power output. Original investigation. **Journal of Science and Medicine in Sport**, [*s. l.*], v. 24, n. 1, p. 80-84, Jan. 2021. DOI: 10.1016/j.jsams.2020.05.018. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32507624/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

SANTOS JUNIOR, Evaldo *et al.* Classification and Determination Model of Resistance Training Status. **Strength and Conditioning Journal**, Colorado Springs, v. 43, n. 5, p.77-86, 2021. DOI: 10.1519/SSC.0000000000000627. Available at: https://journals.lww.com/nsca-scj/abstract/2021/10000/classification_and_determination_model_of.7.aspx. Accessed on: 2 Aug. 2025.

SCHOENFELD, Brad J. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Medicine**, Auckland, v. 43, n. 3, p. 179-194, Mar. 2013. DOI: 10.1007/s40279-013-0017-1. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23338987/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

SCHOENFELD, Brad J. The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 24, n. 10, p. 2857, Oct. 2010. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e840f3. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20847704/. Accessed on: 1 Aug. 2025.

SCHOENFELD, Brad J.; CONTRERAS, Bret. The Muscle Pump: Potential Mechanisms and Applications for Enhancing Hypertrophic Adaptations. **Strength and Conditioning Journal**, Colorado Springs, v. 36, n. 3, p. 21-25, June 2014. DOI: 10.1097/SSC.0000000000000021. Available at: https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2014/06000/the_muscle_pump__potential_mechanisms_and.11.aspx/. Accessed on: 1 Aug. 2025.

SCHWEDHELM, Edzard *et al.* Pharmacokinetic and pharmacodynamic properties of oral L-citrulline and L-arginine: impact on nitric oxide metabolism. **British Journal of Clinical Pharmacology**, [*s. l.*], v. 65, n. 1, p. 51-59, 2008. DOI: 10.1111/j.1365-2125.2007.02990.x. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17662090/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

SCOTT, Jessica M. *et al.* Panoramic ultrasound: a novel and valid tool for monitoring change in muscle mass. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, [*s. l.*], v. 8, n. 3, p. 475-481, June 2017. DOI: 10.1002/jcsm.12172. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28052593/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

SCOTT, Jessica M. *et al.* Reliability and Validity of Panoramic Ultrasound for Muscle Quantification. **Ultrasound in Medicine and Biology**, v. 38, n. 9, p. 1656-1661, Sept. 2012. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2012.04.018. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22749820/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

SERGI, Giuseppe *et al.* Measurement of lean body mass using bioelectrical impedance analysis: a consideration of the pros and cons. **Aging Clinical and Experimental Research**, [*s. l.*], v. 29, n. 4, p. 591-597, Aug. 2017. DOI: 10.1007/s40520-016-0622-6. Available at: . Accessed on: 2 Aug. 2025.

SHIMANO, Tomoko *et al.* Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 20, n. 4, p. 819-823, nov. 2006. DOI: 10.1519/R-18195.1. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17194239/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

SIANI, A. *et al.* Blood pressure and metabolic changes during dietary L-arginine supplementation in humans. **American Journal of Hypertension**, Oxford, v. 13, n. 5, p. 547-551, May 2000. DOI: 10.1016/s0895-7061(99)00233-2. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10826408/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

SIMÕES, Carolina B. *et al.* Acute caffeine and capsaicin supplementation and performance in resistance training. **Motriz**: Revista de Educação Física, v. 28, e1021010121, Dec. 2021. DOI: 10.1590/S1980-65742022010121. Available at: https://www.scielo.br/j/motriz/a/DYSJpHZb635sx5jHDJrs7kx/abstract/?lang=en. Accessed on: 2 Aug. 2025.

SUCHOMEL, Timothy J. *et al.* Implementing Eccentric Resistance Training – Part 2: Practical Recommendations. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, Basel, v. 4, n. 3, p. 55, 9 Aug. 2019. DOI: 10.3390/jfmk4030055. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33467370/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

SUCHOMEL, Timothy J. *et al.* The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. **Sports Medicine**, Auckland, v. 48, n. 4, p. 765-785, Apr. 2018. DOI: 10.1007/s40279-018-0862-z. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29372481/. Accessed on: 1 Aug. 2025.

SUCHOMEL, Timothy J. *et al.* Training for Muscular Strength: Methods for Monitoring and Adjusting Training Intensity. **Sports Medicine**, Auckland, v. 51, n. 10, p. 2051-2066, Oct. 2021. DOI: 10.1007/s40279-021-01488-9. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34101157/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

SUCHOMEL, Timothy J.; NIMPHIUS, Sophia; STONE, Michael H. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. **Sports Medicine**, Auckland, v. 46, n. 10, p. 1419-1449, Oct. 2016. DOI: 10.1007/s40279-016-0486-0. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26838985/. Accessed on: 1 Aug. 2025.

SUZUKI, Izumi *et al.* A combination of oral l-citrulline and l-arginine improved 10-min full-power cycling test performance in male collegiate soccer players: a randomized crossover trial. **European Journal of Applied Physiology**, [*s. l.*], v. 119, n. 5, p. 1075- 1084, May 2019. DOI: 10.1007/s00421-019-04097-7. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30847640/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

SUZUKI, Takashi *et al.* The effects on plasma L-arginine levels of combined oral L-citrulline and L-arginine supplementation in healthy males. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, Oxford, v. 81, n. 2, p. 372-375, Feb. 2017. DOI: 10.1080/09168451.2016.1230007. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27667025/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

TAN, Rachel *et al.* Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Back Squat and Bench Press Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nutrients**, Basel, v. 15, n. 11, 2493, 27 maio 2023a. DOI: 10.3390/nu15112493. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37299456/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

TAN, Rachel *et al.* Effects of dietary nitrate supplementation on muscular power output: Influence of supplementation strategy and population. **Nitric Oxide**, [*s. l.*], v. 136-137, p. 33-47, 1 July 2023b. DOI: 10.1016/j.niox.2023.05.003. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37244391/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

TANG, Jason E. *et al.* Bolus arginine supplementation affects neither muscle blood flow nor muscle protein synthesis in young men at rest or after resistance exercise. **The Journal of Nutrition**, [*s. l.*], v. 141, n. 2, p. 195-200, Feb. 2011. DOI: 10.3945/jn.110.130138. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21191143/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

THANNICKAL, Victor; FANBURG, Barry. Reactive oxygen species in cell signaling. **American Journal of Physiology Lung Cellular and Molecular Physiology**, Rockville, v. 279, p. 6, L1005-28, 2000. DOI: 10.1152/ajplung.2000.279.6.L1005. Available at: https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/ajplung.2000.279.6.L1005. Accessed on: 1 Aug. 2025.

THOMIS, Martine A.; AERSSENS, Jeroen. Genetic variation in human muscle strength – opportunities for therapeutic interventions? **Current Opinion in Pharmacology**, [*s. l.*], v. 12, n. 3, p. 355-362, 1 June 2012. DOI: 10.1016/j.coph.2012.03.003. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22445284/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

TOWNSEND, Jeremy R. *et al.* Influence of Dietary Nitrate Supplementation on Physical Performance and Body Composition Following Offseason Training in Division I Athletes. **Journal of Dietary Supplements**, [*s. l.*], v. 19, n. 4, p. 534-549, 2022. DOI: 10.1080/19390211.2021.1900482. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33754923/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

TREXLER, Eric T. *et al.* Acute Effects of Citrulline Supplementation on High-Intensity Strength and Power Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, Auckland, v. 49, n. 5, p. 707-718, 1 May 2019. DOI: 10.1007/s40279-019-01091-z. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30895562/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

TREXLER, Eric T. *et al.* Effects of Citrulline Malate and Beetroot Juice Supplementation on Energy Metabolism and Blood Flow During Submaximal Resistance Exercise. **Journal of Dietary Supplements**, [*s. l.*], v. 17, n. 6, p. 698-717, 2020. DOI: 10.1080/19390211.2019.1650866. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31456449/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

VAN DE WALLE, Gavin P.; VUKOVICH, Matthew D. The Effect of Nitrate Supplementation on Exercise Tolerance and Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 32, n. 6, p. 1796-1808, June 2018. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002046. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29786633/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

VIGOTSKY, Andrew D. *et al.* Methods matter: the relationship between strength and hypertrophy depends on methods of measurement and analysis. **PeerJ**, London, v. 6, e5071, 27 June 2018. DOI: 10.7717/peerj.5071. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29967737/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

VIRIBAY, Aitor *et al.* Effects of Arginine Supplementation on Athletic Performance Based on Energy Metabolism: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nutrients**, Basel, v. 12, n. 5, 1300, 2 maio 2020. DOI: 10.3390/nu12051300. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32370176/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

WAX, Benjamin *et al.* Acute Ingestion Of L-Arginine Alpha-Ketoglutarate Fails To Improve Muscular Strength And Endurance In ROTC Cadets. **International Journal of Exercise Science**, [*s. l.*], v. 6, n. 2, p. 91-97, 2013. DOI: 10.70252/SSJJ5515. Available at: https://digitalcommons.wku.edu/ijes/vol6/iss2/2/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

WAX, Benjamin *et al.* Effects of Supplemental Citrulline Malate Ingestion During Repeated Bouts of Lower-Body Exercise in Advanced Weightlifters. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 29, n. 3, p. 786-792, Mar. 2015. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000670. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25226311/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

WEIR, Joseph P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 19, n. 1, p. 231-240, Feb. 2005. DOI: 10.1519/15184.1. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15705040/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

WEST, Daniel W. D. *et al.* Human exercise-mediated skeletal muscle hypertrophy is an intrinsic process. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, [*s. l.*], v. 42, n. 9, p. 1371-1375, Sept. 2010. DOI: 10.1016/j.biocel.2010.05.012. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20541030/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

WILLIAMS, Tyler D. *et al.* Effect of Acute Beetroot Juice Supplementation on Bench Press Power, Velocity, and Repetition Volume. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 34, n. 4, p. 924-928, Apr. 2020. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003509. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31913252/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

WYLIE, Lee J. *et al.* Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 115, n. 3, p. 325-336, Aug. 2013. DOI: 10.1152/japplphysiol.00372.2013. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23640589/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

YASUDA, Tomohiro *et al.* Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, [*s. l.*], v. 30, n. 5, p. 338-343, Sept. 2010. DOI: 10.1111/j.1475-097X.2010.00949.x. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20618358/. Accessed on: 2 Aug. 2025.

ZINNER, Christoph *et al.* The Physiological Mechanisms of Performance Enhancement with Sprint Interval Training Differ between the Upper and Lower Extremities in Humans. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 7, 426, 2016. DOI: 10.3389/fphys.2016.00426. Available at: www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2016.00426/full. Accessed on: 2 Aug. 2025.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Em 2 vias, firmado por cada participante-voluntário/a da pesquisa e pelo responsável)

"*O respeito devido à dignidade humana exige que toda pesquisa se processe após consentimento livre e esclarecido dos sujeitos, indivíduos ou grupos que por si e/ou por seus representantes legais manifestem a sua anuência à participação na pesquisa.*" (Resolução. nº 466/12, do Conselho Nacional de Saúde)

Você está sendo convidado a participar como voluntário do estudo "Comparação do efeito da suplementação aguda de L-arginina, L-citrulina (CITMAL) e nitrato na musculação". O responsável pela sua execução é o professor Marcos Daniel M. Drummond, assistido pelo mestrando em Ciências do Esporte, Yves Ferreira Porto Pereira. As seguintes informações são pertinentes ao estudo:

§ O estudo se destina a investigar e comparar os possíveis efeitos agudos da suplementação isolada de nitrato, CITMAL e L-arginina no desempenho em testes de força, respostas vasculares, inchaço muscular e respostas psicofisiológicas.

§ Este estudo terá a duração aproximada de 2 (2) semanas. O primeiro (1º) encontro será destinado à apresentação da pesquisa e à caracterização da amostra, sendo registrados dados pessoais do voluntário, frequência de treinamento semanal e o tempo de experiência na musculação e a avaliação da composição corporal. O segundo (2º) encontro será destinado a familiarização ao ambiente, procedimento com o equipamento ultrassom para investigar as possíveis respostas do inchaço muscular, teste de uma repetição máxima (1RM), questionários que serão realizados e assinatura do presente termo. Nesse encontro também será aplicado um recordatório alimentar de 24 horas, sendo repetido nas sessões experimentais subsequentes. 48 horas após, será realizado um terceiro (3º) encontro, de confiabilidade nos testes de 1RM e os questionários de PSE. Após 48 horas será realizado um quarto (4º) encontro, também de confiabilidade nos testes aplicados no encontro anterior. Na semana seguinte, serão realizados quatro encontros presenciais com o intervalo de 48 horas (5º-8º) nos quais serão realizados treinos de força com a administração aleatória da suplementação dos recursos ergogênicos a serem testados e/ou placebo.

§ O estudo será realizado da seguinte maneira:

Você será submetido a oito (8) encontros, no laboratório de musculação da UFMG (LAMUSC), sendo: um (1) encontro consistirá na apresentação do projeto, na sala do LAN, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO); uma (1) sessão de familiarização no Centro de Treinamento Esportivo da UFMG (CTE- UFMG), duas (2) sessões de confiabilidade e quatro (4) sessões experimentais, totalizando as sessões experimentais. As sessões acontecerão no consultório de nutrição e na sala de musculação do CTE. Todos os encontros serão realizados no mesmo período do dia, com horário marcado para cada voluntário. A primeira visita envolverá a apresentação do projeto na sala do LAN na EEFFTO, explicitando os procedimentos a serem feitos, bem como a entrega deste documento para cada voluntário presente, além de uma avaliação da composição corporal através da bioimpedância (BIA). A segunda visita ocorrerá para que você se familiarize com o ambiente, com o procedimento feito com o ultrassom, teste de uma repetição (1RM), e os questionários que deverão ser respondidos nas visitas seguintes. No terceiro encontro será realizado uma sessão de confiabilidade nos testes realizados. No quarto encontro será repetido a sessão de confiabilidade.

No quinto encontro, você consumirá aleatoriamente e de forma cega nitrato, CITMAL, L-arginina ou placebo. Antecedendo a suplementação, será adotado o procedimento do ultrassom do músculo peitoral maior com o intuito de investigar as respostas do inchaço muscular e a área de secção transversa, após este procedimento ocorrerá a suplementação das substâncias, imediatamente após a suplementação você responderá uma escala sensorial a respeito dos suplementos. Uma hora após a ingestão da substância você será submetido ao protocolo proposto. Será realizado um aquecimento padrão e logo em seguida será realizada quatro séries de doze (12) repetições máximas ou até a exaustão, referente a sessão de treinamento no exercício supino reto no guiado, com uma carga correspondente a 70% de 1RM, sendo adotado noventa (90) segundos de pausa. Posteriormente será realizado novamente o procedimento do ultrassom para a checagem do inchaço muscular, respostas do protocolo da sessão de treinamento no inchaço muscular e a área de secção transversa.

§ Questionário de Qualidade de Recuperação – Primeiramente, antes do início do treino, você será questionado quanto à forma como percebe a sua recuperação em relação à sessão anterior. Você deve apontar uma nota entre 6 (nada recuperado) e 20 (totalmente recuperado). Os valores serão registrados para análise posterior.

§ Em todos os dias de coleta, será aplicada a escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) ao final de cada série.

§ Em todos os encontros, serão feitos registros alimentares das 24 horas anteriores aos testes. Você será instruído a preencher um registro alimentar das 48 horas anteriores aos testes que serão aplicados, para que seja analisado, posteriormente, se houve alguma mudança no padrão alimentar no período da coleta de dados. Será orientado também a não consumir bebidas alcoólicas e recursos ergogênicos de quaisquer tipos no período da coleta.

§ Os riscos envolvidos nesta pesquisa são inerentes ao treinamento de força e suplementação, sendo de baixa frequência de ocorrência e magnitude. Tais riscos consistem em: dor muscular tardia, lesões osteomusculares e articulares, cansaço ou aborrecimento ao responder questionários, constrangimento ao realizar exames antropométricos e efeitos adversos da substância testada, sendo esses: dor de cabeça, náuseas, desconforto gastrointestinal ou abdominal, taquicardia ou palpitação no coração, insônia, aumento da ansiedade, aumento da produção de urina, sensações de queimação na cavidade oral e diarreia. Para minimizar os riscos envolvidos nesta pesquisa, os pesquisadores se comprometem a realizar os procedimentos de forma que seu conforto, seu bem-estar e sua aceitação sejam plenos, bem como minimizar os riscos na realização dos exercícios físicos, assegurando a boa execução deles, além de zelar por seu sigilo e sua privacidade.

§ Você contará com a assistência médica devida se, por qualquer motivo, sentir-se mal durante os esforços físicos, estando os pesquisadores responsáveis por lhe acompanhar a um serviço médico, caso seja necessário.

§ Os benefícios que deverá esperar com a sua participação, mesmo que não diretamente, são: contribuir para o estudo da atividade física, da nutrição e do esporte, ajudando a descobrir o efeito do uso dos referidos suplementos no desempenho do treinamento de força. Ao participar do estudo, os indivíduos serão contemplados com uma avaliação da composição corporal, que será realizada por bioimpedância.

§ Sempre que desejar, serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo.

§ A qualquer momento você poderá se recusar a continuar participando do estudo e poderá retirar este consentimento, sem que isso lhe traga qualquer penalidade ou prejuízo.

§ As informações obtidas através da sua participação não permitirão a identificação da sua pessoa, exceto aos responsáveis pelo estudo.

§ Você será ressarcido por qualquer despesa que venha a ter com a sua participação neste estudo.

§ Não haverá nenhuma penalidade caso você não concorde em participar deste estudo.

§ Não haverá nenhum tipo de compensação financeira por sua participação no estudo.

§ Seus dados ficarão guardados por um prazo de cinco anos sob responsabilidade do pesquisador e serão utilizados exclusivamente para esta pesquisa.

§ O pesquisador responsável poderá ser contatado sempre que surgirem dúvidas, de qualquer natureza, a respeito do estudo.

§ O CEP poderá ser acionado em caso de dúvidas relativas a aspectos éticos. Os dados para contato serão fornecidos a seguir.

§ A assinatura deste TCLE deve ser feita em duas vias.

Finalmente, tendo eu compreendido perfeitamente tudo o que me foi informado sobre a minha participação neste estudo e estando consciente dos meus direitos, das minhas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a minha participação implica, concordo em dele participar e em dar o meu consentimento sem que para isso tenha sido forçado ou obrigado.

Endereço do(a) participante-voluntário(a)		
Bairro:	CEP:	
Cidade:	Telefone:	Ponto de referência:

Contato de urgência		
Bairro:	CEP:	
Cidade:	Telefone:	Ponto de referência:

Endereço do responsável pela pesquisa		
Pesquisador responsável: Marcos Daniel Motta Drummond | E-mail: zangmarcos@gmail.com		
Assistente: Yves Ferreira Porto Pereira | E-mail: yves.porto@yahoo.com.br		
Instituição: UFMG / Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional / Laboratório de Avaliação da Carga		
Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627	Bairro: Pampulha.	CEP: 31270-901
Cidade: Belo Horizonte/MG	Telefone: 31 34092326	

ATENÇÃO: Para informar ocorrências irregulares ou danosas durante a sua participação no estudo, dirija-se ao:

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais
Unidade Administrativa II, 2º andar, sala 2005, Campus Pampulha
Av. Antônio Carlos, 6627. Belo Horizonte / MG. CEP: 31270-901
Telefone: 3409-4592
E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Em caso de danos provenientes da pesquisa, você poderá buscar indenização nos termos da Res.466/12 e no endereço eletrônico: https://www.ufmg.br/bioetica/coep/pendencias-emitidas-pelo-coep-e-pendencias-documentais.

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2025.

Assinatura ou impressão datiloscópica do(a) voluntário(a)	Marcos Daniel Motta Drummond
(Rubricar as demais páginas)	(Rubricar as demais páginas)