



EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE BETA-ALANINA SOBRE O DESEMPENHO FÍSICO E AS RESPOSTAS PSICOLÓGICAS DE INDIVÍDUOS TREINADOS DURANTE OS SISTEMAS AVANÇADOS *DROP-SET* E *BI-SET*: UM ESTUDO RANDOMIZADO, DUPLO-CEGO E CONTROLADO POR PLACEBO.

Vitor de Salles Painelli ^{1,2}, Cecília Luisa Colini ², Emerson Luiz Teixeira ², Magellan Amanuma ², Leonardo Vidal Andreato ³, Braulio Henrique Magnani Branco ⁴

¹Pós-Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Promoção da Saúde (PPGPS), Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. Bolsista Fundação Araucária. vitor_pa@hotmail.com

²Pesquisador do Grupo de Estudos e Pesquisas em Treinamento de Força (GEPTF), Campus Paraíso-SP, Universidade Paulista - UNIP.

ceciliacolini97@gmail.com; tkquiro@gmail.com; emerson.teixeira@docente.unip.br

³Professor Doutor do PPGPS, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. vidal.leo@hotmail.com

⁴Coordenador do PPGPS, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. braulio.branco@unicesumar.edu.br

RESUMO

A suplementação de β -alanina se mostra ergogênica em exercícios físicos limitados pela acidose. Os efeitos dessa estratégia sobre o exercício resistido, contudo, são inconclusivos. É possível que os protocolos anteriores não tenham sido suficientemente 'acidóticos', tais como os sistemas avançados de treinamento *drop-set* e *bi-set*. O objetivo deste estudo foi determinar o efeito da suplementação de β -alanina sobre o desempenho físico (número total de repetições) e respostas psicológicas (percepção de esforço, motivação, excitação e afeto) aos métodos *drop-set* e *bi-set*. Num desenho duplo-cego, 24 homens e mulheres jovens e treinados foram recrutados e randomizados em 2 grupos: β -alanina (6,4 g/dia, N=12) e Placebo (maltodextrina, N=12). Antes e após 4 semanas de suplementação, o desempenho físico e as respostas psicológicas dos participantes foram analisados durante testes de *drop-set* e *bi-set*. Modelos mistos para medidas repetidas foram empregados para análise estatística, com significância em $p < 0.05$. O grupo β -alanina aumentou o número total de repetições, tanto no *drop-set* ($p = 0.007$) quanto no *bi-set* ($p < 0.0001$), enquanto nenhuma alteração ocorreu em resposta ao placebo (respectivamente, $p = 0.988$ e $p = 0.406$). Tanto no *drop-set* quanto *bi-set* a percepção de esforço piorou ao longo das séries (ambos, $p < 0.0001$), mas sem diferenças entre os grupos ou os tempos, indicando maior capacidade de trabalho físico com a β -alanina sob grau de relutância similar ao placebo. As demais respostas psicológicas não sofreram efeito de série, grupo ou tempo (todas, $p > 0.05$). Em conclusão, 4 semanas de suplementação com β -alanina melhoraram o desempenho físico de indivíduos treinados durante os sistemas avançados *drop-set* e *bi-set*.

PALAVRAS-CHAVE: Beta-alanina; Desempenho físico funcional; Suplementos nutricionais; Treinamento de força.

1 INTRODUÇÃO

A carnosina é um dipeptídeo localizado em alguns tecidos excitáveis, mas é no músculo esquelético de vertebrados que ela está presente em altas concentrações (aproximadamente 20 mmol/kg de músculo seco em humanos) (Harris et al., 2005). Neste tecido, os aminoácidos β -alanina e L-histidina são os responsáveis por sintetizar a carnosina, numa reação catalisada pela enzima carnosina sintetase. A carnosina também pode ser encontrada em diversos tipos de carne (principalmente de peixes), e portanto, pode ser obtida por meio da dieta, mas não é absorvida em sua forma íntegra para a corrente sanguínea, já que a enzima carnosinase, presente no lúmen intestinal e no plasma sanguíneo, rapidamente hidrolisa o dipeptídeo (Harris et al., 2005). Apesar de ambos os aminoácidos β -alanina e L-histidina serem importantes para a síntese tecidual de carnosina, sabe-se que a enzima carnosina-sintase possui uma maior afinidade pela L-histidina (Km



~16.8 μM) frente à β -alanina (Km ~1000–2300 μM) (Artioli et al., 2010). Além disso, a β -alanina é encontrada em concentrações menores no corpo humano do que a L-histidina (Artioli et al., 2010). Logo, fica nítido que a disponibilidade do aminoácido β -alanina é o fator limitante para a síntese de carnosina muscular (Harris et al. 2005).

Diversas ações fisiológicas têm sido associadas à carnosina no músculo esquelético, mas, a função que ganha destaque é a de tampão de íons H^+ devido à pKa do seu anel imidazol (6,83), ideal para regular o pH do ambiente intramuscular que pode reduzir de ~7,1 para 6,5 durante exercícios exaustivos (Harris et al. 2005). Dessa forma, intervenções nutricionais que aumentem a carnosina muscular podem elevar a capacidade tamponante muscular, e assim, apresentar potencial ergogênico, tal como a suplementação de β -alanina.

Nesse tocante, inúmeros estudos já demonstraram os benefícios ergogênicos da suplementação de β -alanina para aumento do conteúdo de carnosina muscular e para o desempenho físico em exercícios de alta intensidade com duração de 1–4 min, sendo que doses de 4 a 6.4 g/dia de β -alanina por no mínimo 3 a 4 semanas são suficientes para elevar os níveis de carnosina (Artioli et al. 2010). Devido à ocorrência de efeitos colaterais como a parestesia, é aconselhado ingerir este aminoácido de forma fracionada ao longo do dia (0,8–1,6 g a cada 3–4 horas) para evitar sintomas agudos, sendo que a melhora na performance com esta estratégia nutricional já foi identificada em inúmeras modalidades esportivas (De Salles Painelli et al., 2013; Painelli et al., 2014). Porém, um tipo de exercício que a literatura ainda avança vagarosamente e de forma controversa para examinar os potenciais efeitos ergogênicos da β -alanina é o exercício resistido.

Seja para fins terapêuticos ou para fins esportivos, exercícios resistidos podem ser empregados para inúmeras populações que objetivem ganhos de força e de hipertrofia muscular, tendo estes ganhos uma íntima relação com a carga total de treinamento realizada (isto é, produto da multiplicação da intensidade/resistência x número de repetições) (Sooneste et al., 2013). Nesse sentido, alguns autores têm sugerido que o aumento do tamponamento intramuscular possibilitaria um maior volume total de exercício realizado numa sessão de treinamento resistido (Hoffman et al., 2006; Hoffman et al., 2008a; Hoffman et al., 2008b; Bassinelo et al., 2018), o que deveria contribuir para otimizar os ganhos de hipertrofia e de força muscular a longo prazo. Curiosamente, os resultados sobre esta temática são controversos, com alguns mas não todos os estudos identificando um efeito positivo da β -alanina em exercícios resistidos (Hoffman et al., 2006; Hoffman et al., 2008a; Hoffman et al., 2008b; Bassinelo et al., 2018). Deve-se mencionar que, ao passo que alguns trabalhos combinaram a β -alanina com outras intervenções nutricionais, outros empregaram desenhos cross-over e de curta duração (<4 semanas), sendo que alguns ainda se utilizaram de protocolos de exercício insuficientemente 'acidóticos'. Assim, é provável que as limitações metodológicas inerentes aos estudos já realizados acerca do tema estejam impossibilitando uma melhor interpretação dos achados e entendimento do real efeito dessa suplementação sobre exercícios resistidos. Dessa forma, ainda é possível que a suplementação de β -alanina possa apresentar propriedades ergogênicas durante a execução de sistemas/métodos avançados de exercícios resistidos os quais têm natureza mais acidótica, como os sistemas/métodos *drop-set* e *bi-set*.

A saber, o sistema *bi-set* é caracterizado pela combinação de dois exercícios para o mesmo grupo muscular realizados sequencialmente sem intervalo, sendo aplicado o intervalo apenas após o segundo exercício. (Weakley et al., 2017). Basicamente, escolhe-se o grupo muscular alvo da sessão e aplicam-se dois exercícios consecutivos para esse grupo, tendo como principal vantagem a redução do tempo de sessão de treinamento. Já no sistema *drop-set* realiza-se um determinado número de repetições, o exercício é interrompido para retirar aproximadamente 20% da resistência e, sem pausa, realiza-se o máximo de repetições até a falha muscular. Mais uma vez, retira-se aproximadamente 20%



da resistência e repete-se o exercício até a falha muscular (Fink et al., 2018). Tal como o sistema *bi-set*, também tem como principal vantagem a redução do tempo de sessão de treinamento. Contudo, ambos os sistemas acima citados empregam séries consecutivas para um mesmo grupo muscular com pouco ou nenhum tempo de descanso, o que vem sendo demonstrado por múltiplos estudos na literatura científica como algo capaz de aumentar as exigências anaeróbias e gerar maiores perturbações metabólicas e fadiga, evidenciadas por reduções do pH e concentrações mais elevadas de lactato (Weakley et al., 2017; Fink et al., 2018).

Levando-se em consideração as limitações apresentadas na literatura vigente estudando os efeitos da β -alanina sobre o desempenho físico em exercícios resistidos, bem como a interessante aplicação prática e potencial acidótico dos sistemas *bi-set* e *drop-set* de exercício resistido, o objetivo deste estudo foi analisar o efeito da suplementação de β -alanina sobre o desempenho de força resistida (i.e. número total de repetições) e respostas psicológicas durante a realização dos protocolos *bi-set* e *drop-set*. A hipótese do estudo estava vinculada à uma melhora do desempenho físico e das respostas psicológicas em ambos os protocolos de exercício resistido em resposta à suplementação de β -alanina.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 DESENHO EXPERIMENTAL

Este foi um estudo randomizado, duplo-cego e controlado por placebo, no qual os participantes foram submetidos à avaliações psicológicas e de desempenho físico antes e após 28 dias de suplementação. Na visita inicial, os sujeitos foram informados acerca dos propósitos do estudo, para em seguida assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A seguir, os participantes tiveram a sua estatura e massa corporal aferidas através de um estadiômetro (Cescorf, São Paulo, Brasil) e balança (Welmy, São Paulo, Brasil), respectivamente. Setenta e duas horas após a visita inicial, foram iniciadas as sessões de familiarização ao teste de força máxima dinâmica (1-RM) nos exercícios supino reto e supino inclinado (Movement, São Paulo, Brasil), utilizando um intervalo de 48-72 horas entre as sessões. Os participantes foram considerados familiarizados ao teste quando a variação nos valores de força interdias fosse $\leq 5\%$. Foram considerados os maiores valores de 1-RM. Em sessões subsequentes, os participantes foram familiarizados aos testes de resistência de força (número de repetições realizadas em um determinado percentual do 1-RM) simulando os sistemas de treinamento *drop-set* e *bi-set*. O teste de 1-RM foi utilizado para relativizar a intensidade do teste de resistência de força para cada indivíduo e para o preenchimento dos critérios de elegibilidade. Os participantes foram considerados familiarizados aos testes *bi-set* e *drop-set* quando a variação interdias no número total de repetições ao longo das séries fosse $\leq 7\%$. O coeficiente de variação calculado para o número total de repetições nos testes *drop-set* e *bi-set* foi de, respectivamente, $3.8 \pm 2.5\%$ e $5.4 \pm 4.0\%$. Foram necessárias, em média, 3 ± 1 sessões para a completa familiarização dos participantes.

Após a devida familiarização aos testes de resistência de força, os participantes foram classificados em tercias de acordo com o seu número total de repetições no teste *drop-set* e alocados de maneira randômica em um dos 2 grupos: 1) grupo suplementado com β -alanina (BA; N=12); ou 2) grupo suplementado com placebo (PL, maltodextrina; N=12). Dois participantes do grupo PL desistiram por razões não relacionadas à pesquisa, logo 10 participantes finalizaram a pesquisa em PL. Terminadas as avaliações pré-intervenção e a divisão dos grupos, os participantes iniciaram o programa de suplementação, cuja duração foi de 28 dias. Durante o período de intervenção os participantes foram instruídos a manter o mesmo volume total de treino do mês anterior para não haver interferência do treino no teste pós-suplementação. Os participantes também foram orientados a manterem o mesmo



consumo alimentar durante o período em que estiverem na pesquisa. Tanto a manutenção do volume de treino quanto do consumo alimentar foram monitorados através de diários de treino e diários alimentares. Terminada a intervenção, os voluntários retornaram para a avaliação final, a qual foi dividida em dois dias, um para a realização do teste *drop-set* e outro para realização do teste *bi-set*.

Os participantes foram orientados a não consumirem cafeína, bebidas estimulantes ou álcool nas 12 horas anteriores aos testes físicos, tanto no momento pré- quanto pós-suplementação. O consumo de água *ad libitum* foi permitido aos participantes durante cada sessão de teste. O horário das avaliações foi individualmente padronizado com vistas a minimizar potenciais variações relacionadas ao ciclo circadiano (Grgic et al., 2019). Além disso, foi orientado aos participantes que chegassem ao laboratório para a realização das avaliações pelo menos 2 horas após a última refeição, mas sem que fizessem um jejum maior do que 4 horas.

Por fim, os participantes tiveram as suas expectativas em relação aos efeitos da intervenção avaliadas por meio de uma versão adaptada da Escala de Expectativas de Tratamento de Stanford (SETS). Esse instrumento avalia as expectativas de tratamento positivas e negativas por meio de uma escala de resposta do tipo Likert de sete pontos, com as seguintes âncoras: (1) "discordo totalmente", (2) "discordo moderadamente", (3) "discordo ligeiramente", (4) 'não concordo nem discordo', (5) 'concordo parcialmente', (6) 'concordo moderadamente' e (7) 'concordo totalmente'. A pontuação SETS foi adicionada como uma covariável da análise dos resultados de desempenho.

2.2 AMOSTRA

Para efetuar o cálculo do tamanho amostral, assumiu-se um modelo de medidas repetidas com 2 condições experimentais e 4 medidas ao longo do tempo (2 para cada um dos grupos experimentais), e o desempenho físico (número total de repetições) como variável dependente. Como valores de correlação não foram identificados em nenhuma das meta-análises já publicadas investigando a eficácia da suplementação de BA, uma correlação cautelosa de 0,5 foi assumida entre os testes durante o cálculo do tamanho amostral, ao passo que foi assumido um poder de análise de 0,80, um tamanho de efeito de 0,4998 e um erro alfa de 0,05. Como tal, o cálculo apontou que 08 participantes seriam necessários no grupo β -alanina para o presente estudo (software G*Power). Assumindo uma morte experimental de 20%, a amostra do presente estudo foi constituída por 24 indivíduos jovens adultos, de ambos os sexos, com nível intermediário no treinamento resistido seguindo os critérios estabelecidos por Santos Junior et al. (2021). Para tanto, os participantes deveriam ter experiência prévia de, no mínimo 1 ano em treinamento resistido para os membros superiores e estar treinando ininterruptamente há 1 ano. Além disso, os homens deveriam tolerar, no mínimo 1 vez o seu próprio peso corporal no teste de 1-RM no exercício supino, enquanto as mulheres deveriam tolerar, no mínimo 60% do seu peso corporal. Não foram selecionados para participar do estudo indivíduos que estivessem seguindo qualquer tipo de dieta vegetariana ou com histórico de suplementação de β -alanina e creatina há menos de 6 e 3 meses, respectivamente. Indivíduos que tivessem feito uso de esteroides anabolizantes, que tivessem pressão arterial elevada, diabetes, problemas cardiovasculares, neuromusculares e ou osteoarticulares que impedissem a realização dos testes também foram excluídos. As características dos grupos podem ser visualizadas na Tabela 1. Todos os sujeitos foram informados sobre todos os detalhes do projeto e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Ademais, todos os procedimentos do presente estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética Institucional (CAAE: 81346824.5.0000.5512; N° parecer de aprovação: 7.255.538).

Tabela 1. Características dos participantes no período pré-intervenção.



CARACTERÍSTICA	Grupo BA (N=12)	Grupo PL (N=10)	P
Idade (anos)	27±6	25±5	0.527
Estatura (cm)	1,72±0,07	1,67±0,09	0.218
Massa corporal (kg)	74,2±18,6	76,8±17,4	0.728
Índice de massa corporal (kg/m ²)	25,0±4,8	27,4±5,9	0.286
Experiência em treino (anos)	5±4	5±3	0.812
Frequência semanal de treino (dias/semana)	5±1	4±1	0.223
Força máxima relativa no supino reto (kg/kg)	1,14±0,24	1,04±0,28	0.340

Nota: Os dados estão apresentados em média±desvio-padrão. BA: β-alanina; PL: Placebo. Não foram identificadas diferenças entre os grupos experimentais.

2.3 PROTOCOLO DE SUPLEMENTAÇÃO

O grupo BA recebeu 6,4 gramas de β-alanina por dia (4 doses de 800 miligramas), em cápsulas gelatinosas contendo hidroximetilcelulose, ingeridas 4 vezes ao dia, com intervalos de 3 a 4 horas entre as ingestões, durante 4 semanas. Estudos anteriores já demonstraram que tal procedimento aumenta significativamente a concentração intramuscular de carnosina em aproximadamente 60% e que a inserção do veículo de absorção lenta auxilia na redução da parestesia induzida pela suplementação, tornado tal efeito quase nulo (De Salles Painelli et al., 2013; De Salles Painelli et al., 2014). O grupo suplementado com placebo recebeu a mesma quantidade de maltodextrina, entregue em cápsulas de mesmo tamanho e cor das cápsulas de β-alanina.

Os participantes receberam a quantidade de suplemento para exatamente 4 semanas de suplementação num recipiente lacrado e sem identificação do suplemento. A aderência ao protocolo de suplementação foi monitorada verificando o restante das cápsulas no recipiente após o retorno ao laboratório para a realização das sessões pós suplementação. A eficácia do desenho duplo-cego foi avaliada perguntando aos participantes, ao final da pesquisa, qual grupo experimental eles acreditavam que tinham sido alocados.

2.4 AVALIAÇÃO DA FORÇA MÁXIMA DINÂMICA (1-RM)

A força máxima dinâmica (1-RM) para os exercícios supino reto e supino reto inclinado foi avaliada em equipamento específico (*Smith Machine*, Movement, São Paulo, BRA). O posicionamento do corpo e das mãos de cada sujeito foram determinados e gravados com marcas fixas sobre a barra e sobre o banco durante as sessões de familiarização e foram reproduzidas por todo o estudo. Todos os procedimentos de aquecimento geral, específico e tentativas de teste seguiram as orientações da Sociedade Americana de Fisiologistas do Exercício (ASEP, do inglês, “*American Society of Exercise Physiologists*”) (Brown & Weir, 2001). A força máxima dinâmica foi determinada como o peso máximo que foi possível ser levantado uma única vez utilizando-se a técnica



apropriada. O intervalo de descanso entre as tentativas foi estabelecido em 3 minutos, e foi permitido um máximo de 5 tentativas. Todos os testes foram acompanhados por dois pesquisadores experientes.

2.5 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE FORÇA

A avaliação da resistência de força ocorreu para os exercícios supino reto e supino inclinado. No entanto, ela divergiu a partir do sistema de treinamento testado. Para o sistema de treinamento *drop-set*, foi empregada inicialmente uma resistência de 80% do 1-RM, para a qual os participantes deveriam realizar o maior número possível de repetições até a falha concêntrica. Em seguida, sem intervalo, os participantes realizaram uma 2ª subsérie até a falha, com retirada de 20% da resistência anterior. Por fim, mais uma vez sem descanso, uma 3ª subsérie foi realizada até a falha, com nova retirada de resistência de 20% em relação à utilizada na série anterior. Este ciclo foi repetido 3 vezes, com 2 minutos de intervalo entre as séries/ciclos, totalizando 3 séries/ciclos.

Já para o sistema de treinamento *bi-set*, foi empregada inicialmente uma resistência de 70% do 1-RM no exercício supino inclinado, onde repetições até a falha concêntrica foram realizadas. Em seguida, sem intervalo, os participantes realizaram repetições até a falha concêntrica no exercício supino reto, sob 70% do 1-RM. Este ciclo foi repetido 3 vezes, com 2 minutos de intervalo entre as séries/ciclos, totalizando 3 séries/ciclos.

Os sistemas de treinamento *drop-set* e *bi-set* foram testados em dias diferentes tanto no período pré- quanto pós-intervenção. Para cada um dos sistemas de treinamento testados, inicialmente cada sujeito realizou uma série de aquecimento de oito repetições utilizando-se 50% da resistência a ser utilizada inicialmente no teste. Após descanso de 2 minutos, foram realizadas três repetições a 70% da resistência a ser utilizada no teste. Todos os testes foram acompanhados por dois pesquisadores experientes e encorajamento verbal foi fornecido durante todas as séries.

2.6 AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS PSICOLÓGICAS

Respostas psicológicas, como a percepção subjetiva de esforço (PSE), foram avaliadas durante as sessões experimentais, após cada uma das séries dos testes de resistência de força, pré e pós-suplementação, utilizando a escala CR10. Todos os participantes receberam instruções padronizadas sobre como responder às escalas de PSE. Para a escala CR10, o valor '0' refere-se a 'absolutamente nenhum esforço', enquanto o valor '10' refere-se a um 'esforço máximo'.

A excitação sentida foi coletada nos mesmos momentos da PSE por meio de uma escala de excitação de 6 pontos (*felt arousal scale* - FAS), que classifica a excitação em categorias que variam de “baixa ativação” a “alta ativação”. As respostas afetivas foram obtidas por meio da escala de afeto de 11 pontos (*feeling scale* - FS), que expressa a bipolaridade entre prazer e desprazer sendo representada por -5 (“muito ruim”) a +5 (“muito bem”). Além disso, a motivação foi avaliada por meio de uma escala Likert de 10 pontos com dois descritores motivacionais opostos; a saber, 0 como “muito desmotivado” e 10 como “altamente motivado”.

2.7 CONTROLE DA DIETA E DOS TREINOS

Para a avaliação do consumo energético, de carboidratos, de proteína e de gordura na dieta, antes e após o período de intervenção, foram preenchidos diários alimentares em 3 dias não consecutivos, sendo um de fim de semana, para que a variação da ingestão que normalmente ocorre neste período constasse na avaliação. Os diários foram conferidos no momento de sua devolução e, caso alguma inconsistência fosse notada, o sujeito era indagado. O consumo energético e de macronutrientes foi analisado através do software



WebDiet™ (São Paulo, Brasil). O consumo alimentar foi analisado com vistas a monitorar possíveis interferências dessa variável sobre os desfechos primários.

Visando obter medidas nos testes de resistência de força para avaliar exclusivamente a ação da carnosina intramuscular, sem interferência da oscilação do volume total de treino (número de séries x número de repetições x carga), foi pedido para os participantes continuarem apenas com o treinamento de força e para eles reproduzirem o mesmo volume total que eles vinham praticando no último mês. Para monitorar esta variável, foi solicitado o registro do treinamento realizado pelos sujeitos anteriormente aos testes pré e durante a intervenção.

2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados quantitativa e visualmente em relação à normalidade (Shapiro-Wilk) e presença de outliers (box-plots), respectivamente, sendo apresentados como média \pm desvio-padrão. Um Teste-T não pareado foi utilizado para testar se existiam diferenças iniciais entre as condições experimentais nas variáveis 1-RM, número total de repetições e de consumo alimentar. Para avaliar o efeito das condições experimentais sobre as variáveis dependentes foi utilizado um modelo misto para medidas repetidas com dois fatores: 'grupo' (BA e PL) e 'tempo' (pré e pós-intervenção), sendo as variáveis o número total de repetições e aquelas relacionadas ao consumo alimentar. As variáveis psicológicas foram analisadas através de um modelo misto com 3 fatores: 'grupo' (BA e PL), 'tempo' (pré e pós-intervenção) e 'série' (série 1, série 2 e série 3). O Teste-T não pareado também foi empregado para analisar a magnitude das alterações (Pós-Pré) entre os grupos experimentais. Uma análise da covariância usando a pontuação do SETS foi empregada para determinar potencial influência da expectativa dos participantes sobre o delta de resultados. O Teste Exato de Fisher foi usado para comparar a proporção de acertos e erros dos participantes quanto ao grupo experimental que estavam. Para todas essas análises, caso um valor significativo de F fosse encontrado, um *post-hoc* de Tukey foi utilizado para comparações múltiplas. Além disso, o tamanho do efeito (TE) foi calculado para verificar a magnitude das alterações no número total de repetições entre o período pré e pós-intervenção para as condições experimentais, utilizando a seguinte classificação: <0.2 , efeito trivial; $0.2 - 0.49$, efeito pequeno; $0.50 - 0.79$, efeito moderado; >0.80 , efeito grande. Todos os dados foram analisados utilizando o pacote estatístico SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) e o nível de significância adotado foi $p < 0.05$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 DESEMPENHO FÍSICO

Não foi detectada diferença entre os grupos para o número total de repetições nos testes de resistência de força *drop-set* ($p=0.664$) ou *bi-set* ($p=0.777$) antes da suplementação. Uma interação significativa Grupo x Tempo foi observada no número total de repetições para os testes de resistência de força *drop-set* ($p=0.014$) e *bi-set* ($p=0.004$). Comparações *post-hoc* revelaram um efeito intragrupo significativo para BA nos testes de resistência de força *drop-set* ($p=0.009$, TE=0.74; Figura 1, Painel A) e *bi-set* ($p < 0.0001$, TE=0,98; Figura 1, Painel C), mas não para PL (respectivamente, $p=0.989$, TE=-0.06; e $p=0.406$, TE=0.01). A análise individual mostrou que 10 dos 12 participantes do grupo BA melhoraram o número total de repetições acima da variação nos testes *drop-set* (+5 repetições, +17.3%; Figura 1, Painel B) e *bi-set* (+6 repetições, +18.2%; Figura 1, Painel D). Paralelamente, 5 e 3 dos 10 participantes do grupo PL, respectivamente, melhoraram o desempenho no *drop-set* (-1 repetição; -0.98%) e *bi-set* (+2 repetições; +5.61%) acima da variação do teste.

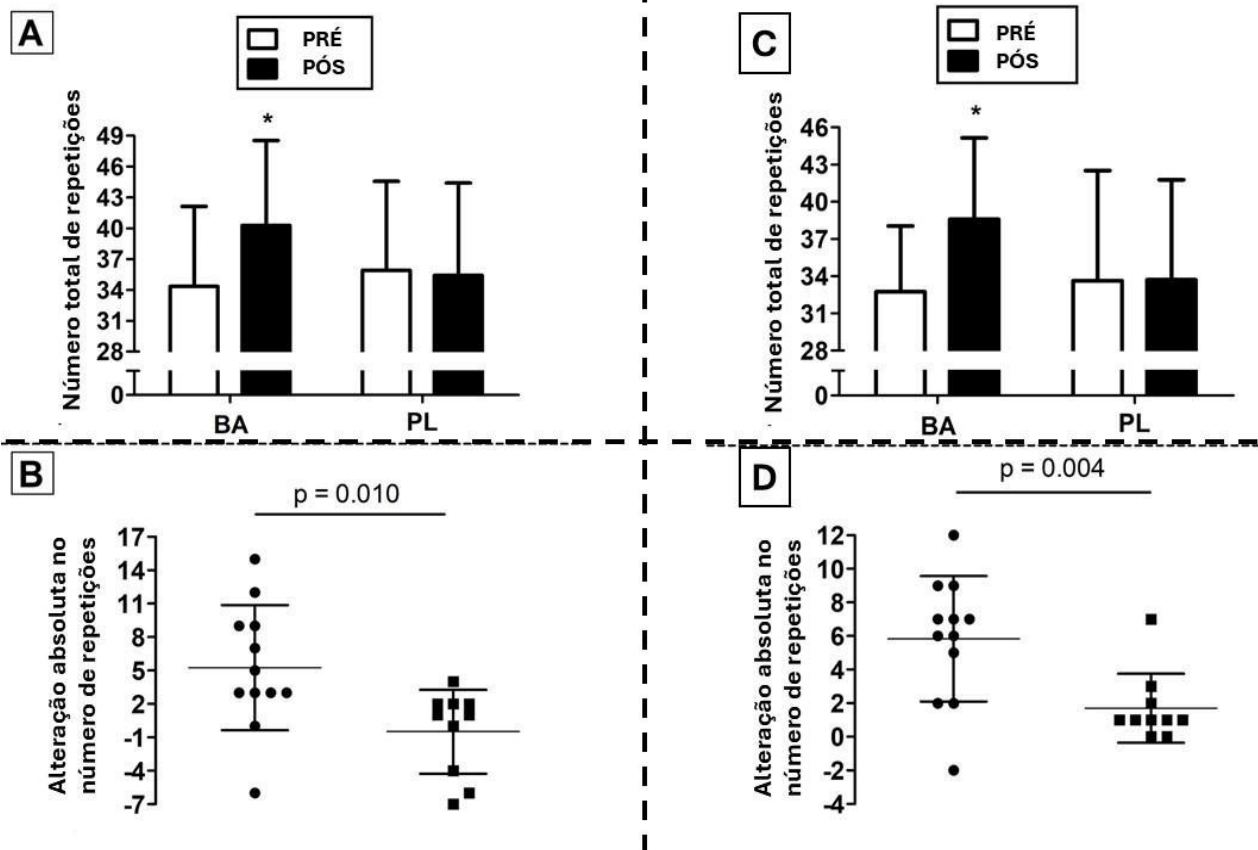


Figura 1. Painel A: número total de repetições realizadas antes (PRÉ) e depois (PÓS) da suplementação com β -alanina (BA) ou placebo (PL) no teste *drop-set*. **Painel B:** Alteração absoluta (PÓS-PRÉ) no número total de repetições realizadas no teste *drop-set* para os grupos β -alanina (BA) e placebo (PL). **Painel C:** número total de repetições realizadas antes (PRÉ) e depois (PÓS) da suplementação com β -alanina (BA) ou placebo (PL) no teste *bi-set*. **Painel D:** Alteração absoluta (PÓS-PRÉ) no número total de repetições realizadas no teste *bi-set* para os grupos β -alanina (BA) e placebo (PL).

Legenda: *Refere-se a um efeito intragrupo estatisticamente significativo ao nível $p < 0.05$.

3.2 RESPOSTAS PSICOLÓGICAS

Não foi observada interação significativa Grupo x Tempo x Série para a valência afetiva, excitação sentida ou motivação nos testes de resistência de força *drop-set* (respectivamente, $p=0.892$, $p=0.104$ e $p=0.064$) ou *bi-set* (respectivamente, $p=0.886$, $p=0.969$ e $p=0.705$). Um efeito principal significativo de 'Série' foi detectado para a PSE nos testes *drop-set* e *bi-set* (ambos, $p < 0.0001$), o que significa que a PSE aumentou significativamente entre as séries. No entanto, não foi detectada interação significativa Grupo x Tempo x Série para a PSE no *drop-set* ($p=0.223$) ou *bi-set* ($p=0.508$).

3.3 CONSUMO ALIMENTAR

Não foram detectadas diferenças significativas na ingestão de gordura, proteína, carboidrato ou calorias entre BA e PL durante o período de intervenção (todas as comparações, $p > 0.05$).

3.4 EFEITOS COLATERAIS, EFICÁCIA DO VENDAMENTO E EFEITOS DE EXPECTATIVA

Apenas 3 dos 12 participantes relataram parestesia leve com a suplementação de BA. Curiosamente, 1 participante que recebeu PL também relatou parestesia leve. Apenas 6 dos 12 participantes previram corretamente que estavam ingerindo BA, enquanto 4 dos



10 identificaram corretamente que estavam em PL. O Teste Exato de Fisher não revelou diferenças na proporção de identificação do suplemento entre os grupos ($p=0.391$). A análise de covariância mostrou que nem o desempenho do *drop-set* nem no *bi-set* foram significativamente influenciados pela expectativa negativa ($p=0.625$ e $p=0.389$, respectivamente) ou positiva ($p=0.528$ e $p=0.990$, respectivamente) relacionada à ingestão de BA.

Empregando uma metodologia transparente e rigorosa, foram apresentadas evidências imparciais de que a suplementação com BA aumenta a resistência isotônica de força, mas não influencia as respostas psicológicas em indivíduos com nível intermediário de treinamento resistido durante sessões de treinamento resistido simulando os modelos de treino *drop-set* e *bi-set*.

Estratégias nutricionais que permitam sustentar maiores volumes de treinamento com cargas comparáveis são especialmente valiosas, não apenas para atletas de força que buscam aprimorar o desempenho, mas também para indivíduos que buscam os benefícios mais amplos para a saúde associados ao aumento da força e do crescimento muscular (Sooneste et al., 2013). A suplementação com BA influenciou positivamente o número total de repetições completadas em ambos os testes de resistência de força conduzidos neste estudo. Esse efeito ergogênico é mais plausivelmente atribuído a uma maior capacidade de tamponamento intracelular, facilitada pelo aumento dos níveis musculares de carnosina (Artioli et al., 2010).

Por um lado, os achados da presente investigação contrastam com estudos recentes que relatam melhoras na resistência de força isométrica, mas não isotônica, entre homens jovens treinados (Bassinelo et al., 2018). Por outro lado, eles se alinham com outras pesquisas que demonstram aumento no volume de treinamento após a suplementação com BA (Hoffman et al., 2006, 2008a, 2008b). É importante notar que cada um desses estudos contém limitações metodológicas graves que prejudicam a avaliação precisa da suplementação com BA no desempenho em exercícios resistidos. Por exemplo, Hoffman et al. (2006) relataram que um regime combinado de BA e creatina levou a um maior volume de exercício em comparação com a creatina isoladamente, mas o efeito independente da BA não foi avaliado, desafiando conclusões claras sobre sua eficácia isolada. Em um estudo subsequente, o mesmo grupo observou que jogadores de futebol americano que suplementavam com BA realizaram um número maior de repetições no exercício supino em comparação com placebo (Hoffman et al., 2008a). Entretanto, a ausência de dados basais (pré-suplementação) impede discernir se as melhoras observadas foram devidas à BA ou a outras variáveis intervenientes (Hoffman et al. 2008a). Posteriormente, Hoffman et al. (2008b) relataram um número maior de repetições durante um exercício de agachamento com séries a 70% de 1-RM em participantes que receberam BA em comparação com aqueles que receberam placebo (Hoffman et al. 2008b). No entanto, esse estudo implementou um período de *washout* de 4 semanas; evidências mais recentes sugerem que esse é um período insuficiente para que os níveis de carnosina muscular retornem aos valores basais (Yamaguchi et al., 2021). Em contraste, Bassinelo et al. (2018) não encontraram efeito ergogênico da suplementação de BA durante testes de resistência de força isotônica direcionados à musculatura dos membros superiores e inferiores. Embora o estudo tenha incorporado certo controle metodológico, o protocolo de exercícios empregado não replicou adequadamente a complexidade das sessões de treinamento de força do 'mundo real', que normalmente envolvem uma gama diversificada de durações, intensidades, esquemas de repetição e intervalos de descanso. Essas variáveis são conhecidas por influenciar a acidose intramuscular. Notavelmente, nenhum dos estudos anteriores examinou o papel potencial dos efeitos da expectativa na modelagem dos efeitos ergogênicos da suplementação de BA durante exercícios resistidos. Dado que fatores como



experiência prévia com suplementação, habituação ou a intenção de usar um suplemento nutricional podem modular a responsividade ao placebo, tem sido recomendado que a expectativa do participante em relação à intervenção seja avaliada sistematicamente (De Salles Painelli et al., 2020). Se os indivíduos ingressarem em um estudo com fortes convicções — altas ou baixas — quanto à eficácia da BA como potencializadora do desempenho, essas expectativas podem influenciar de forma independente os resultados do desempenho. Assim, avaliar os níveis de expectativa pode ajudar a destrinchar os verdadeiros efeitos fisiológicos das mudanças de desempenho motivadas psicologicamente e fornecer uma interpretação mais detalhada das diferenças observadas entre as condições de BA e placebo.

Considerando as limitações mencionadas e a importância bem estabelecida do volume de exercício na otimização da força muscular e das adaptações hipertróficas ao treinamento resistido (Sooneste et al., 2013), o presente estudo foi projetado para minimizar as fontes de confusão e isolar os efeitos específicos da suplementação com BA. Para atingir esse objetivo, foi empregado um delineamento randomizado, controlado por placebo e de grupos paralelos; recrutou-se uma coorte homogênea de indivíduos com nível intermediário no treinamento resistido; controlou-se as mudanças no tipo e no volume de treinamento ao longo da intervenção; foi monitorada a ingestão alimentar; e foi avaliada a expectativa dos participantes em relação à suplementação. Além disso, os participantes foram submetidos a repetidas sessões de familiarização para os testes de resistência de força até que a variabilidade de desempenho entre os dias caísse abaixo de 7%, garantindo a confiabilidade e a consistência do teste. Por fim, selecionamos protocolos de exercícios resistido reconhecidos por provocar estresse metabólico substancial, aumentando, portanto, a probabilidade de melhora do desempenho por meio da ação de um agente tamponante como a BA. Essa abordagem objetiva, transparente e controlada nos permitiu atribuir com segurança as melhoras observadas na resistência da força em ambos os testes à suplementação com BA durante protocolos de exercícios que simulavam sessões de treinamento resistido *drop-set* e *bi-set*. Assim, os dados desta examinação sugerem que o nível de acidose metabólica induzido por esses protocolos foi de magnitude suficiente para limitar o desempenho físico, permitindo, assim, que a capacidade de tamponamento muscular aumentada, proporcionada pelos níveis elevados de carnosina intramuscular, exercesse um efeito ergogênico significativo.

Não foi identificado efeito da suplementação com BA nas respostas psicológicas, fato um tanto inesperado. Especula-se que o acúmulo de metabólitos intramusculares durante exercícios intensos pode ativar fibras nervosas aferentes dos grupos III e IV, influenciando, assim, o processamento cortical em regiões cerebrais como o córtex pré-frontal — áreas envolvidas na regulação emocional, PSE e tomada de decisão. Em teoria, ao aumentar a capacidade de tamponamento intramuscular por meio de níveis elevados de carnosina, a suplementação com BA deveria atenuar a ativação das fibras aferentes, potencialmente levando a respostas psicológicas aprimoradas durante o exercício. Curiosamente, os achados desta pesquisa oferecem suporte parcial a essa hipótese. Apesar dos participantes do grupo BA completarem um número maior de repetições, a PSE, a motivação, o afeto e a excitação emocional não foram significativamente diferentes daqueles do grupo placebo. Isso sugere que a suplementação com BA permitiu aos participantes sustentar níveis mais elevados de trabalho e esforço físico, mantendo um estado psicológico e emocional comparável ao do desempenho de menor esforço sob placebo. Nesse contexto, a BA pode contribuir para a melhora do desempenho físico sem exacerbar o estresse psicológico.

Uma limitação primária deste estudo foi a ausência de biópsias musculares para verificar diretamente os aumentos no conteúdo de carnosina muscular após a suplementação com BA. No entanto, a literatura existente demonstra consistentemente que



a suplementação com β -alanina em doses que variam de 1,6 a 6,4 g·dia⁻¹ ao longo de quatro semanas ou mais eleva de forma confiável a carnosina intramuscular em pelo menos 8 mmol·kg⁻¹ de músculo seco — um aumento aproximado de 40% (Artioli et al., 2010). De acordo com Harris et al. (2005), isso corresponde a um aumento estimado de 4% na capacidade de tamponamento do músculo inteiro e um aumento de 7% nas fibras musculares do tipo II. Dado que a magnitude das melhorias de desempenho observadas em nosso estudo está intimamente alinhada com os resultados de exercícios de investigações que empregaram biópsias musculares juntamente com a suplementação de BA, é razoável inferir que nosso protocolo de suplementação de β -alanina aumentou efetivamente os níveis de carnosina muscular, melhorando assim a capacidade de tamponamento intramuscular e contribuindo para os efeitos ergogênicos observados.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, a suplementação de BA aumentou efetivamente a resistência de força durante os protocolos de treinamento *drop-set* e *bi-set* em indivíduos jovens com nível intermediário de treinamento resistido, sem alterar as respostas psicológicas. Esses achados corroboram o uso estratégico de BA para aumentar os níveis intramusculares de carnosina, oferecendo um auxílio ergogênico prático para atletas e praticantes de treinamento resistido que incorporem os métodos *drop-set* e *bi-set* em seus programas de treinamento.

REFERÊNCIAS

- ARTIOLI, G.G.; GUALANO, B.; SMITH, A.; STOUT, J.; LANCHI, A.H. Jr. Role of beta-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 42, n. 6, p. 1162-1173, 2010.
- BASSINELLO, D.; DE SALLES PAINELLI, V.; DOLAN, E.; LIXANDRÃO, M.; CAJUEIRO, M.; DE CAPITANI, M.; SAUNDERS, B.; SALE, C.; ARTIOLI, G.G.; GUALANO, B.; ROSCHEL, H. Beta-alanine supplementation improves isometric, but not isotonic or isokinetic strength endurance in recreationally strength-trained young men. **Amino Acids**, v. 51, n. 1, p. 27-37, 2019.
- BROWN, L.E.; WEIR, J.P. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology**, v. 4, n. 3, p. 1-21, 2001.
- DEBOLD, E.P. Recent insights into the molecular basis of muscular fatigue. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 8, p. 1440-1452, 2012.
- DE SALLES PAINELLI, V.; ROSCHEL, H.; DE JESUS, F.; SALE, C.; HARRIS, R.C.; SOLIS, M.Y.; BENATTI, F.B.; GUALANO, B.; LANCHI, A.H.; ARTIOLI, G.G. The ergogenic effect of beta-alanine combined with sodium bicarbonate on high-intensity swimming performance. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 38, n. 5, p. 525-532, 2013.
- PAINELLI, V.S.; SAUNDERS, B.; SALE, C.; HARRIS, R.C.; SOLIS, M.Y.; ROSCHEL, H.; GUALANO, B.; ARTIOLI, G.G.; LANCHI JUNIOR, A.H. Influence of training status on high-intensity intermittent performance in response to β -alanine supplementation. **Amino Acids**, p. 1207-1215, 2014.



DE SALLES PAINELLI, V.; BRIETZKE, C.; FRANCO-ALVARENGA, P.E.; CANESTRI, R.; VINÍCIUS, Í.; PIRES, F.O. Comment on: "Caffeine and Exercise: What Next?". **Sports Medicine**, v. 50, n. 6, p. 1211-1218, 2020.

FINK, J.; SCHOENFELD, B.J.; KIKUCHI, N.; NAKAZATO, K. Effects of drop set resistance training on acute stress indicators and long-term muscle hypertrophy and strength. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 58, n. 5, p. 597–605, 2018.

GRGIC, J.; LAZINICA, B.; GAROFOLINI, A.; SCHOENFELD, B.J.; SANER, N.J.; MIKULIC, P. The effects of time of day-specific resistance training on adaptations in skeletal muscle hypertrophy and muscle strength: A systematic review and meta-analysis. **Chronobiology International**, v. 36, n. 4, p. 449-460, 2019.

HARRIS, R.C.; TALLON, M.J.; DUNNETT, M.; BOOBIS, L.; COAKLEY, J.; KIM, H.J.; FALLOWFIELD, J.L.; HILL, C.A.; SALE, C.; WISE, J.A. The absorption of orally supplied Beta-Alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. **Amino Acids**, v. 30, n. 3, p. 279-289, 2005.

HOFFMAN, J.; RATAMESS, N.; KANG, J.; MANGINE, G.; FAIGENBAUM, A.; STOUT, J. Effect of creatine and beta-alanine supplementation on performance and endocrine responses in strength/power athletes. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 16, n. 4, p. 430-446, 2006.

HOFFMAN, J., RATAMESS, N.A., ROSS, R., KANG, J.; MAGRELLI, J.; NEESE, K.; FAIGENBAUM, A.D.; WISE, J.A. Beta-alanine and the hormonal response to exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 12, p. 952-958, 2008. (a)

HOFFMAN, J.R.; RATAMESS, N.A.; FAIGENBAUM, A.D.; ROSS, R.; KANG, J.; STOUT, J.R.; WISE, J.A. Short-duration beta-alanine supplementation increases training volume and reduces subjective feelings of fatigue in college football players. **Nutrition research**, v. 28, n. 1, p. 31-35, 2008. (b)

SANTOS JUNIOR, E.R.T; DE SALLES, B.F.; DIAS, I.; RIBEIRO, A.S.; SIMÃO, R.; WILLARDSON, J.M. Classification and Determination Model of Resistance Training Status. **Strength and Conditioning Journal**, v. 43, n. 5, p 77-86, 2021.

SOONESTE, H.; TANIMOTO, M.; KAKIGI, R.; SAGA, N.; KATAMOTO, S. Effects of training volume on strength and hypertrophy in young men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 1, p. 8–13, 2013.

WEAKLEY, J.J.S.; TILL, K.; READ, D.B. The effects of traditional, superset, and tri-set resistance training structures on perceived intensity and physiological responses. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 9, p. 1877-1889, 2017.

YAMAGUCHI, G.C.; NEMEZIO, K.; SCHULZ, M.L.; NATALI, J.; CESAR, J.E.; RIANI, L.A.; GONÇALVES, L.S.; MÖLLER, G.B.; SALE, C.; DE MEDEIROS, M.H.G.; GUALANO, B.; ARTIOLI, G.G. Kinetics of Muscle Carnosine Decay after β -Alanine Supplementation: A 16-wk Washout Study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 53, n. 5, p. 1079-1088, 2021.