

Efeito da Suplementação com Creatina, Cafeína, Beta-alanina e Nitrato na Mulher Praticante de Exercício

Effect of Creatine, Caffeine, Beta-Alanine and Nitrate Supplementation for Woman that Exercise

Ana Beatriz Carvalho Alves

ORIENTADO POR: Dr^a Raquel Teixeira
COORIENTADO POR: Dr^a Maria Roriz

REVISÃO TEMÁTICA
I.º CICLO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO | UNIDADE CURRICULAR ESTÁGIO
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DA UNIVERSIDADE DO PORTO

TC

Porto, 2023



Resumo

A creatina (CR), a cafeína (CAF), a beta-alanina (BA) e o nitrato (NIT) são 4 dos suplementos ergogénicos mais conhecidos no mundo do desporto, devido aos seus efeitos benéficos no aumento do rendimento desportivo. Contudo, pouca atenção é dirigida à aplicabilidade na população feminina, sendo que a maior parte dos estudos sobre estes suplementos são feitos em homens. Assim, esta revisão narrativa tem como objetivo avaliar e sistematizar os potenciais efeitos da suplementação com CR, CAF, BA e NIT nas mulheres praticantes de exercício (MPE).

A suplementação com CR parece potenciar o desempenho desportivo e acelerar a recuperação, com doses de 3 a 5 g durante 4 semanas, não parecendo ser necessária uma fase de carga. A CAF mostra-se como o suplemento com mais evidências de benefício, sendo encontradas melhorias na resistência e força musculares com doses de 3 a 6 mg, 1 hora antes do exercício, de forma aguda. A BA e o NIT são os dois suplementos que mais controvérsias apresentam. Apesar disso, doses de 3 a 6 g durante 4 semanas de BA têm mostrado um aumento da carnosina muscular e um retardamento da fadiga muscular e doses de 6 mmol de NIT, 2 horas antes do início do exercício, de forma aguda, têm mostrado melhorias na performance através, essencialmente, da diminuição do custo de oxigénio em exercício submáximo.

Concluindo, todos estes suplementos carecem de mais estudos para consolidar a sua potencial aplicação na MPE, no entanto, à luz da evidência científica atual, os suplementos CR, CAF, BA e NIT parecem exercer uma ação ergogénica na MPE.

Palavras-Chave: Beta-alanina, cafeína, creatina, exercício, mulher, nitrato

Abstract

Creatine, caffeine, beta-alanine and nitrate are four of the most well-known ergogenic supplements in the sports world, due to their potential benefits on sports performance. However, little attention is directed towards their applicability in the female population, with most studies on these supplements being done on men. Thus, this thematic review aims to evaluate and systematize the potential effects of creatine, caffeine, beta-alanine and nitrate supplementation on female exercisers.

Creatine supplementation seems to enhance sport performance and speed up recovery, with doses of 3 to 5 g for 4 weeks, without the need for a loading phase. Caffeine is the supplement with the most evidence of improvements in endurance and muscle strength that are found with acute doses of 3 to 6 mg, 1 hour before exercise. Beta-alanine and nitrate are the two most controversial supplements. Nevertheless, doses of 3 to 6 g over 4 weeks of beta-alanine have shown an increase in muscle carnosine and a delay in muscle fatigue, and doses of 6 mmol of nitrate, 2 hours before the start of exercise, acutely, have shown improvements in performance through, essentially, decreased oxygen cost in submaximal exercise.

Finally, all these supplements need further studies to consolidate their potential application in woman that exercise, however, in light of current scientific evidence, the supplements creatine, caffeine, beta-alanine and nitrate seem to apply an ergogenic action in women that exercise.

Keywords: Beta-alanine, caffeine, creatine, exercise, nitrate, woman

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ATP - Adenosina Trifosfato

BA - Beta-alanina

CAF - Cafeína

CR - Creatina

MPE - Mulher praticante de exercício

NIT - Nitrato

Sumário

Resumo	i
Abstract	iii
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos	iv
Introdução	1
Metodologia.....	2
Desenvolvimento.....	2
Creatina.....	3
Cafeína	6
Beta-alanina.....	8
Nitrato	10
Análise Crítica	13
Conclusões	14
Referências	16

Introdução

A creatina (CR), a beta-alanina (BA), a cafeína (CAF) e o nitrato (NIT) são alguns dos suplementos ergogénicos mais utilizados por atletas e praticantes de exercício físico, com o objetivo de otimização da *performance* desportiva. A utilização destes suplementos por parte de atletas de elite ou amadores tem crescido exponencialmente ao longo das últimas décadas e a investigação sobre os mesmos também.^(1, 2)

Apesar do grande número de estudos sobre estes suplementos, observa-se que a maior parte é realizado exclusivamente na população do sexo masculino e, somente uma pequena parte, na população do sexo feminino ou com amostras de ambos os sexos. Desta forma, é necessário compreender de forma mais clara e concisa quais os efeitos destes suplementos, concretamente, na MPE, pois as diferenças entre ambos os sexos são inúmeras, nomeadamente, diferenças hormonais, que podem traduzir-se em divergências na eficácia dos suplementos e, conseqüentemente, no protocolo de suplementação a utilizar.^(1, 3, 4)

Ao longo da vida, as mulheres observam que o seu perfil hormonal e reprodutivo sofre modificações desde a puberdade até à menopausa. As concentrações circulantes de estrogénio e progesterona alteram-se e é na menopausa que ocorre uma queda das secreções destas hormonas, levando a um aumento do risco de lesão, perda de força, massa muscular e densidade mineral óssea, entre outros. Para além disto, o uso de anticoncecionais parece ainda resultar numa *performance* diminuída comparativamente a mulheres que menstruam de forma natural.⁽⁵⁻⁸⁾

Ao longo dos anos, tem-se observado um aumento considerável de mulheres praticantes de exercício, quer de alta competição, quer amador, sendo crucial

adaptar e personalizar as estratégias nutricionais, nomeadamente, na alimentação e suplementação, tendo em conta os fatores fisiológicos e anatómicos que são únicos da mulher e as características individuais de cada uma.^(1, 5, 9) Assim sendo, é necessário fornecer recomendações específicas relativas à suplementação ergogénica para as MPE contemplando, não só, a intensidade, a duração e a fase do treino, bem como as características fisiológicas da mulher.⁽³⁾

Tendo isto em conta, a presente revisão narrativa tem como objetivo sistematizar os principais conhecimentos sobre os efeitos dos suplementos ergogénicos, CR, CAF, BA e NIT na MPE.

Metodologia

Para a realização desta revisão narrativa foi realizada uma pesquisa da literatura científica nas bases de dados *PubMed* e *Scopus*. Os termos de pesquisa foram combinados com os operadores booleanos da seguinte forma: “Ergogenic supplements AND women OR woman OR female athlete”, “Performance AND women OR woman OR female athlete” “Ergogenic supplements AND exercise”, “Beta-alanine AND women OR woman OR female athlete AND exercise”, “Caffeine AND women OR woman OR female athlete AND exercise”, “Nitrate AND women OR woman OR female athlete AND exercise”, “Creatine AND women OR woman OR female athlete AND exercise” e “women OR woman OR female athlete AND exercise”. A pesquisa foi limitada a artigos publicados nos últimos 10 anos, em inglês e foram apenas incluídos ensaios clínicos randomizados, ensaios clínicos, meta-análises, revisões narrativas e revisões sistemáticas, sendo incluídos para esta revisão um total de 50 artigos. Foi utilizado o software “Endnote 20” para a gestão das referências bibliográficas e eliminação de duplicados.

Desenvolvimento

Creatina

A CR é um dos suplementos ergogénicos mais utilizados no mundo do desporto para otimizar a *performance* desportiva. É um composto de aminoácidos não proteicos que se forma endogenamente nos rins e no fígado, a partir de reações que envolvem a arginina, a glicina e a metionina e que se pode obter exogenamente através da ingestão de alimentos como a carne vermelha e o peixe.^(10, 11)

Cerca de 95% da CR encontra-se armazenada no músculo esquelético, sendo que a restante se encontra em órgãos como o cérebro. Cerca de 2% da CR intramuscular é degradada em creatinina e excretada na urina e, por isso, é necessário repor cerca de 1 a 3 gramas de CR por dia, através da ingestão alimentar, para manter as reservas normais.⁽¹⁰⁾

O principal papel metabólico da CR é a formação de fosfocreatina que, posteriormente, participa na ressíntese de adenosina trifosfato (ATP), sendo fundamental para a manutenção e renovação da energia celular. O efeito ergogénico no desempenho desportivo é atribuído à capacidade de prevenção da fadiga devido ao aumento das reservas musculares de fosfocreatina que, consequentemente, aumentam a renovação de ATP. Isto revela-se particularmente eficaz em atividades de alta intensidade e curta duração, com curtos períodos de repouso entre repetições, em que a suplementação com CR revelou melhorar significativamente a força e potência musculares, mas também em exercícios aeróbicos onde mostrou prevenir a fadiga em mulheres e melhorar a recuperação entre dias sucessivos de treino em atletas de resistência.^(3, 12, 13)

Existe um estigma global por parte das mulheres em relação à utilização da CR devido ao receio de aumento de peso. No entanto, este receio parece ser infundado, sendo que duas revisões de 2016 e 2021 concluíram que este fenómeno apenas pode acontecer de forma temporária, devido ao aumento da hidratação celular, especialmente quando a estratégia de suplementação inclui uma fase de carga com dosagens mais altas de CR, na ordem das 20 gramas por dia e quando é acompanhada de uma dose de hidratos de carbono de cerca de 1g/kg de peso corporal.^(11, 14) Para além disto, a CR é um suplemento seguro e eficaz para mulheres, sem risco de problemas secundários associados, quando tomada de acordo com as recomendações.^(5, 10, 11, 14, 15) Efetivamente, Atakan *et al* conduziram um estudo onde suplementaram jogadoras de futsal durante 7 dias com 0,25g/kg de CR por dia e onde observaram uma melhoria na velocidade, agilidade e força das pernas sem terem observado ganho de peso significativo.⁽¹⁶⁾

A população feminina apresenta taxas de síntese de CR cerca de 70 a 80 por cento inferiores à população masculina, sendo que a ingestão alimentar de CR em mulheres adultas é também inferior à dos homens, o que indica que, teoricamente, pode ser mais benéfico suplementar mulheres com CR para aumentar as reservas endógenas da mesma.^(5, 12) Ainda assim, as mulheres podem apresentar concentrações de CR intramuscular em repouso mais elevadas do que os homens (cerca de 10%), possivelmente devido a uma menor massa muscular esquelética. Em teoria, este dado pode explicar o facto da eficácia da suplementação com CR ser relativamente menor em alguns estudos com mulheres, comparativamente aos homens.^(11, 17) De facto, dois estudos conduzidos por Forbes *et al* e por Kresta *et al* não encontraram diferenças significativas com doses de carga de 0,3g/kg durante 3 dias e 1 semana respetivamente, seguido de 0,1g/kg

de manutenção durante 23 dias e 2 semanas respetivamente, nos níveis de carnosina muscular, parâmetros da composição corporal, potência média no treino e potência no sprint repetido relativamente ao placebo. *Kresta et al* utilizaram uma amostra de mulheres moderadamente ativas, no entanto não tiveram em conta a fase do ciclo menstrual ou a toma de anticoncecionais desta população. Por outro lado, *Forbes et al* tiveram em conta estas informações, porém, utilizaram uma amostra de mulheres que não eram fisicamente ativas e aliaram a suplementação a um programa de treino intervalado de alta intensidade (Hiit), sendo que não utilizaram um grupo controlo que não estivesse neste programa. Assim, a realização do treino Hiit por parte desta população não ativa pode ter atenuado as melhorias com a suplementação de CR de forma isolada.^(17, 18)

Parece que a biodisponibilidade de CR e a eficácia da sua suplementação podem estar comprometidas consoante a fase do ciclo menstrual ou do ciclo de vida da mulher, uma vez que os níveis de creatina quinase, enzima associada à síntese de CR, diminuem ao longo do ciclo menstrual e com o aumento da idade, o que pode comprometer a síntese desta substância.⁽¹¹⁾ Uma revisão recente concluiu que a suplementação com CR revela-se eficaz nas MPE amador ou de elite, com especial ênfase nas mulheres em pré menopausa, onde a CR mostrou melhorar o funcionamento do músculo esquelético, a força e o desempenho físico, bem como a cognição, sobretudo quando conjugada com um programa de treino de resistência.^(5, 11, 14, 16)

A CR pode também ser particularmente interessante para mulheres que praticam exercícios repetidos, de alta intensidade e curta duração como o basquetebol, futebol e voleibol, onde mostrou melhorar a *performance*, nomeadamente na velocidade de sprint, potência de salto, agilidade e força

muscular, mostrando ainda conseguir acelerar a recuperação entre dias consecutivos de treino.^(2, 5, 10, 14, 16) De facto, num estudo conduzido em 2016, Ramirez-Campillo *et al* observaram melhorias significativas na *performance* física em treino pliométrico em jogadoras amadoras de futebol, quando suplementadas com 20g diárias de CR dividida em 4 doses durante uma semana e de seguida com 5g diárias durante 5 semanas, comparativamente ao placebo.⁽¹⁹⁾

As recomendações de ingestão de CR, com doses seguras e que parecem demonstrar a melhor eficácia em mulheres são de 3 a 5 gramas por dia, durante 4 semanas, com cerca de 20g de hidratos de carbono simples. Não parece ser necessária uma fase de carga de 20 gramas por dia durante 7 dias, se a mulher tiver pelo menos 30 dias para atingir os seus objetivos de performance e composição corporal, reduzindo, deste modo, algum risco de ganho temporário de peso indesejado, devido à possível retenção de água. ^(3, 5, 10)

Cafeína

A CAF é dos suplementos mais estudados nas mulheres e onde se tem conseguido obter mais consenso sobre o protocolo de suplementação a utilizar e eficácia do suplemento. Ainda assim, é observado que a toma de contraceptivos orais parece prolongar a semi-vida da CAF, pelo que é relevante ter isso em conta quando se suplementa mulheres nestas condições.^(1, 20)

A CAF é um estimulante do sistema nervoso central, sendo utilizado como auxiliar ergogénico, quer em exercícios de resistência, quer em exercícios intermitentes, uma vez que melhora a *performance* em exercícios aeróbicos e anaeróbicos. A CAF é antagonista dos recetores de adenosina, aumentando a libertação de neurotransmissores estimulantes, o que se traduz numa maior tolerância à exaustão muscular, redução da fadiga física e mental e de uma

redução da percepção de esforço. Está ainda em estudo a possibilidade da CAF poder alterar a preferência da utilização do substrato energético durante o exercício, promovendo a utilização de ácidos gordos ao invés do glicogénio, poupando reservas do mesmo, prolongando a sua depleção.^(1, 20-22)

A ingestão de CAF tem essencialmente um efeito ergogénico significativo na resistência e força musculares, particularmente na capacidade de executar *sprints* repetidos, distância total de corrida, potência do salto e tempo necessário até à fadiga. Estes efeitos são benéficos, uma vez que possibilitam a MPE treinar a intensidades mais elevadas e por períodos mais longos, permitindo ainda uma maior proteção contra lesões resultantes de fadiga muscular.^(3, 20, 23-25) Num ensaio clínico randomizado, conduzido em 2016 por Ali *et al*, concluiu-se que a suplementação com 6 mg/kg de CAF aumentou a força e potência excêntrica, comparativamente com o placebo, em mulheres praticantes de desportos de equipa (futebol, hóquei e andebol) que estavam a tomar o mesmo contraceptivo oral.⁽²⁰⁾ Uma meta-análise de 2021 sobre os efeitos da suplementação aguda com cafeína na resistência e força musculares em mulheres corrobora estes resultados, uma vez que concluiu que a CAF aumenta a resistência e força musculares nesta população. Levanta apenas algumas dúvidas quanto à eficácia deste suplemento especificamente na parte inferior do corpo, relativamente ao aumento da força e resistência musculares. No entanto, a falta de estudos a avaliar esta zona do corpo de forma isolada, pode ser motivo para a falta de significado estatístico.⁽²²⁾

A dosagem recomendada de CAF é variável, uma vez que existe uma elevada variabilidade na sensibilidade à CAF. A resposta à CAF é extremamente individual, dependendo de inúmeros fatores como a genética, habituação e uso de medicamentos como anticoncecionais. Por estes motivos, uma abordagem

personalizada será sempre a melhor opção para que se perceba qual a dosagem ideal.⁽²³⁾ Apesar desta variabilidade individual existente, as doses que têm demonstrado resultados mais consistentes são de 3 a 6 mg/kg de CAF, ingerida cerca de 1 hora antes do exercício, de forma aguda. ^(3, 20, 23, 26) De facto Pérez-López *et al* testaram a ingestão de 3mg/kg de CAF, 1 hora antes de realizarem os testes, em 13 jogadoras elite de voleibol num estudo duplamente cego e verificaram uma melhoria da altura do salto, diminuição do tempo para completar um teste de agilidade e um aumento da *performance* num jogo de voleibol simulado, nomeadamente num aumento das ações classificadas como bem sucedidas durante o jogo. ⁽²⁷⁾ Em conformidade com este estudo, A Fett *et al* avaliaram a ingestão de 6mg/kg de CAF, 30 minutos antes de realizarem testes de força e tolerância à exaustão em mulheres jovens treinadas, concluindo que a ingestão de CAF melhorou a força muscular e a tolerância à exaustão, comparativamente ao placebo.⁽²³⁾

A dosagem de 3 a 6mg/kg tem mostrado ser segura em mulheres saudáveis, embora a existência de alguns efeitos secundários indesejáveis como ansiedade e insónias esteja sempre dependente da variabilidade individual, já referida. Doses mais elevadas de CAF como, por exemplo, de 9mg/kg já foram testadas e mostram estar associadas a uma alta taxa de incidência de efeitos adversos, tais como perturbações no sono ou sensação de ansiedade, sendo que a relação custo-benefício não é favorável, uma vez que não demonstram ser mais eficazes do que a dosagem de 3 a 6mg/kg, referida anteriormente. ^(21, 28)

Beta-alanina

A BA é o precursor que limita a taxa de síntese de carnosina, um dipeptídeo composto por BA e histidina. A carnosina encontra-se armazenada no músculo

esquelético e serve como tampão do pH das fibras musculares. Assim, durante exercícios de alta intensidade onde existe produção de lactato, que provoca a acumulação de iões H^+ e consequente diminuição do pH muscular que pode levar à fadiga, a carnosina muscular tem capacidade de a retardar. A BA é produzida endogenamente no fígado e pode ser obtida através da ingestão de alguns alimentos como carne e peixe. ^(1, 3, 29-32)

Uma vez que a BA atua na melhoria da capacidade de tamponamento muscular, este suplemento é principalmente útil em atividades limitadas pela acidose, geralmente realizadas num curto espaço de tempo, de 2 a 4 minutos. ^(30, 32) Os estudos em mulheres são bastante controversos em termos de resultados e dosagens utilizadas, sendo possível perceber que as mulheres precisam de menos BA, para o mesmo aumento de carnosina muscular, do que os homens. ^(18, 31, 33) Rosa *et al* demonstraram que a BA foi capaz de aumentar as repostas adaptativas na resistência e no desempenho repetitivo de sprint e de salto em jogadoras femininas de futebol com 4,8g de BA por dia, dividida em 6 doses, durante 6 semanas. ⁽³⁰⁾ Os dados de Rodríguez *et al* são concordantes, uma vez que verificaram uma melhor *performance* em relação à potência e pico máximo do sprint repetido em jogadoras de futebol universitárias, com uma suplementação de 2,4g de BA por dia durante 30 dias. ⁽³⁴⁾ Por outro lado, Ribeiro *et al* não conseguiram encontrar diferenças significativas no teste YoYo e no sprint repetido entre o placebo e uma dose de 6,5g de BA por dia, durante 3 semanas, em jogadoras profissionais de futebol, embora a curta duração no protocolo de suplementação e o facto de se encontrarem em pré-época com intensidades de treino muito elevadas possam ter contribuído para a falta de eficácia da suplementação. ⁽³⁵⁾ Outro estudo mostrou que a suplementação com uma dose mais

baixa, de 3,4g de BA por dia durante 8 semanas, também não mostrou ter benefícios adicionais em mulheres universitárias não treinadas. O facto destas mulheres estarem a executar, adicionalmente, um programa de treino de resistência pode ter tido um impacto maior do que a suplementação, anulando qualquer efeito da BA, sendo difícil isolar o efeito da suplementação e retirar conclusões.⁽²⁹⁾

Uma meta-análise publicada em 2022 sugere que apesar dos resultados serem um pouco controversos, a suplementação com BA pode levar a maiores adaptações funcionais, uma vez que tem a capacidade de retardar o início da fadiga através do aumento de carnosina muscular e da sua capacidade tampão. Apesar de muitas vezes os estudos em mulheres não observarem efeitos diretos no exercício, o atraso do início da fadiga e a diminuição da perceção de esforço, proporcionam treinos mais longos e de melhor qualidade que conduzem a mais adaptações fisiológicas.⁽¹⁾

Conclui-se que, apesar de alguma controvérsia e da necessidade de mais estudos que isolem o efeito da BA, este suplemento pode servir como uma ajuda ergogénica em MPE com doses de 3 a 6g/dia, durante pelo menos 4 semanas, para que exista um aumento da carnosina muscular. Até à data, não há relatos de riscos para mulheres, sendo que o único efeito secundário relatado é a parestesia, que pode ser atenuada através da divisão da dose diária ao longo do dia em doses mais pequenas ou da utilização de fórmulas de libertação lenta e prolongada.^(1, 3, 32)

Nitrato

Nos últimos anos, o interesse pelo NIT como suplemento desportivo tem vindo a crescer, sendo que este está presente de forma natural em vegetais de

folha verde, e raízes como a beterraba, o espinafre e a rúcula. Após entrar no organismo, o NIT sofre redução sequencial a nitrito e, posteriormente, a óxido nítrico através de uma via independente de oxigénio, facilitada pelas bactérias anaeróbias residentes na cavidade oral. O óxido nítrico é um radical livre com capacidade de estimular a vasodilatação, melhorando o fornecimento de oxigénio e substrato aos músculos. Para além disto, o NIT mostrou ainda melhorar a eficiência mitocondrial e da contratilidade do músculo e aumentar a eficiência do acoplamento excitação-contração.^(1, 36-39)

Estes efeitos associados ao NIT demonstram que o suplemento pode ter interesse para praticantes de desporto, melhorando a utilização de oxigénio quer em exercícios aeróbicos como anaeróbicos.^(1, 40) A ingestão de aproximadamente 250 a 500g de vegetais de folha verde e/ou raízes poderia ser suficiente para atingir os objetivos de uma MPE, no entanto, a suplementação pode ser uma forma mais confortável de os atingir, no dia da competição.⁽³⁷⁾

Apesar deste potencial, uma revisão recente, realizada por Wickham *et al*, salienta que ainda existe uma grande lacuna nos estudos que utilizam amostras femininas e que avaliam as flutuações hormonais ao longo do ciclo menstrual.⁽³⁶⁾ Adicionalmente a esta característica específica do sexo feminino, são ainda observadas diferenças no que se refere à capacidade de reduzir NIT a nitrito, onde as mulheres demonstram ter uma melhor capacidade que os homens, apesar de não existirem diferenças na composição da microbiota oral entre ambos os sexos. Adicionalmente, a concentração plasmática de nitrito é mais elevada na população feminina.^(36, 41) As mulheres demonstram também ter uma menor pressão sistólica e diastólica em repouso, comparativamente aos homens, apresentando reduções menos acentuadas em ambas as pressões após

suplementação com NIT. Estas diferenças podem ser indicativas da necessidade de estratégias de dosagem diferentes para mulheres e da possibilidade de existência de respostas díspares em relação à suplementação.^(36, 42)

Lowings et al sugeriram que a suplementação com NIT em mulheres parece ser mais eficaz quando a disponibilidade de oxigénio é restrita⁽⁴³⁾ e *Peeling et al* mostraram uma melhoria significativa na utilização de oxigénio e na *performance* em 5 atletas femininas de caiaque com uma suplementação aguda de 9,6 mmol de NIT, 2 horas antes do exercício.⁽⁴⁴⁾ Em concordância com este último estudo, *Wylie et al* conduziram um estudo com uma amostra de 34 mulheres fisicamente ativas demonstrando que a ingestão aguda de 6 mmol de NIT diminui o custo de oxigénio em exercício submáximo.⁽⁴⁵⁾

Por outro lado, existem estudos que relatam a falta de eficácia, como o caso de um estudo conduzido por *Wickhaman et al* que não encontrou diferenças significativas no consumo de oxigénio em exercício submáximo e no desempenho em teste em contra-relógio em mulheres fisicamente ativas, utilizando suplementação crónica durante 8 dias de 26 mmol de NIT.⁽³⁸⁾ *Buck et al* também não encontraram diferenças significativas após a suplementação aguda de 13 atletas femininas, praticantes de desportos de equipa, com 6 mmol de NIT, 3 horas antes do exercício, no *sprint* repetido.⁽⁴⁶⁾

A maior parte dos estudos que não encontraram resultados positivos com a suplementação de NIT foram realizados em atletas femininas de elite, muito bem treinadas. Estes dados podem refletir que a suplementação com NIT se torna mais interessante em MPE recreativo.^(36, 47)

Parece não ser necessário fazer suplementação crónica de NIT, salvaguardando que a suplementação aguda não é feita a menos de 2 horas do

começo do exercício, uma vez que, dessa forma, não existe tempo suficiente para a conversão do NIT a óxido nítrico. Doses de 6 mmol aplicadas de forma aguda parecem suficientes para que exista um aumento da concentração plasmática de nitrito.^(37, 45)

Em termos de segurança, o NIT foi alvo de alguma controvérsia durante algum tempo devido à sua possível associação com o risco de alguns tipos de cancro.⁽³⁶⁾ Apesar disto, atualmente, uma dieta rica em NIT é associada ao oposto e está correlacionada com uma melhor saúde, uma vez que o NIT se encontra essencialmente em hortícolas e estes associam-se a inúmeros benefícios que se sobrepõem aos potenciais riscos da exposição aos NIT. Assim, é aconselhado que as MPE tenham uma dieta rica em fontes de NIT e que a suplementação com o mesmo seja feita de forma aguda, uma vez que assegura os efeitos da suplementação na prática desportiva, não comprometendo potenciais efeitos adversos.⁽⁴⁸⁻⁵⁰⁾

Análise crítica

Esta revisão teve como objetivo apresentar algumas das principais conclusões passíveis de retirar acerca da suplementação oral com CR, CAF, BA e NIT, em contexto desportivo, em MPE. O foco da comunidade científica tem sido, sobretudo, nos efeitos destas substâncias em populações masculinas, uma vez que a mulher ainda se encontra em ascensão no mundo do desporto, pelo que a evidência na população feminina é muito limitada. O número de estudos que abordam os tópicos apresentados no presente documento é ainda relativamente limitado e com metodologias pouco robustas que não contemplam, muitas vezes, por exemplo, as fases do ciclo menstrual da mulher. Para além disso, a heterogeneidade de metodologia e dos protocolos de suplementação dificulta a

comparação entre estudos e a sumarização de conclusões. Futuramente, deverão ser realizados estudos em que se defina uma metodologia capaz de avaliar o ciclo hormonal, de isolar grupos musculares específicos e de controlar a alimentação da amostra.

Existe evidência emergente de que a CR, a CAF, a BA e o NIT são suplementos que podem ser úteis para a melhoria do desempenho físico na MPE, com especial ênfase e maior anuência para a CR e a CAF. Apesar disto, são necessários mais estudos, bem conduzidos, para que possa existir um consenso sobre quais os suplementos com mais pertinência na MPE, tendo em conta os seus objetivos e necessidades individuais.

Conclusões

A suplementação oral com os suplementos de CR, BA, CAF e NIT parece ter um potencial ergogénico para a melhoria do desempenho físico em MPE. Os estudos indicam que a CR pode melhorar significativamente a força e potência musculares, para além de acelerar a velocidade de recuperação em MPE, com doses de 3 a 5 g por dia durante 4 semanas, sem aumento de peso significativo. A CAF parece ser o suplemento com mais evidências, melhorando a resistência e força musculares com doses de 3 a 6mg/kg, 1 hora antes da prática desportiva, sendo necessários mais estudos para avaliar os efeitos na parte inferior do corpo, de forma isolada. A BA mostra-se como um suplemento capaz de retardar o início da fadiga muscular, com doses de 3 a 6 g por dia durante pelo menos 4 semanas, para que exista um aumento de carnosina muscular significativo, embora seja um suplemento com muitas lacunas na literatura. Por fim, o NIT parece ser um suplemento que necessita de mais evidência, a par da BA, mostrando, no entanto, potencial para melhorar a performance com doses agudas de cerca de 6 mmol em

mulheres, através da redução do custo de oxigénio em exercício submáximo, sendo também recomendada uma dieta rica em alimentos fornecedores de NIT.

Apesar destas conclusões, mais estudos e de melhor qualidade são necessários para reforçar as descobertas feitas até aos dias de hoje e consolidar quais os suplementos que devem realmente ser utilizados em MPE, considerando toda a fisiologia da mulher.

Referências

1. Murphy MJ, Rushing BR, Sumner SJ, Hackney AC. Dietary Supplements for Athletic Performance in Women: Beta-Alanine, Caffeine, and Nitrate. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2022; 32(4):311-23.
2. López-Torres O, Rodríguez-Longobardo C, Capel-Escoriza R, Fernández-Elías VE. Ergogenic Aids to Improve Physical Performance in Female Athletes: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Nutrients.* 2022; 15(1)
3. Rossi KA. Nutritional Aspects of the Female Athlete. *Clin Sports Med.* 2017; 36(4):627-53.
4. Dobrowolski H, Karczemna A, Włodarek D. Nutrition for Female Soccer Players-Recommendations. *Medicina (Kaunas).* 2020; 56(1)
5. Smith-Ryan AE, Cabre HE, Eckerson JM, Candow DG. Creatine Supplementation in Women's Health: A Lifespan Perspective. *Nutrients.* 2021; 13(3)
6. Elliott-Sale KJ, Minahan CL, de Jonge X, Ackerman KE, Sipilä S, Constantini NW, et al. Methodological Considerations for Studies in Sport and Exercise Science with Women as Participants: A Working Guide for Standards of Practice for Research on Women. *Sports Med.* 2021; 51(5):843-61.
7. Elliott-Sale KJ, McNulty KL, Ansdell P, Goodall S, Hicks KM, Thomas K, et al. The Effects of Oral Contraceptives on Exercise Performance in Women: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.* 2020; 50(10):1785-812.
8. Grindler NM, Santoro NF. Menopause and exercise. *Menopause.* 2015; 22(12):1351-8.
9. de Borja C, Chang CJ, Watkins R, Senter C. Optimizing Health and Athletic Performance for Women. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2022; 15(1):10-20.
10. Kreider RB, Kalman DS, Antonio J, Ziegenfuss TN, Wildman R, Collins R, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017; 14:18.
11. Antonio J, Candow DG, Forbes SC, Gualano B, Jagim AR, Kreider RB, et al. Common questions and misconceptions about creatine supplementation: what does the scientific evidence really show? *J Int Soc Sports Nutr.* 2021; 18(1):13.
12. Ellery SJ, Walker DW, Dickinson H. Creatine for women: a review of the relationship between creatine and the reproductive cycle and female-specific benefits of creatine therapy. *Amino Acids.* 2016; 48(8):1807-17.
13. Muccini AM, Tran NT, de Guingand DL, Philip M, Della Gatta PA, Galinsky R, et al. Creatine Metabolism in Female Reproduction, Pregnancy and Newborn Health. *Nutrients.* 2021; 13(2)
14. Eckerson JM. Creatine as an Ergogenic Aid for Female Athletes. *Strength & Conditioning Journal.* 2016; 38(2):14-23.
15. de Guingand DL, Palmer KR, Snow RJ, Davies-Tuck ML, Ellery SJ. Risk of Adverse Outcomes in Females Taking Oral Creatine Monohydrate: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.* 2020; 12(6)
16. Atakan MM, Karavelioğlu MB, Harmancı H, Cook M, Bulut S. Short term creatine loading without weight gain improves sprint, agility and leg strength performance in female futsal players. *Science & Sports.* 2019; 34(5):321-27.
17. Forbes SC, Sletten N, Durrer C, Myette-Côté É, Candow D, Little JP. Creatine Monohydrate Supplementation Does Not Augment Fitness, Performance, or Body Composition Adaptations in Response to Four Weeks of High-Intensity

Interval Training in Young Females. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017; 27(3):285-92.

18. Kresta JY, Oliver JM, Jagim AR, Fluckey J, Riechman S, Kelly K, et al. Effects of 28 days of beta-alanine and creatine supplementation on muscle carnosine, body composition and exercise performance in recreationally active females. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014; 11(1):55.

19. Ramírez-Campillo R, González-Jurado JA, Martínez C, Nakamura FY, Peñailillo L, Meylan CM, et al. Effects of plyometric training and creatine supplementation on maximal-intensity exercise and endurance in female soccer players. *J Sci Med Sport.* 2016; 19(8):682-7.

20. Ali A, O'Donnell J, Foskett A, Rutherford-Markwick K. The influence of caffeine ingestion on strength and power performance in female team-sport players. *J Int Soc Sports Nutr.* 2016; 13:46.

21. Guest NS, VanDusseldorp TA, Nelson MT, Grgic J, Schoenfeld BJ, Jenkins NDM, et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2021; 18(1):1.

22. Grgic J, Del Coso J. Ergogenic Effects of Acute Caffeine Intake on Muscular Endurance and Muscular Strength in Women: A Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 18(11)

23. Fett CA, Aquino NM, Schantz Junior J, Brandão CF, de Araújo Cavalcanti JD, Fett WC. Performance of muscle strength and fatigue tolerance in young trained women supplemented with caffeine. *J Sports Med Phys Fitness.* 2018; 58(3):249-55.

24. Lee CL, Cheng CF, Astorino TA, Lee CJ, Huang HW, Chang WD. Effects of carbohydrate combined with caffeine on repeated sprint cycling and agility performance in female athletes. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014; 11:17.

25. Lara B, González Millán C, Salinero J, Abián-Vicén J, Areces F, Barbero-Álvarez J, et al. Caffeine-containing energy drink improves physical performance in female soccer players. *Amino acids.* 2014; 46

26. Potgieter S, Wright HH, Smith C. Caffeine Improves Triathlon Performance: A Field Study in Males and Females. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018; 28(3):228-37.

27. Pérez-López A, Salinero JJ, Abian-Vicen J, Valadés D, Lara B, Hernandez C, et al. Caffeinated energy drinks improve volleyball performance in elite female players. *Med Sci Sports Exerc.* 2015; 47(4):850-6.

28. Wikoff D, Welsh BT, Henderson R, Brorby GP, Britt J, Myers E, et al. Systematic review of the potential adverse effects of caffeine consumption in healthy adults, pregnant women, adolescents, and children. *Food Chem Toxicol.* 2017; 109(Pt 1):585-648.

29. Outlaw JJ, Smith-Ryan AE, Buckley AL, Urbina SL, Hayward S, Wingfield HL, et al. Effects of B-Alanine on Body Composition and Performance Measures in Collegiate Women. *J Strength Cond Res.* 2016; 30(9):2627-37.

30. Rosas F, Ramírez-Campillo R, Martínez C, Caniuqueo A, Cañas-Jamet R, McCrudden E, et al. Effects of Plyometric Training and Beta-Alanine Supplementation on Maximal-Intensity Exercise and Endurance in Female Soccer Players. *J Hum Kinet.* 2017; 58:99-109.

31. Glenn JM, Smith K, Moyen NE, Binns A, Gray M. Effects of Acute Beta-Alanine Supplementation on Anaerobic Performance in Trained Female Cyclists. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo).* 2015; 61(2):161-6.

32. Trexler ET, Smith-Ryan AE, Stout JR, Hoffman JR, Wilborn CD, Sale C, et al. International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. *J Int Soc Sports Nutr.* 2015; 12:30.
33. Stegen S, Bex T, Vervaet C, Vanhee L, Achten E, Derave W. β -Alanine dose for maintaining moderately elevated muscle carnosine levels. *Med Sci Sports Exerc.* 2014; 46(7):1426-32.
34. Rodríguez Rodríguez F, Delgado Ormeño A, Rivera Lobos P, Tapia Aranda V, Cristi-Montero C. [Effects of β -alanine supplementation on wingate tests in university female footballers]. *Nutr Hosp.* 2014; 31(1):430-5.
35. Ribeiro R, Duarte B, Guedes da Silva A, Ramos GP, Rossi Picanço A, Penna EM, et al. Short-Duration Beta-Alanine Supplementation Did Not Prevent the Detrimental Effects of an Intense Preparatory Period on Exercise Capacity in Top-Level Female Footballers. *Front Nutr.* 2020; 7:43.
36. Wickham KA, Spriet LL. No longer beeting around the bush: a review of potential sex differences with dietary nitrate supplementation (1). *Appl Physiol Nutr Metab.* 2019; 44(9):915-24.
37. Macuh M, Knap B. Effects of Nitrate Supplementation on Exercise Performance in Humans: A Narrative Review. *Nutrients.* 2021; 13(9)
38. Wickham KA, McCarthy DG, Pereira JM, Cervone DT, Verdijk LB, van Loon LJC, et al. No effect of beetroot juice supplementation on exercise economy and performance in recreationally active females despite increased torque production. *Physiol Rep.* 2019; 7(2):e13982.
39. Porcelli S, Pugliese L, Rejc E, Pavei G, Bonato M, Montorsi M, et al. Effects of a Short-Term High-Nitrate Diet on Exercise Performance. *Nutrients.* 2016; 8(9)
40. Jones AM, Thompson C, Wylie LJ, Vanhatalo A. Dietary Nitrate and Physical Performance. *Annu Rev Nutr.* 2018; 38:303-28.
41. Kapil V, Rathod KS, Khambata RS, Bahra M, Velmurugan S, Purba A, et al. Sex differences in the nitrate-nitrite-NO($\bullet$) pathway: Role of oral nitrate-reducing bacteria. *Free Radic Biol Med.* 2018; 126:113-21.
42. Pospieszna B, Wochna K, Jerszyński D, Gościnną K, Czapki J. Ergogenic effect of dietary nitrates in female swimmers. 2016
43. Lowings S, Shannon OM, Deighton K, Matu J, Barlow MJ. Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Swimming Performance in Trained Swimmers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017; 27(4):377-84.
44. Peeling P, Cox GR, Bullock N, Burke LM. Beetroot Juice Improves On-Water 500 M Time-Trial Performance, and Laboratory-Based Paddling Economy in National and International-Level Kayak Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2015; 25(3):278-84.
45. Wylie LJ, Ortiz de Zevallos J, Isidore T, Nyman L, Vanhatalo A, Bailey SJ, et al. Dose-dependent effects of dietary nitrate on the oxygen cost of moderate-intensity exercise: Acute vs. chronic supplementation. *Nitric Oxide.* 2016; 57:30-39.
46. Buck CL, Henry T, Guelfi K, Dawson B, McNaughton LR, Wallman K. Effects of sodium phosphate and beetroot juice supplementation on repeated-sprint ability in females. *Eur J Appl Physiol.* 2015; 115(10):2205-13.
47. Senefeld JW, Wiggins CC, Regimbal RJ, Dominelli PB, Baker SE, Joyner MJ. Ergogenic effect of nitrate supplementation: A systematic review and meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2020; 52(10):2250-61.

48. Xie L, Mo M, Jia HX, Liang F, Yuan J, Zhu J. Association between dietary nitrate and nitrite intake and sitespecific cancer risk: evidence from observational studies. *Oncotarget*. 2016; 7(35):56915-32.
49. Said Abasse K, Essien EE, Abbas M, Yu X, Xie W, Sun J, et al. Association between Dietary Nitrate, Nitrite Intake, and Site-Specific Cancer Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2022; 14(3)
50. Jonvik KL, Nyakayiru J, van Dijk JW, Wardenaar FC, van Loon LJ, Verdijk LB. Habitual Dietary Nitrate Intake in Highly Trained Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2017; 27(2):148-57.

