

4.1 Auxiliadores ergogênicos

Neste módulo, vamos discutir diversos suplementos que podem ser importantes no dia do jogo ou nos antecedentes a ele. Como existem mais de 55.000 suplementos no mercado, é impossível falar sobre todos eles. Aqui, vamos nos concentrar nos 8 suplementos que apresentam justificações e evidências sólidas, bem como em alguns suplementos muito comuns (mas que talvez não sejam apoiados por evidências contundentes).

4.1.1 Cafeína

A cafeína é encontrada em uma grande variedade de bebidas e alimentos, incluindo chá, café, bebidas à base de cola, guaraná e chocolate. A maioria das bebidas cafeinadas consumidas em todo o mundo é extraída de grãos de café ou folhas de chá. No entanto, a cafeína também pode ser encontrada em muitos produtos para nutrição esportiva, como géis, chicletes e doses e bebidas energéticas. A Tabela 1 lista o teor de cafeína de diversos produtos. A cafeína é uma droga e uma substância alimentar. Muitas vezes, ela é citada como a droga mais consumida em todo o mundo. Ela também é o auxiliador ergogênico mais amplamente estudado. Os estudos mostraram consistentemente que a cafeína melhora o rendimento de resistência e também de diversos aspectos cognitivos.

Tabela 1: Teor de cafeína de diversos alimentos, bebidas e medicações

Item	Teor de cafeína (mg)	Item	Teor de cafeína (mg)
Café		Analgésicos (por tablete)	
Método por gotejamento (150 ml)	110 – 150	Anacina	32
Coado (150 ml)	64 – 124	Excedrina	65
Instantâneo (150 ml)	40 – 108	Midol	32
Descafeinado (150 ml)	2 – 5	Aspirina	0
Starbucks grande (480 ml)	550	Vanquish	33
Starbucks alto (360 ml)	375		
Starbucks curto (240 ml)	250		
Starbucks latte alto (360 ml)	70		
Chá		Diuréticos (por tablete)	
1 min de infusão (150 ml)	9 – 33	Aqua Ban	200
3 min de infusão (150 ml)	20 – 46	Pre-Mens Forte	100
5 min de infusão (150 ml)	20 – 50		
Chá instantâneo (150 ml)	12 – 28		
Chá gelado (360 ml)	22 – 36		
Chocolate		Remédios para resfriado (por tablete)	
Feito com mistura pré-preparada	6	Coryban-D	30
Chocolate ao leite (30 g)	6	Dristan	0
Chocolate para cozinhar	35	Triaminicina	30
Barra de chocolate (100 g)	12 – 15		
Bebidas		Auxiliadores para controle de peso (por tablete)	
Mountain Dew (355 ml)	55	Dexatrim Prolamine	200
Mello Yello (355 ml)	52		140
Coca-Cola (355 ml)	46	Estimulantes (por tablete)	
Coca-Cola Diet (355 ml)	46	Pro Plus	50
Pepsi (355 ml)	38	NoDoz	100
Pepsi Diet (355 ml)	36	Analgésicos com receita (por tablete)	
Dr. Pepper (355 ml)	40	Cafergot	100
Red Bull (250 ml)	80	Composto Davron	32
		Fiorinal	40
		Migramal	1

Fonte: Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UEN0q7>.

A cafeína é absorvida com um pico de concentração plasmática dentro de 30 a 90 minutos; sua meia-vida de eliminação é de aproximadamente cinco horas. A cafeína é metabolizada pelo sistema do citocromo oxidase (P-450), sendo transformada em diversos metabólitos de xantina, e cerca de 1 a 3% é excretada na urina como cafeína livre. O consumo habitual de cafeína também influencia o

metabolismo, regulando para baixo muitos dos efeitos fisiológicos (taquifilaxia). Por exemplo, diversos dias de consumo habitual de cafeína atenuaram o aumento agudo induzido por ingestão na frequência cardíaca ou pressão arterial (Robertson, Wade, Workman, Woosley, & Oates, 1981); e os efeitos lipolíticos foram atenuados nas mulheres durante os exercícios (Fisher, McMurray, Berry, Mar, & Forsythe, 1986). Em contraste com os dados acima, os efeitos ergogênicos da cafeína são semelhantes em consumidores habituais e não habituais (Van Soeren, Sathasivam, Spriet, & Graham, 1993).

Os primeiros estudos na década de 1970 demonstraram que a administração de cafeína (~5 mg/kg) melhoravam o rendimento do ciclo de resistência (Costill, Dalsky, & Fink, 1978; Ivy, Costill, Fink, & Lower, 1979). Subsequentemente, muitos estudos realizados em laboratório mostraram uma maior saída de potência por determinado período de tempo ou um intervalo maior até a exaustão. Um grande número de estudos também encontrou melhorias no rendimento específico de esportes de resistência, incluindo corridas, esqui cross-country e ciclismo. “A vasta maioria desses estudos usou doses de cafeína na faixa de 3 a 6 mg/kg administradas aproximadamente uma hora antes do exercício. Mais recentemente, os estudos relataram que doses muito menores de cafeína (1,0 - 2,0 mg/kg), especialmente quando ingeridas em uma fase mais avançada do exercício de resistência, melhoraram o rendimento” (Cox et al. 2002, <https://bit.ly/2RG3P0b>).

“Uma meta-análise recente, que incluía 46 estudos, concluiu que a cafeína exerce um efeito pequeno, mas evidente, no rendimento de resistência quando tomada em doses moderadas (3-6 mg/kg). Bem como uma melhoria geral na saída de energia média ($3,03 \pm 3,07\%$; tamanho do efeito = $0,23 \pm 0,15$) e tempo para a conclusão da prova contrarrelógio ($2,22 \pm 2,59\%$; tamanho do efeito = $0,41 \pm 0,2$) após a ingestão de cafeína comparado ao placebo” (Southward, Rutherford-Markwick, & Ali, 2018, <https://bit.ly/2sgMSv7>). Outra meta-análise recente também sugeriu que a cafeína pode ser mais efetiva se a duração do exercício for maior (Shen, Brooks, Cincotta, & Manjourides, 2018)

A evidência de um efeito ergogênico da cafeína no rendimento de alta intensidade é menos robusto quando analisamos os dados de tarefas de resistência. Diversos estudos não encontraram melhorias em um rendimento de ciclismo de altíssima intensidade de 30 segundos com a administração de cafeína, e as evidências para a força em um esforço

único ou manobras de potência também variam. Não obstante, uma meta-análise recente concluiu que “com base nas evidências atuais, parece que a cafeína aumenta tanto a força máxima quanto a resistência muscular, e que a potência parece ser aumentada com suplementação de cafeína” (Grgic, Mikulic, Schoenfeld, Bishop, & Pedisic, 2018, <https://bit.ly/2CbNira>). Os autores também notaram que esse efeito pode, até certo ponto, depender da dose de cafeína e da carga externa.

Os mecanismos

As evidências atuais indicam que a cafeína age através de seu papel como um antagonista do receptor de adenosina. Os receptores de adenosina estão amplamente presentes nos tecidos humanos, incluindo o cerebral, o muscular esquelético estriado e o adiposo. O antagonismo à adenosina nos adipócitos claramente resulta em um aumento da lipólise e um aumento na concentração de ácidos graxos livres (FFA) no plasma. Consequentemente, os estudos “clássicos” que avaliavam o potencial ergogênico da cafeína, consideraram que a descoberta de uma razão de intercâmbio respiratório menor durante os exercícios de resistência indicava que a cafeína aumentava a concentração de FFA no plasma, a absorção muscular e a oxidação de gordura, e que isso resultava na economia de glicogênio intramuscular através do efeito Randle (Costill et al., 1978). Essa hipótese se tornou bem-estabelecida por mais de uma década e teve uma subsequente modificação de que a economia ocorria primeiramente no início da transição do repouso para exercício. No entanto, desde então, os estudos não mostraram evidências de economia de glicogênio após exercícios de resistência de longa duração (Graham, Battram, Dela, El-Sohemy, & Thong, 2008). O aumento consistentemente observado no FFA do plasma em repouso se deve ao efeito adrenérgico (epinefrina, norepinefrina) na lipólise de adipócitos. No entanto, isso é anulado pelo efeito adrenérgico do exercício (Graham, Battram, Dela, El-Sohemy, & Thong, 2008, <https://bit.ly/2Qw4FYV>).

Agora, essa explicação original sobre os efeitos no rendimento de resistência foi substituída com a visão de que os efeitos que a cafeína tem sobre o rendimento residem no cérebro.

Agora é aceito que a maior parte dos efeitos de melhoria do rendimento causados pela cafeína são oferecidos pelo antagonismo dos receptores de adenosina, influenciando o sistema dopaminérgico e outros sistemas neurotransmissores. A adenosina e a dopamina interagem no cérebro, e este pode ser um mecanismo para descrever como importantes componentes de motivação (vigor, persistência e saída de trabalho) e processos cerebrais de ordem superior estão envolvidos no controle motor (Meeusen, Roelands, & Spriet, 2013). A cafeína mantém uma concentração superior de dopamina, especialmente nas áreas cerebrais ligadas à 'atenção'. Através dessa interação neuroquímica, a cafeína melhora a sustentação da atenção, a vigilância, e reduz os sintomas de fadiga (Meeusen et al., 2013). Outros aspectos que estão localizados no sistema nervoso central são uma redução na sensação de dor e força dos músculos esqueléticos, que leva a uma redução na percepção de esforço durante o exercício, influenciando, assim, os fatores motivacionais para sustentar o esforço durante o exercício (Meeusen et al. 2013, <https://bit.ly/2HfXapJ>).

No nível muscular, a cafeína pode ter efeitos adicionais na contração dos músculos. A cafeína pode potencializar a liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático e pode levar a um aumento na excitabilidade do músculo.

Foi observado um aumento na capacidade de realizar força dos humanos durante a estimulação muscular elétrica de baixa frequência com cafeína, e sugerimos que esse efeito se deu por conta do aumento na liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático (Tarnopolsky & Cupido, 2000). Foi demonstrado que a administração aguda de cafeína (5 mg/kg) aumentava a força muscular estimulada eletricamente por baixa frequência (20 Hz, simulando o exercício de resistência) durante um protocolo fatigante (Tarnopolsky & Cupido, 2000).

Também existem estudos que sugerem que a cafeína é capaz de melhorar elementos físicos, técnicos e de habilidade do rendimento que são típicos para partidas de futebol. Por exemplo, a cafeína pode melhorar o rendimento em arrancadas repetidas e saltos, agilidade

reativas e precisão de passe durante protocolos de exercício do tipo intermitente (Duvnjak-Zaknich, Dawson, Wallman, & Henry, 2011; Foskett, Ali, & Gant, 2009; Gant, Stinear, & Byblow, 2010) (Morton, 2014, <https://bit.ly/2Fe2oAc>).

Geralmente, essas medidas do rendimento de habilidade terão mais variabilidade que outras medidas de rendimento. Isso, combinado a amostras relativamente pequenas, provavelmente explicam por que os resultados de diversos estudos parecem variar. Por exemplo, em alguns estudos, são encontrados efeitos na agilidade, mas não no rendimento de arrancadas e, em outros estudos, os resultados podem ser opostos. No entanto, em geral, parece que muitos aspectos do rendimento futebolístico podem ser melhorados com a cafeína. Uma meta-análise recente concluiu que a ingestão pré-exercício de uma dose moderada de cafeína (de 3 a 6 mg/kg) resultou em melhorias pequenas/triviais, mas estatisticamente significantes no rendimento em saltos, arrancadas, agilidade, e no rendimento da resistência específica para esportes coletivos. Ao mesmo tempo, ela aumentou a distância percorrida e a distância das arrancadas executadas durante partidas de esportes coletivos (Salinero, Lara, & Del Coso, 2018).

Fornecimento de cafeína

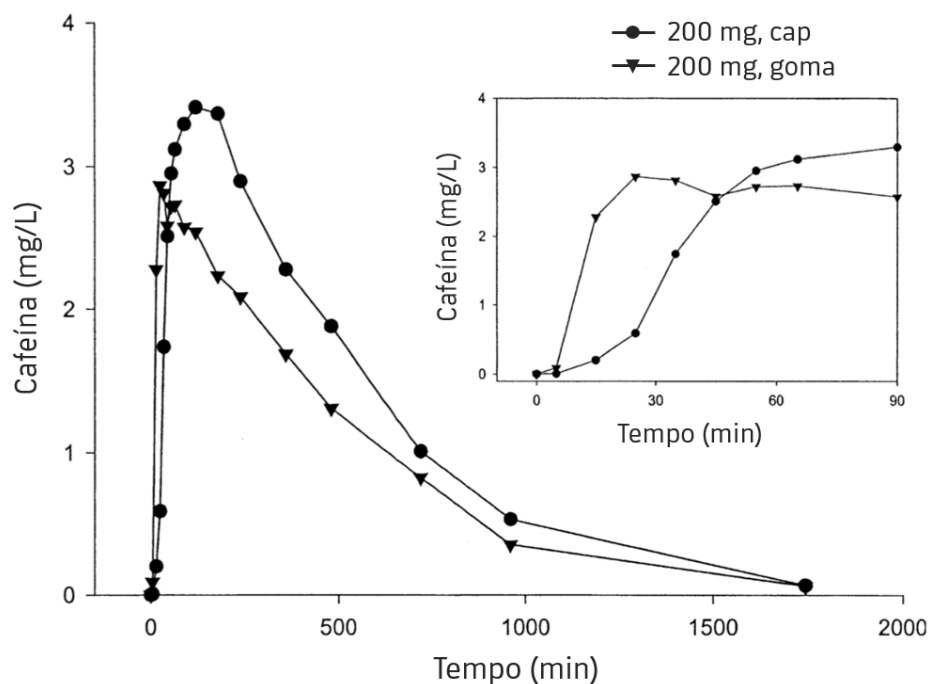
Na próxima seção, discutiremos os aspectos práticos do fornecimento de cafeína. Os efeitos ergogênicos da cafeína geralmente são obtidos com a ingestão de 2-6 mg/kg de peso corporal. A dose ideal ou preferida deverá ser determinada individualmente, pois a eficácia pode variar de acordo com o indivíduo (isso é discutido em uma seção que fala de nutrição personalizada e o papel do genoma), mas também porque os efeitos colaterais podem variar (veja abaixo).

Tradicionalmente, a cafeína é administrada na forma de pílulas ou cápsulas, ou através da ingestão de café, mas os produtos de nutrição específicos para esportes estão se tornando cada vez mais comuns. Em dias de jogo, esses produtos esportivos de cafeína geralmente são consumidos, mas, em dias de treino, a cafeína também pode ser consumida na forma de chá ou café durante o café da manhã ou a refeição anterior ao treino. Evidências recentes demonstraram que a ingestão de café pré-exercício induz benefícios de rendimento semelhantes à da ingestão de cafeína anidra na forma de pílulas ou cápsulas (Hodgson, Randell, & Jeukendrup, 2013). Considerando que o pico dos níveis de cafeína no plasma acontece dentro de 45-90 minutos

após a ingestão, recomenda-se consumir bebidas cafeinadas, cápsulas ou géis (dependendo das preferências dos jogadores) antes do período de aquecimento - ou seja, 45-90 minutos antes do início da partida.

A cafeína também pode ser ingerida em forma de chiclete. Este mecanismo de fornecimento foi desenvolvido pelos militares, que queriam uma forma mais rápida de ingerir cafeína. A cafeína pode ser absorvida muito mais rapidamente através da mucosa bucal (Figura 1). Quando absorvida pelo intestino, geralmente ocorre um retardo de 20-30 minutos antes de que possam ser absorvidas quantidades significativas de cafeína. Com chicletes (ou losangos), a absorção é instantânea.

Figura 1: Perfis médios de concentração de cafeína no plasma após uma dose de 50, 100 ou 200 mg, fornecidos na formulação de cápsula ou goma a voluntários homens saudáveis (12 objetos em cada um dos sete grupos de tratamento).



Fonte: Wickham e Spriet, 2018, <https://goo.gl/VjFaLs>

Os estudos com gomas contendo cafeína mostraram resultados variados, mas, geralmente, os efeitos foram positivos em estudos que

administraram uma dose mais alta, permitiram um tempo suficiente para a absorção e mediram o rendimento de duração mais longo (>30 minutos). Por exemplo, Lane et al. (2014) demonstraram que a goma de mascar cafeinada melhorou o rendimento contrarrelógio 3-4% quando um total de 3 mg/kg de cafeína era ingerido. Em outro estudo, foram ingeridos 50 mg de cafeína logo antes de uma prova contrarrelógio de aproximadamente 30 minutos (e a cada 8 minutos a partir de então); nenhum efeito foi observado (Oberlin-Brown, Siegel, Kilding, & Laursen, 2016). Os estudos também sugeriram que simples enxágues bucais com uma solução que contenha cafeína podem melhorar o rendimento em treinos repetidos, com exercícios de alta intensidade e curta duração (Wickham & Spriet, 2018).

Os sprays aerossóis cafeinados bucais e nasais estão ganhando popularidade. Esses sprays são sugeridos para estimular nervos com conexões cerebrais diretas e podem aumentar as concentrações de cafeína no sangue através da absorção pelas mucosas e pelos pulmões. No entanto, existem poucos estudos e poucas evidências que apoiem esses mecanismos de fornecimento (Wickham & Spriet, 2018).

Se a cafeína for fornecida em forma de cápsula, pílula, café, produto de nutrição esportiva ou outra forma, geralmente recomenda-se que a dose seja administrada de 45-60 minutos antes da atividade. Caso seja utilizada goma de mascar, a cafeína chegará à corrente sanguínea muito mais rapidamente, e, assim, poderá ser utilizada dentro dos 15 minutos que antecedem a partida, ou durante o aquecimento.

Efeitos colaterais

Embora, em média, a cafeína seja claramente ergogênica, nem todas as pessoas apresentam melhorias de rendimento após a sua ingestão aguda. Doses maiores (> 6 mg/kg MC) podem causar sintomas negativos em algumas pessoas, incluindo aumento da frequência cardíaca, irritabilidade, tremores, confusão, concentração reduzida, falta de ar, etc. Consumir altas doses de cafeína antes de ou durante jogos noturnos também pode ser um problema, considerando que a qualidade do sono pode ser afetada de forma negativa.

Assim, é altamente recomendado que os jogadores realizem experiências com cafeína nas sessões de treino para descobrir a dose ideal para cada um. Comece a treinar com uma dose baixa e monitore a percepção. Depois, na sessão seguinte, aumente a dose e continue monitorando a percepção de esforço. Repita isso até encontrar a dose

com a qual o jogador se sinta mais confortável. Se possível, monitore a frequência cardíaca. Em dias de jogo, reduza um pouco a dose, já que é possível que a ansiedade pela partida altere as respostas fisiológicas.

4.1.2 Creatina

A creatina se tornou um suplemento popular após as Olimpíadas de Barcelona, em 1992. Os medalhistas de ouro Linford Christie, na competição masculina de 100 m rasos, e Sally Gunnel, na competição feminina de 400 m com obstáculos, supostamente usavam suplementos de creatina. Nos Jogos Olímpicos de Atlanta, em 1996, aproximadamente 80% de todos os atletas usavam creatina (Williams et al. 1999). Estima-se que, atualmente, o consumo de creatina por atletas em todo o mundo gire em torno de 3.000.000 kg/ano. Essa seção discute a eficácia da creatina em diferentes esportes e seus supostos mecanismos de ação. Para mais detalhes a respeito do papel da creatina no metabolismo e no rendimento, consulte Casey e Greenhaff (Casey et al. 2000), Greenhaff (1998), e Terjung et al. (2000).

No corpo

A creatina (ácido metilguanidina-acético) é um composto gerado naturalmente, presente principalmente no tecido muscular. Não é um nutriente essencial, pois pode ser sintetizada dentro do corpo humano. Em pessoas normais e saudáveis, a dieta e a ingestão oral fornecem, juntas, aproximadamente 2 g diárias de creatina. Ao mesmo tempo e a aproximadamente a mesma taxa (2 g/dia), a creatina é quebrada e transformada em creatinina, que é excretada pela urina. Cerca de dois terços da creatina intramuscular consistem em fosfocreatina (PCr), e o restante consiste em creatina livre. A reserva média total de creatina (PCr + Cr) no músculo é de cerca de 120 mmol/kg de massa muscular seca para um indivíduo de 70 kg, e o limite máximo dessa reserva parece ser de 160 mmol/kg de massa muscular seca.

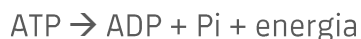
As fontes nutricionais primárias de creatina são peixes e carne vermelha. Vegetarianos e veganos radicais

apresentam uma carência na ingestão de creatina, pois as plantas contêm apenas quantidades ínfimas. Assim, eles são dependentes da síntese endógena de creatina.

Em um homem de 70 kg, a reserva total de creatina no corpo é de aproximadamente 120 g, 95% da qual está no músculo (esquelético, cardíaco e liso). O 5% restante fica no cérebro, fígado, rins e testículos. A creatina sintetizada no fígado e nos rins é absorvida da alimentação e transportada até o músculo pelo sangue. O músculo absorve a creatina contra um gradiente de concentração através de um processo de transporte ativo saturável dependente de sódio. Na célula muscular, a creatina é fosforilada e, depois disso, fica presa dentro do músculo. Fibras musculares do tipo I e do tipo II apresentam diferentes conteúdos de creatina, sendo que as do tipo II superam em cerca de 30% a quantidade encontrada nas fibras de tipo I (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

Processo metabólico

O PCr serve para regenerar o ATP. Conforme o músculo se contrai, o trifosfato de adenosina (ATP) é desintegrado, tornando-se difosfato de adenosina (ADP) e fosfato inorgânico (Pi) para fornecer energia:



As reservas de ATP são muito pequenas e, durante exercícios de máxima intensidade, seriam capazes de fornecer energia apenas por 1 ou 2 segundos. Quando a concentração total de ATP muscular cai e chega a níveis em torno de 30%, o músculo entra em fadiga (Hultman, Greenhaff, Ren, & Soderlund, 1991; Karlsson & Saltin, 1970). Para evitar a fadiga, a regeneração de ATP deve ocorrer a uma taxa similar à da hidrólise do ATP para manter concentrações próximas às normais (em repouso). Uma importante função do PCr no músculo é fornecer o grupo de fosfatos de alta energia para a regeneração de ATP durante os primeiros segundos do exercício de alta intensidade. Isso gerará tempo para a quebra de glicogênio e para que a glicólise (o outro processo principal gerando ATP citosólico durante exercício de alta intensidade) aumente de velocidade para chegar à taxa necessária. A transferência do grupo fosfato da fosfocreatina para o difosfato de adenosina (ADP) é catalisada

pela enzima creatina quinase, resultando na regeneração de ATP e na liberação de creatina livre:



A PCr está presente no músculo em repouso em uma concentração três ou quatro vezes maior que a de ATP. Durante uma arrancada de 100 m, estima-se que 22 g de ATP sejam quebradas por segundo, ou cerca de 50% do teor de ATP por quilograma do músculo ativo (A. E. Jeukendrup & Gleeson, 2018). Como a fadiga ocorre no músculo humano quando a concentração total de ATP cai em cerca de 30%, a necessidade de refosforilação do ADP formado durante a contração se torna óbvia.

A degradação anaeróbica do PCr e do glicogênio é responsável pela taxa extremamente alta de ressíntese de ATP durante os primeiros segundos do exercício de alta intensidade (Hultman et al., 1991; Karlsson & Saltin, 1970). Mas a reserva de PCr no músculo é limitada, sendo esgotada dentro de cerca de 5 segundos do exercício supramáximo. Desta forma, a concentração de ATP do músculo esquelético é mantida até certo ponto durante esforços isolados ou repetidos de exercício supramáximo. No entanto, a ressíntese anaeróbica do ATP não pode ser mantida à mesma taxa durante os primeiros segundos de exercício supramáximo. Consequentemente, 30 segundos depois, as taxas de rotatividade do ATP caem em cerca de 20%. É possível que altos índices de reserva de PCr reduzam a necessidade de glicólise anaeróbica e da formação de ácido láctico, o que pode ser outro benefício em potencial da suplementação de creatina.

Outra importante função da creatina é sua capacidade potencial de tamponamento de íons de hidrogênio, pois estes são usados durante a regeneração de ATP, conforme mostrado na equação anterior. Uma concentração maior de creatina no músculo também implica aumento do fluxo através da reação da creatina quinase, resultando no aumento da síntese de PCr durante a recuperação do exercício de alta intensidade. Os papéis da creatina listados anteriormente sugerem que elevar a creatina muscular e as reservas de PCr beneficia o rendimento durante o exercício de alta intensidade.

Suplementação

Harris, Soderlund & Hultman (1992) foram os primeiros a afirmar que a ingestão de creatina monohidratada poderia aumentar as reservas totais de creatina muscular (creatina e fosfocreatina). Nesse estudo, a

ingestão de 5 g de creatina, de quatro a seis vezes por dia, durante vários dias, aumentou a concentração total de creatina em uma média de 25 mmol/kg dw, e 30% do aumento no teor total de creatina foi na forma de fosfocreatina. O primeiro estudo de rendimento foi conduzido por Greenhaff et al. (1993). Os indivíduos ingeriram 20 g/dia de creatina por 5 dias, e a creatina realmente melhorou o rendimento em cerca de 6% durante repetidas sessões de exercício extensor máximo do joelho. Depois desse estudo, muitos outros estudos se seguiram, investigando diferentes modos de exercício, mas, em grande parte, confirmando os primeiros resultados. Os resultados de vários estudos estão resumidos em diversas revisões (Bird, 2003; Kreider, 2003). Aqui vamos nos concentrar principalmente no rendimento em arrancadas repetidas, nas adaptações de treinamento de força e no rendimento cognitivo, pois são áreas altamente relevantes para o futebol. No entanto, a creatina também foi estudada em relação à lesão, concussão e recuperação.

A vasta maioria dos estudos referentes à eficácia da suplementação de creatina nos níveis de fosfagênio muscular, retenção de creatina no corpo inteiro e/ou rendimento, avaliaram o monohidrato de creatina. “Atualmente, as alegações de que diferentes formas de creatina são degradadas em menor grau do que a creatina monohidratada in vivo, ou que resultam em uma maior absorção para o músculo, são infundadas. Evidências clínicas não demonstraram que diferentes formas de creatina, como citrato de creatina, soro de creatina, creatina etil éster, formas tamponadas de creatina ou nitrato de creatina promovam maior retenção de creatina do que monohidrato de creatina” (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

Regimes de carga

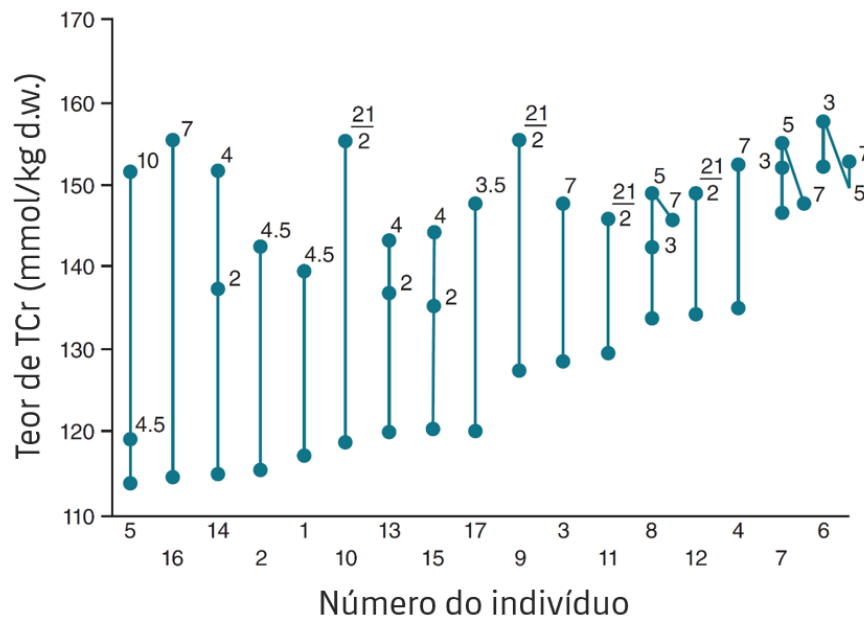
O regime típico de carga de creatina é 4 x 5 g/dia, cada uma administrada em diferentes momentos do dia por um período de 6 dias. Os primeiros estudos mostraram que isto é eficaz e aumenta a concentração de creatina muscular em cerca de 25 mmol/kg de massa seca. Tal aumento corresponde a cerca de 20% da concentração total de creatina muscular basal de cerca de 125 mmol/kg de massa seca. Hultman, Soderlund, Timmons, Cederblad e Greenhaff (1996) observaram que, após essa fase inicial de 20 g/dia por 6 dias, uma dose de manutenção de 2 g/dia foi suficiente para manter a alta concentração total de creatina por 35 dias. A interrupção da suplementação de creatina causou um declínio lento e gradual da concentração de creatina no músculo. Pesquisas mostraram que, uma vez armazenadas as

creatinas no músculo, geralmente são necessárias 4 a 6 semanas para que as reservas de creatina retornem à linha de base.

Não é estritamente necessário usar uma fase de carga de 6 dias. Quando a creatina foi ingerida em uma dose menor de 3 g/dia, a taxa de aumento da creatina muscular foi menor, mas, após 28 dias, a mesma concentração total de creatina foi alcançada. Portanto, aconselha-se uma dose de ataque de 20 g/dia por 6 dias, seguida de uma dose de manutenção de 2 a 3 g/dia se os atletas quiserem aumentar rapidamente a creatina muscular para níveis máximos, enquanto que uma dose contínua de 3 g/dia leva a o mesmo nível máximo em cerca de 1 mês. O aumento na concentração de PCr no músculo foi de cerca de 40% do aumento na concentração total de creatina com ambos os procedimentos.

Existe considerável variação entre os indivíduos na concentração total inicial de creatina muscular (Figura 2). As razões para a variação são amplamente desconhecidas, mas podem estar relacionadas, pelo menos em parte, à dieta habitual com atletas vegetarianos/veganos, geralmente nas faixas mais baixas. O maior aumento na concentração de creatina muscular é observado em pessoas com a concentração inicial mais baixa, enquanto aquelas que já têm altas concentrações de creatina se beneficiam apenas marginalmente da massa seca (Harris et al., 1992). Uma concentração de 160 mmol/kg de massa seca parece ser a concentração máxima de creatina alcançável pela suplementação de creatina, mas apenas cerca de 20% dos indivíduos atingiram este nível após a suplementação de creatina.

Figura 2: Respostas individuais à carga de creatina



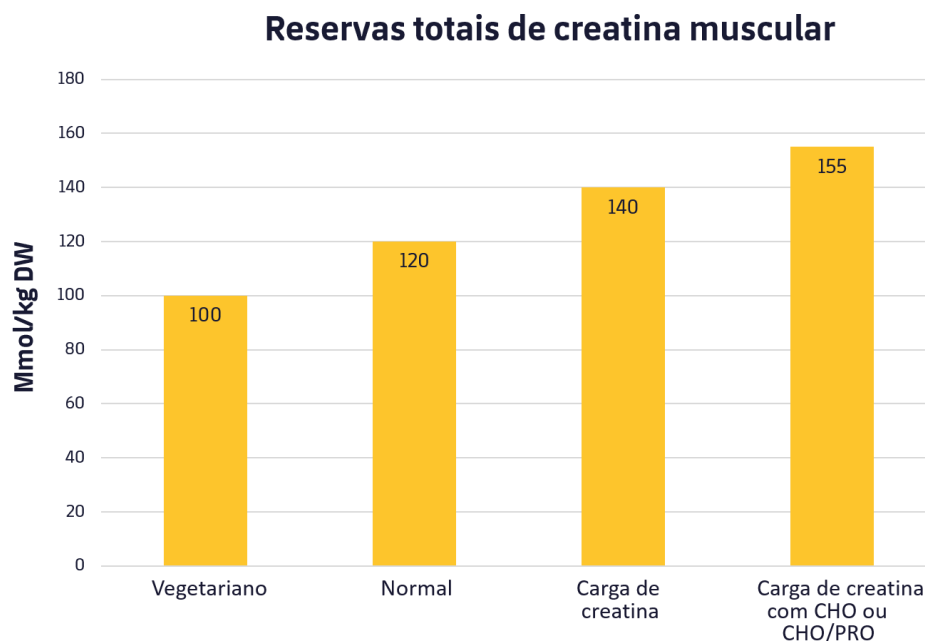
Fonte: Hultman, Soderlund, Timmons, Cederblad, & Greenhaff, 1996, <https://bit.ly/2FkTb8t>,

As pessoas com baixas reservas de creatina se beneficiam mais, enquanto aquelas que já possuem grandes quantidades de creatina têm um aumento mínimo na creatina muscular. Os números no gráfico são dias de suplementação a uma taxa de 20 a 30 g/dia. 21/2 indica indivíduos que ingeriram creatina em dias alternados por 21 dias.

Dados de Hultman et al. (1996).

A creatina muscular total pode ser mais aumentada (aumento médio de 30 a 40 mmol/kg dw) quando a creatina (20 g/dia por 5 dias) é ingerida em solução com carboidratos simples (Green, Sewell, Simpson, Hultman, & Greenhaff, 1995; Green, Simpson, Littlewood, MacDonald, & Greenhaff, 1996) (Figura 3). A ingestão de carboidratos pode aumentar as concentrações de insulina, o que, por sua vez, parece aumentar a captação muscular de creatina. Acredita-se que a insulina estimule a atividade da bomba de sódio-potássio, e isso aumenta o transporte de creatina muscular dependente de sódio. (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

Figura 3: As reservas musculares de creatina variam, mas podem ser aumentadas com o carregamento de creatina e a coingestão com carboidratos



Fonte: Kreider et al., 2017, <https://bit.ly/2TESomD>.

Casey, Constantin-Teodosiu, Howell, Hultman & Greenhaff (1996) mostraram uma correlação entre o aumento da creatina no músculo e o rendimento. Em outras palavras, os indivíduos que apresentaram os maiores aumentos na concentração total de creatina muscular também exibiram o maior benefício de rendimento. Pensa-se que uma alteração no teor de creatina muscular de cerca de 20 mmol/kg de massa seca é necessária antes de se observarem alterações expressivas no rendimento. Na realidade, cerca de 30% de todos os indivíduos não apresentam aumentos tão grandes na creatina muscular (talvez porque suas concentrações iniciais já são altas) e, portanto, não se beneficiam. Infelizmente, não há maneira fácil de descobrir se você responderá ou não, e o método comum para descobrir é a tentativa e erro.

Ganho de peso

A suplementação de creatina (20 g/dia durante 5 a 6 dias) é geralmente acompanhada por aumentos de cerca de 1kg no peso corporal. No entanto, existe considerável variação entre os indivíduos, e foram relatados ganhos de peso entre 0,5 e 3,5 kg.

Teoricamente, esse aumento na massa corporal e a possível mudança na composição corporal resultam de aumentos na água intracelular, estimulação da síntese proteica ou diminuição da degradação de proteínas. Como a diminuição da produção de urina é exatamente igual ao aumento do tempo na concentração de creatina muscular, a creatina provavelmente causa retenção de água nas células musculares esqueléticas devido ao aumento da osmolaridade intracelular das fibras musculares. Evidências sugerem que parte do ganho de peso pode ser atribuído ao efeito anabólico da creatina, embora, em curto prazo (5 a 6 dias), esse efeito não seja um fator importante. (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UEN0q7>.)

Exercício de alta intensidade

Greenhaff et al. (1993) foram alguns dos primeiros a demonstrar efeitos positivos da creatina no exercício intermitente de alta intensidade. Essas descobertas foram repetidas por muitos outros pesquisadores usando vários modelos experimentais. A maioria desses estudos relatou melhorias na força, produção de força ou torque.

Balsom, Ekblom, Soderlund, Sjodin, and Hultman (1993) aleatoriamente designou 16 indivíduos treinados para um grupo de creatina (25 g/dia durante 6 dias) e um grupo placebo. “Um teste que esses indivíduos realizaram foi de arrancadas repetidas, no qual eles arrancaram 10 vezes por 6 segundos com 30 segundos de recuperação entre os esforços. Embora os indivíduos tenham ficado fatigados com creatina e placebo, após 7 arrancadas, a fadiga foi significativamente maior no grupo placebo” (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UEN0q7>.)

“Mujika et al realizaram testes com jogadores de futebol e concluíram que a suplementação aguda de creatina afetou favoravelmente o rendimento em arrancadas repetidas e limitou o declínio da capacidade de saltar com a fadiga em jogadores de futebol altamente treinados”(Mujika, Padilla, Ibanez, Izquierdo, & Gorostiaga, 2001).

Treino de resistência

“Vandenberghe et al. (1997, <https://bit.ly/2FhOSvl>) investigaram o “efeito da carga de creatina sobre a concentração de PCr muscular, força muscular e composição corporal após um programa de treinamento de

resistência de 10 semanas. Em comparação com o placebo, a força máxima dos grupos musculares treinados aumentou entre 20% e 25% mais, a capacidade máxima de exercício intermitente dos flexores braçais aumentou entre 10% e 25% e a massa livre de gordura aumentou 60% mais com a suplementação de creatina".

Este e outros estudos sugerem que a combinação de ingestão de creatina e treinamento de força é mais eficaz do que o treinamento de força sozinho. Tem sido sugerido que a suplementação de creatina permite mais repetições e, portanto, melhor qualidade de treinamento e, ao mesmo tempo, pode ter um efeito anabólico (Jeukendrup & Gleeson, 2018).

A creatina provoca retenção de líquidos, o que pode resultar em inchaço das células musculares. O inchaço celular atua como um sinal anabólico universal, causando um aumento da síntese proteica e da deposição proteica líquida (Jeukendrup & Gleeson, 2018).

É improvável que a creatina melhore a resposta adaptativa ao exercício através de efeitos diretos na síntese de proteína muscular ou quebra de proteína muscular, (Louis, Poortmans, Francaux, Berre, et al., 2003; Louis, Poortmans, Francaux, Hultman, et al., 2003), embora Parise, Mihic, MacLennan, Yarasheski, and Tarnopolsky (2001) tenha relatado que a creatina diminuiu a taxa de aparecimento de leucina no plasma e a oxidação da leucina. No entanto, parece que a creatina poderia aumentar a resposta adaptativa modulando o aumento da expressão de fatores de crescimento (por exemplo, miogenina, MRF-4, fator de crescimento semelhante à insulina I e II [IGF-I e IGF-II] (Burke et al., 2008; Deldicque et al., 2005). Também foi relatado que a suplementação de creatina em combinação com o treinamento de resistência aumenta o número de células satélites e a concentração de mionúcleos mais do que o treinamento de resistência sozinho (Olsen et al., 2006). Aumentar o conteúdo de creatina muscular através da suplementação aumenta a expressão de vários genes associados a processos adaptativos, incluindo: Translocação GLUT4, osmosensing, remodelação do citoesqueleto, síntese de glicogênio, síntese de proteínas, proliferação e diferenciação de células satélite, replicação e reparo de DNA, processamento e transcrição de mRNA e sobrevivência

celular (Safdar, Yardley, Snow, Melov, & Tarnopolsky, 2008). (Rawson et al. 2017, <https://bit.ly/2SQbYg4>).

Embora isso não necessariamente signifique que a síntese proteica seja afetada, essas observações sugerem que a creatina suporta adaptações de treinamento.

Mas os efeitos não estão restritos aos músculos. Uma pequena quantidade de creatina também é armazenada no cérebro, onde é usada para a produção de ATP. A creatina cerebral pode ser aumentada em cerca de 10% com a suplementação de creatina, e isso tem sido associado a melhorias no processamento cognitivo (Gualano, Rawson, Candow, & Chilibeck, 2016). A maioria dos estudos demonstra uma melhora no processamento cognitivo após a suplementação de creatina, mas poucos estudos foram conduzidos em um ambiente esportivo. Portanto, a tradução para atletas e rendimento atlético ainda é um pouco prematura. “Um grupo comparou os efeitos da ingestão aguda de creatina, cafeína ou placebo em um teste de passes em 10 pontas de rugby profissionais privados de sono (Cook, Crewther, Kilduff, Drawer, & Gaviglio, 2011). Tanto a creatina quanto a cafeína atenuaram a diminuição no rendimento das habilidades causada pela privação do sono” (Rawson et al. 2017, <https://bit.ly/2SQbYg4>). É possível que haja um papel para a creatina na melhoria do rendimento esportivo por meio de mecanismos centrais, mas são necessários mais estudos.

Mecanismos de ação

Foram propostos vários mecanismos pelos quais a creatina exerce seu efeito:

- A explicação mais óbvia é a maior disponibilidade de PCr, particularmente nas fibras musculares do tipo II. Evidências indicam que o aumento das reservas de PCr no músculo melhora a função contrátil ao manter a rotatividade de ATP.
- Outro mecanismo possível é o aumento da taxa de ressíntese de PCr (Greenhaff et al., 1994), que é particularmente importante em períodos curtos de recuperação durante períodos repetidos de exercício máximo.
- O aumento do uso de PCr como fonte de energia pode reduzir a glicólise anaeróbica e a formação de ácido láctico. Esta atividade teoricamente seria capaz de reduzir a formação de íons de

hidrogênio no músculo e retardar a fadiga causada pelo aumento da acidez muscular.

- A creatina poderia tamponar alguns dos íons de hidrogênio produzidos durante o exercício de alta intensidade. Este processo atrasaria a fadiga em exercícios de alta intensidade limitados pela formação de ácido láctico.
- A creatina também desempenha um papel importante no transporte de fosfatos de alta energia a partir das mitocôndrias (local de produção de ATP) para as miofibrilas (local de degradação do ATP). Este papel da creatina foi sugerido como um mecanismo potencial para melhorar o rendimento em atividades de resistência. Mas esses tipos de atividades não são afetados pela suplementação de creatina, sugerindo que esse mecanismo pode não ser importante.
- A creatina pode ter propriedades anabólicas.

Segurança

Nenhum estudo relatou efeitos prejudiciais à saúde da creatina. De acordo com inúmeros relatos, no entanto, a suplementação de creatina causa doenças; problemas gastrointestinais, cardiovasculares e musculares; náusea, vômito e diarreia; alterações na função renal e hepática; câibras musculares; e pressão arterial elevada. Como apontado em uma mesa redonda do American College of Sports Medicine, "a evidência não é definitiva e/ou é incompleta para acusar a prática de suplementação de creatina como um risco para a saúde; ao mesmo tempo, nossa falta de informação não pode ser tomada como uma garantia de que a suplementação de creatina é livre de riscos para a saúde. A ignorância fornece pouco conforto de efeitos desagradáveis ainda a serem descobertos".

Provavelmente é uma boa ideia realizar "ciclos" de creatina e ter períodos de suplementação de creatina, seguidos por períodos de não suplementação. Isso também permitirá que a síntese endógena seja mantida. Isso deve ser parte de um plano de nutrição periodizado, como discutiremos em outro lugar.

4.1.3 Beta-alanina e carnosina

Durante o exercício intenso, o aumento da concentração de íon hidrogênio (H^+) é tamponado por mecanismos de tamponamento intra e extramusculares. O bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) (que discutiremos a seguir) é um exemplo de tamponamento extracelular. O dipeptídeo carnosina ou beta-alanil-L-histidina é um dos mais importantes tampões intracelulares. A carnosina é sintetizada a partir de seus precursores L-histidina e beta-alanina. Está presente em concentrações relativamente altas no citoplasma dos músculos esqueléticos (5-10 mM) e acredita-se que seja responsável por aproximadamente 10% da capacidade tamponante total do vasto lateral. A importância da carnosina também se torna clara se estudarmos espécies diferentes. Espécies que são frequentemente expostas a condições anaeróbicas, como arrancadas frequentes, comportamentos explosivos de voo e mergulhos hipóxicos prolongados, têm maiores concentrações iniciais de carnosina (Derave et al., 2007; Harris, Marlin, Dunnett, Snow, & Hultman, 1990). Os níveis de carnosina são tipicamente mais altos nas fibras musculares de contração rápida em comparação com as fibras de contração lenta. Isso está de acordo com a observação em animais. Também foi observado que atletas humanos envolvidos em esportes anaeróbicos, como velocistas (Parkhouse, McKenzie, Hochachka, & Ovalle, 1985) e fisiculturistas (Tallon, Harris, Boobis, Fallowfield, & Wise, 2005) apresentam concentrações intramusculares mais altas de carnosina.

A ingestão de carnosina é ineficaz no aumento da concentração de carnosina intramuscular porque é degradada no trato gastrointestinal e a absorção e biodisponibilidade da carnosina é muito fraca. Além disso, a carnosina não é absorvida pelo músculo, senão que é sintetizada no músculo a partir de seus aminoácidos constituintes pela enzima carnosina sintase. A beta-alanina é um precursor da carnosina e estudos demonstraram que a suplementação de beta-alanina pode levar a um aumento no conteúdo de carnosina muscular de até cerca de 80%, o que, por sua vez, pode resultar no aumento do tamponamento intramuscular de H^+ . Foi mostrado que isso resulta em um aumento no rendimento de exercício de alta intensidade em indivíduos não treinados e treinados.



Figura 4: O exercício de alta intensidade aumenta a demanda de energia do músculo, que é atendida por fontes de energia aeróbica e anaeróbica. As contribuições primárias da degradação de ATP e glicólise anaeróbia para a produção de H⁺ durante o exercício. Os tampões físico-químicos (por exemplo, carnosina) representam a primeira linha de defesa contra alterações no pH muscular e são a única defesa durante o exercício quando o fluxo sanguíneo é ocluído. b A molécula de carnosina com sua cadeia lateral de imidazol, onde o H⁺ acumulado é tamponado. Além do tamponamento intracelular, o transporte transmembrana de H⁺ é o principal controlador do pH durante o exercício dinâmico. c Os principais transportadores, incluindo o trocador de sódio-hidrogênio (NHE), o cotransportador de bicarbonato de sódio (NBC) e o transportador de monocarboxilato (MCT1, MCT4). O H⁺ circulante é subsequentemente tamponado por ânions bicarbonato. Difosfato de adenosina ADP, trifosfato de adenosina ATP. (Lancha Junior, Painelli Vde, Saunders, & Artioli, 2015, <https://bit.ly/2RI1hhW>).

Para conseguir as mudanças desejadas no conteúdo de carnosina, é importante tomar quantidades relativamente grandes de beta-alanina. Estudos sugerem que uma dose única diária de 3,2 g de beta-alanina, ou até oito doses diárias de 0,4 a 1,6 g de beta-alanina por dose única (3,2 - 6,4 g de beta-alanina por dia) em um intervalo de 4 a 10 semanas é necessário para obter um aumento de 60 a 80% no conteúdo de carnosina muscular (Harris et al., 2006; Hill et al., 2007). No entanto, isso talvez cause efeitos colaterais. Foi documentado que grandes doses agudas de beta-alanina parecem induzir reações cutâneas pseudoalérgicas leves ou parestesia (sensações moderadas de rubor e formigamento) que parecem desaparecer dentro de aproximadamente 2 horas. Por essa razão, a dose diária é geralmente distribuída em quatro a oito doses pequenas. Uma versão de liberação lenta do suplemento foi desenvolvida para minimizar os sintomas. A beta-alanina pode agora ser tomada como uma formulação lenta de comprimido de liberação prolongada (CarnoSyn™). Embora a constatação de que a suplementação de beta-alanina leva a um aumento na carnosina muscular tenha sido muito consistente, os efeitos sobre o rendimento têm sido muito menos claros. Um estudo mostrou que 4,8 g de beta-alanina por dia (4 semanas) em corredores treinados de 400 m melhoraram a resistência à fadiga em séries repetidas de contrações

dinâmicas exaustivas. Mas a resistência isométrica em cerca de 25% da força de contração voluntária máxima (MVC) e o tempo de corrida de 400 m não foram afetados (Derave et al., 2007). Em outro estudo, o rendimento em arrancadas melhorou no final de uma corrida de ciclismo simulada (Derave et al., 2007). Estudos mais recentes demonstraram benefícios de rendimento em exercício isométrico de intensidade moderada (45% MVC) (Sale et al., 2009) e vários testes dinâmicos de capacidade de exercício de alta intensidade com duração de 1-4 minutos (Hobson, Saunders, Ball, Harris, & Sale, 2012). Atualmente, parece haver algumas evidências desta revisão indicam que a suplementação com BA pode aumentar o rendimento atlético. Especificamente, parece haver evidências de qualidade moderada a alta de que a suplementação de BA pode aumentar o tempo até a exaustão e a produção de energia (Quesnele, Laframboise, Wong, Kim, & Wells, 2014). Há também evidências de qualidade moderada a alta indicando que a suplementação de beta-alanina pode diminuir sentimentos subjetivos de fadiga e exaustão percebida.

Várias revisões foram publicadas sobre beta-alanina e seus efeitos potenciais:

(Artioli et al., 2010; Christensen, Shirai, Ritz, & Nordsborg, 2017; Lancha Junior et al., 2015; Quesnele et al., 2014; Saunders et al., 2017).

A maioria dos estudos que utilizaram um protocolo de exercícios com duração superior a 1 minuto, na qual a acidose foi a principal causa de fadiga, demonstrou efeitos positivos significativos no rendimento.

A carnosina pode limitar a acidose atuando como um tampão de íons de hidrogênio, mas também pode ser obtido um melhor rendimento contrátil por meio do melhor acoplamento excitação-contração e defesa contra espécies reativas de oxigênio, uma vez que a carnosina também é um antioxidante. Altas concentrações de carnosina são encontradas em indivíduos com alta proporção de fibras de contração rápida, porque essas fibras são enriquecidas com o dipeptídeo. O teor de carnosina no músculo é menor nas mulheres, diminui com a idade e é menor nos vegetarianos, cujas dietas não contêm beta-alanina. Os atletas treinados em arrancadas exibem carnosina acentuada nos músculos, mas o efeito de várias semanas de treinamento de alta intensidade na carnosina muscular é bastante pequeno. Portanto, os altos

níveis de carnosina em velocistas de elite são geneticamente determinados ou resultam da adaptação lenta a anos de treinamento. À luz dos efeitos positivos sobre o rendimento, não é de surpreender que a b-alanina esteja se desenvolvendo rapidamente como um suplemento nutricional ergogênico popular para atletas, embora os potenciais efeitos colaterais e o mecanismo de ação exijam pesquisas adicionais.

Em resumo, a maioria dos estudos que encontraram efeitos ergogênicos significativos até o momento foram realizados em indivíduos não treinados ou recreativamente ativos, realizando exercícios físicos em condições de laboratório. O menor número de estudos em atletas altamente treinados que realizam tarefas de exercício semelhantes à competição indica que esse tipo de população recebe benefícios de rendimento modestos, mas potencialmente valiosos, da suplementação de beta-alanina. Alguns estudos recentes também fornecem evidências que apoiam o uso de beta-alanina como um auxílio de treinamento para aumentar as ocasiões de treino de alta intensidade. (Trexler et al., 2015). A suplementação de beta-alanina também demonstrou aumentar o rendimento do treinamento de força e o volume de treinamento em atletas de esportes coletivos, o que pode permitir uma sobrecarga maior e adaptações superiores em comparação com o treinamento sozinho (Trexler et al., 2015). O potencial ergogênico da suplementação de beta-alanina para atletas de elite que realizam exercícios de alta intensidade repetidas vezes, seja durante o treinamento ou durante a competição em esportes que exigem esforços repetidos máximos, precisa de mais investigação (Derave et al. 2010, <https://bit.ly/2FmptQp>).

4.1.4 Bicarbonato de sódio e citrato de sódio

O bicarbonato de sódio é um dos suplementos mais baratos e mais disponíveis que discutiremos. Ele pode ser comprado em um supermercado como bicarbonato de sódio e, portanto, é um ingrediente normal usado na cozinha. Quando o exercício máximo é realizado por mais de 30 segundos, a maior parte da energia deriva da glicólise

anaeróbica. O ácido láctico é formado em altas taxas, e a acidez aumentada do músculo parece ser um fator limitante importante para o rendimento em eventos com duração de 1 a 10 minutos. Quando a carnosina atua como um tampão intracelular, o bicarbonato atua como o tampão extracelular (Figura 4). Existem várias substâncias que se enquadram na mesma categoria. Aqui vamos discutir o bicarbonato e o citrato de sódio.

Glicólise anaeróbica

O pH do sangue normalmente é de 7,4, e pode diminuir para 7,1 ou pouco menos após o exercício de alta intensidade. O pH do músculo normalmente gira em torno de 7,0 e pode diminuir para cerca de 6,5. O corpo possui vários sistemas para ajustar e regular o equilíbrio ácido-base. Os tampões químicos fornecem uma maneira eficaz e rápida de normalizar a concentração de H^+ . Outros sistemas incluem excreção de CO_2 por ventilação pulmonar e excreção de H^+ pelos rins.

Os principais tampões no músculo são fosfatos e proteínas teciduais. Os tampões mais importantes no sangue são proteínas, hemoglobina e bicarbonato. Durante o exercício intenso, os tampões intracelulares são insuficientes para tamponar todos os íons de hidrogênio formados. O efluxo de H^+ para a circulação aumenta e o bicarbonato tem um papel no tamponamento desses íons H^+ .



O mecanismo pelo qual o bicarbonato supostamente exerce sua ação é através desse tamponamento de H^+ no sangue (não no músculo, como é frequentemente afirmado). O tamponamento de H^+ no sangue, no entanto, aumenta o gradiente de H^+ e o efluxo de H^+ do músculo. Um grande número de estudos sobre os efeitos da ingestão de bicarbonato e rendimento no exercício produziram resultados equivocados. Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.

Vários estudos sugerem que uma dose mínima de ingestão de bicarbonato é necessária para melhorar o rendimento. Meta-análises da literatura disponível sugerem uma relação dose-resposta entre a quantidade de bicarbonato ingerida e o efeito de rendimento observado (Horswill, 1995). Uma dose de 200 mg/kg, ingerida 1 a 2 horas antes do exercício, parece melhorar o rendimento na maioria dos estudos, enquanto que 300 mg/kg parece ser a dose ideal (com efeitos colaterais toleráveis para a maioria dos atletas). Doses inferiores a 100 mg/kg não afetam o rendimento. Estas conclusões foram mais ou menos apoiadas por uma meta-análise muitos anos depois (Carr, Hopkins, & Gore, 2011). Dos 38 estudos que preencheram todos os critérios de inclusão, o bicarbonato de sódio produziu um aumento de rendimento possivelmente moderado de 1,7% (90% CL 2,0%) com uma dose típica de 300 mg/kg em uma única arrancada de 1 minuto. Os autores também concluíram que o efeito provavelmente foi maior com arrancadas repetidas.

A dose de 300 mg/kg é uma quantidade bastante grande, mas faz sentido porque é necessária uma grande quantidade de bicarbonato para causar um aumento significativo na capacidade de tamponamento do sangue. Ingestões superiores a 300 mg/kg tendem a resultar em problemas gastrointestinais (inchaço, desconforto abdominal e diarreia). Nenhum estudo mostra um efeito sobre o rendimento do exercício em exercícios de alta intensidade com duração inferior a 1 minuto. Exercícios como agachamento, supino e salto não são afetados. Além disso, o exercício de longa duração geralmente não é afetado. Portanto, uma janela para a eficácia do bicarbonato foi identificada entre aproximadamente 1 e 7 minutos. Mas um estudo de McNaughton, Dalton, and Palmer (1999) mostrou melhor rendimento em um teste de tempo de 1 hora, que foi acompanhado por maior pH do sangue durante todo o exercício (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

Efeitos colaterais

“Os efeitos colaterais da ingestão de bicarbonato de sódio em doses tão grandes podem ser graves. Em doses de 300 mg/kg, muitos atletas apresentam diarreia, desconforto gastrointestinal, inchaço e câibras 1 hora após a carga. Os efeitos dependem da dose. As principais causas

desses problemas são a grande quantidade de sódio que é ingerida com o bicarbonato e a reação do bicarbonato com o HCl no estômago, o que gera um grande volume de CO₂ que distende a parede do estômago” (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

É provável que beber quantidades maiores de água durante a carga alivie alguns dos problemas. A administração em cápsulas pode reduzir os efeitos colaterais.

“Pelo menos teoricamente, os tampões extra e intracelulares devem funcionar em paralelo e, portanto, os efeitos do bicarbonato e da beta-alanina devem ser aditivos. De fato, um estudo em remadores mostrou que tanto a suplementação crônica de beta-alanina como a suplementação aguda de bicarbonato de sódio tiveram efeitos positivos sobre o rendimento de 2.000 m de remada” (Hobson et al., 2012, <https://bit.ly/2FpBMvg>). A combinação da ingestão aguda de bicarbonato de sódio e crônica de beta-alanina melhoraram ainda mais o rendimento nas remadas. Quando a ingestão combinada foi investigada durante o exercício intermitente em condições hipóxicas, nenhum efeito foi observado, mas, neste estudo, nem o bicarbonato nem a beta-alanina apresentaram efeito.

Uma investigação recente mostrou um efeito de rendimento significativo em jogadores de futebol de elite suplementados com bicarbonato de sódio e potássio, juntamente com fosfato de cálcio, citrato de potássio e citrato de magnésio (Chycki et al., 2018). Os jogadores ingeriram os sais duas vezes ao dia durante um período de treinamento de nove dias. As melhorias no rendimento anaeróbico foram provavelmente causadas pelo aumento do pH do sangue em repouso e os níveis de bicarbonato.

Citrato de sódio

O citrato de sódio funciona de forma semelhante ao bicarbonato. Aumenta a capacidade de tamponamento do espaço extracelular para aumentar o efluxo de íons de hidrogênio a partir do espaço intracelular. O citrato de sódio é eficaz em limitar a diminuição do pH do sangue e melhorar o rendimento do exercício de alta intensidade com 2 a 4 minutos de duração (McNaughton & Cedaro, 1992; McNaughton, 1990). As doses típicas de citrato de sódio são de entre 300 e 500 mg/kg. Tal como o

bicarbonato de sódio, é provável que o citrato de sódio cause problemas gastrointestinais, como diarreia, câibras e inchaço. O citrato de sódio pode atuar como agente tamponante, melhorando o rendimento do exercício em eventos de até cerca de 10 minutos. Parece que o bicarbonato de sódio é mais eficaz que o citrato de sódio (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UEN0q7>.)