
Fadiga muscular e intervenções por meio de suplementos ergogênicos: uma mini revisão bibliográfica

Muscle fatigue and interventions through ergogenic supplements: a mini-review

Joselito Nardy Ribeiro^{1*}, Gabriel Pessoti Bof¹, Rafael Maffort Pacheco¹

RESUMO

A fadiga muscular é comumente presente em praticantes de atividades físicas e profissionais da área esportiva. Esta fadiga é associada à produção de ácido láctico e acidose. Entretanto, a literatura aponta que a causa é multifatorial, podendo ser dividida em central e periférica. Porém, muitos autores sugerem que os mecanismos envolvidos em ambas se relacionam. Embora comum, a fadiga pode se tornar um problema quando pensamos em alto rendimento, pois a capacidade de resistir a fadiga está diretamente relacionada com a performance. Sabe-se que a suplementação de ergogênicos pode auxiliar, cabendo, este tipo de intervenção, ao profissional de nutrição auxiliado pelo profissional de educação física. Portanto o presente trabalho objetivou apresentar alguns conceitos relacionados à fadiga como também meios de atenuá-la e/ou retardá-la através da suplementação de bicarbonato de sódio, beta-alanina, creatina, cafeína e “pré-treino”. Isto foi feito por meio de uma revisão bibliográfica narrativa, abordando as diferentes dosagens, momentos de administração e diferentes modalidades esportivas.

Palavras-chave: Fadiga muscular; Bioquímica; Suplementação;

ABSTRACT

Muscle fatigue is commonly present in practitioners of physical activities and sports professionals. This fatigue is associated with the production of lactic acid and acidosis, however the literature indicates that the cause is multifactorial and can be divided into central and peripheral, but many authors suggest that the mechanisms involved in both are related. Although common, fatigue can become a problem when we think about high performance, as the ability to resist fatigue is directly related to performance and it is known that ergogenic supplementation can help, and this intervention is up to the nutrition professional. Therefore, the present work aimed to present some concepts related to fatigue as well as ways to attenuate and/or delay it through the supplementation of sodium bicarbonate, beta-alanine, creatine, caffeine and “pre-workout” through a review narrative bibliographic, addressing the different dosages, administration times and different sports, leaving the nutrition professional to define the best choice according to the client/patient's goals.

Keywords: Muscle Fatigue, Biochemistry, Supplementation.

¹ Universidade Federal do Espírito Santo

*E-mail: joselito.ribeiro@ufes.br

INTRODUÇÃO

A fadiga muscular é amplamente discutida no âmbito da bioquímica e da fisiologia do exercício. Compreender a fadiga é conhecer as respostas fisiológicas durante e após o exercício (Enoka e Duchateau 2008). Apesar da fadiga ser comum e conhecida dentro dos praticantes de atividades físicas, não há um consenso teórico único sobre os mecanismos fisiológicos envolvidos (Moreira et al., 2008; Marques Junior, 2015). De forma geral, a fadiga pode ser definida como queda da capacidade do músculo em gerar tensão devido a repetidas estimulações (MCardle et al., 2017) e pode ser dividida em fadiga periférica e central.

Na literatura encontramos que a fadiga periférica pode ser associada a alterações homeostáticas no músculo esquelético. Ela está relacionada diretamente à relação entre volume e intensidade de exercício físico (Ascensão et al., 2003). Além disso, ela está associada a alterações nos processos de excitação-contração muscular e que, independentemente da causa de fadiga muscular, o resultado final é o declínio da geração de força muscular em decorrência do comprometimento da produção de força ao nível das pontes cruzadas ligadas à actina (Powers e Howley, 2017).

No meio esportivo a capacidade de manter a performance está condicionada diretamente à capacidade de resistir à fadiga. Portanto, a possibilidade de retardá-la é desejável para melhoria dos resultados. Em meio às possibilidades e estratégias, a intervenção nutricional por meio da suplementação pode ser uma alternativa barata e tangível. Tal alternativa pode atenuar a fadiga em prol do alto rendimento para além do planejamento alimentar, que já possui os benefícios bem presentes na literatura (McNaughton, 1992; Moneta, 2003; Mielgo-Ayuso, 2019).

As células e líquidos corporais possuem tampões que têm como função retardar e minimizar a acidose sanguínea, sendo um desses tampões o bicarbonato de sódio (NaHCO_3). Sem esses tampões, a grande concentração de íons de hidrogênio levaria à queda do pH, elevando o número de morte celular (Kenney e Costill, 2013). A ingestão de tampões exógenos, principalmente NaHCO_3 , antes do exercício é uma técnica que tem sido utilizada por atletas para aumentar a capacidade de tamponamento do corpo. Este

procedimento protege o organismo contra a acidose metabólica e retardando o aparecimento da fadiga durante o exercício (Carr et al., 2011).

Além da sua ação tamponante, retardando a fadiga, a suplementação com NaHCO_3 também pode amenizar a dor muscular tardia (DMT). Isto ocorre através da diminuição da concentração de H^+ no interior da célula, sendo que estes, juntamente com a prostaglandina E_2 , aumentam a sensibilidade dos receptores de dor (O'Connor e Cook, 1999).

Os benefícios da suplementação com relação à fadiga vão desde os efeitos crônicos, devido à creatina, até efeitos agudos devido à cafeína. Essa técnica de suplementar, em prol da performance, pode ser chamada de suplementação ergogênica. Os ergogênicos (Adj, grego *ergo*, trabalho + *gen*, produção), ou recursos ergogênicos, são substâncias ou artifícios que objetivam a melhora da performance e recuperação pós exercício, seja técnica de treinamento, suporte mecânico, intervenção nutricional, método farmacológico ou técnica psicológica.

Uma forma de tamponamento se dá pela suplementação de beta-alanina, que é um aminoácido precursor limitante na produção da carnosina. Essa última, é formada pela junção de dois aminoácidos, a L-histidina e a própria beta-alanina, numa reação catalisada pela enzima carnosina sintase (Drozak et al., 2010). A carnosina, por sua vez, é armazenada em sua maioria no músculo esquelético, tendo uma grande importância durante o exercício físico por possuir função tamponante. Tal função acarreta redução da acidose e, com isso, retarda a fadiga muscular (Hill et al., 2007).

Outro suplemento, bastante utilizado é a creatina, estando em evidência, tanto pela crescente procura e consumo dentro do mercado de suplementação, quanto por se apresentar como uma das biomoléculas mais pesquisadas por cientistas (Gualano, 2008). Nesse caminho, Andrade (2005) relata que a creatina é uma das poucas substâncias, pesquisadas com rigor metodológico, que apresenta seus benefícios comprovados. Seu consumo em doses além das fisiológicas vem se apresentando comum, tanto em atletas profissionais, como em amadores e atletas recreativos. Além de ser encontrado em certos tipos de alimentos, esse aminoácido é produzido pelo corpo humano, envolvendo pâncreas, fígado e rins. A Bioquímica revela que tal produção envolve os aminoácidos: glicina, metionina e arginina (Do Nascimento e Amaral, 2020) e que a creatina pode ser

encontrada em duas formas: livre, como creatina (Cr) e fosforilada, como fosfocreatina (PCr).

Com o intuito de unir os diversos benefícios supracitados, foram criados os suplementos popularmente conhecidos no Brasil como "Pré-treino", que na literatura encontram-se muitas vezes denominados como MIPS (Multi-ingredient pre-workout supplements). Os MIPS vêm atraindo o interesse de atletas, simpatizantes e estudiosos, em geral. Esses os produtos contêm uma mistura de ingredientes que podem melhorar a performance. Dentre tais ingredientes destacam-se: cafeína, aminoácidos, nitratos, creatina, β -alanina dentre outros (Jagim, 2016).

O presente estudo abordou a influência de alguns suplementos no âmbito esportivo com relação a melhora da performance, pois embora algumas formas de melhora da performance por meio da suplementação sejam bem esclarecidas e difundidas em meio acadêmico, muitas delas não são de senso comum quanto aos protocolos de suplementação.

METODOLOGIA

O estudo trata-se de uma revisão bibliográfica narrativa de cunho qualitativo. Esta pesquisa envolveu a literatura pertinente ao tema, resumo de ideias, compilação de teorias e compilação de dados. Os textos utilizados estão contidos em bancos de dados como: SciELO, Periódicos da Capes, LILACS, Google Acadêmico e PubMed, além de literaturas já publicada em forma de livros e artigos: Empregaram-se palavras chaves combinadas entre “Fadiga Muscular”, “Suplementação”, “Bicarbonato de sódio”, “Cafeína”, “Pré-treino”, “Beta-alanina”, “Creatina”. Utilizaram-se os operadores “and” para os termos em inglês, e, “e” para os termos em português. Este procedimento permitiu um maior número de resultados que, por sua vez, foram ordenados por relevância.

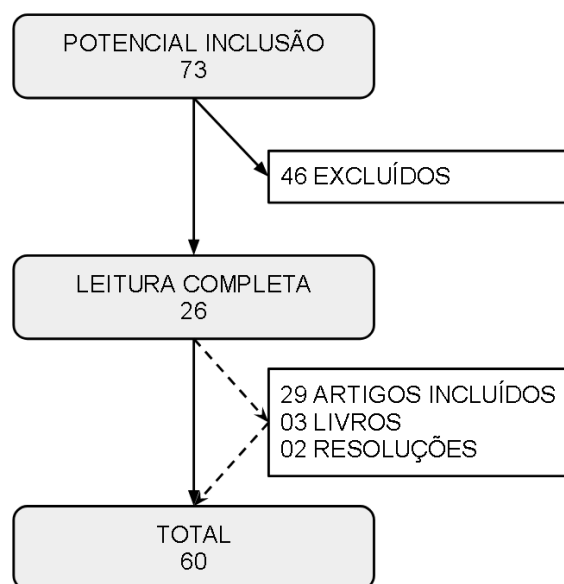
As duas perguntas principais foram: a) Quais as causas da fadiga? B) Como atenuar a fadiga por meio da suplementação?

Foram considerados, para a pesquisa, a literatura publicada tanto em língua portuguesa quanto em língua inglesa. Foram levadas em consideração as intervenções cabíveis ao

nutricionista, excluindo, portanto, intervenções farmacológicas e intervenções relacionadas à prática do exercício. Para obter maior precisão nos resultados, dois avaliadores e um orientador efetuaram a busca de forma independente e, ao final de cada busca, os trabalhos encontrados após a leitura dos títulos foram cruzados. Quando houve consenso entre os trabalhos analisados estes foram selecionados para a leitura dos resumos. A escolha dos suplementos utilizados neste trabalho se deu baseando-se na relação entre evidências e riscos no uso de suplementos alimentares segundo apresentado pelo Conselho Federal de Medicina (2018).

Após a leitura dos títulos foram considerados 73 trabalhos com potencial de inclusão. Após a leitura dos resumos foram excluídos 46, restando 26 artigos para leitura completa. E a partir da leitura desses artigos outros 29 foram selecionados para a leitura por terem sido citados ou incluídos em revisões de literatura e julgados interessantes para composição da revisão, além de 3 livros e 2 resoluções (Figura 1).

Figura 1. Resultados da busca na literatura científica



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conceitos gerais sobre fadiga muscular

Ao se levantar os aspectos relacionados à fadiga muscular, como também das suas possíveis causas, descobre-se que a fadiga é causada tanto por mecanismos centrais (fadiga central), como também por mecanismos periféricos (fadiga periférica). O tipo de fadiga mais esmiuçado depende tanto da linha de pesquisa quanto da metodologia aplicada pelos autores. Por exemplo, se um autor analisar aspectos relacionados a fadiga central, como impulsos nervosos, o mesmo vai apontar que esta é a causalidade da fadiga no geral, da mesma forma que a linha de pesquisa voltada para a fadiga periférica, apontará marcadores relacionados a esta.

Na literatura, a fadiga é abordada de diversas formas, seja da forma como ela se manifesta, sendo aguda ou crônica (Silva et al., 2006), ou que ela tem origem psicológica, que está relacionada à falta de motivação.

Esta variedade de conceitos e definições pode se dar pelo fato de a fadiga envolver diversos fenômenos que terão início de forma aguda, tendo como característica principal a dor, evoluindo para um cansaço generalizado que leva à desmotivação à prática do exercício (Fernandes et al., apud (Olivoto, 2020) p.40).

A fadiga envolve alguns fatores e tem relação direta com diversos mecanismos tais como: volume e intensidade do exercício, condições ambientais e fibras musculares recrutadas durante o exercício (Moreira et al. 2008).

Segundo Pinto et al. (2014) alguns fatores como depleção de substratos energéticos, concentração de potássio, acúmulo de metabólitos e alterações na concentração de cálcio podem ser apontados como causadores da fadiga. Porém outros autores afirmam que a causa principal é a depleção das reservas de PCr e glicogênio muscular. Isso, quando a demanda energética for maior do que a capacidade do corpo em produzi-la (Rossi e Tirapegui, 1999).

Sabendo que todas as reações químicas são catalisadas e reguladas por enzimas, estas por sua vez necessitam de um ambiente favorável, como pH e temperatura, ou seja, em ambientes acidificados ou alcalinizados sua atividade é alterada. Uma vez que os exercícios de alta intensidade levam a acidificação do meio, é sabido que as atividades

enzimáticas nessas condições são prejudicadas, diminuindo a síntese de ATP (Marzzoco e Torres, apud (Olivoto, 2020) p.42). Tal evento pode ocasionar a fadiga muscular.

Conforme a intensidade do exercício aumenta e persiste, por certo tempo, a via predominante para obtenção de energia é o metabolismo anaeróbio com produção de ácido láctico. Tal via provoca um aumento na concentração de H^+ devida a desprotonação do ácido láctico (pK_a 3,85). Acompanhando o aumento dessa concentração, há também um aumento na concentração de lactato muscular e sérico (em mg/dL ou mmol/L), sendo este um importante marcador indireto sobre as condições na qual o organismo se encontra metabolicamente (Robergs et al., 2004).

No meio esportivo, entre praticantes, atletas e treinadores, é comum ouvirmos que a fadiga é causada pelo ácido láctico. Entretanto, o ácido láctico não deve ser responsabilizado diretamente pela fadiga, mas sim a não eliminação adequada do mesmo (Kenney e Costill, 2013). Quando não eliminado ele se ioniza, produzindo lactato e H^+ . Este último, que na verdade é um íon hidrônio (H_3O^+), provoca acidose que, por sua vez, influencia negativamente na contração muscular. Isto inibe parcialmente enzimas importantes da via anaeróbia, como a fosfofrutoquinase-1 (PFK-1) e fosforilase (Gladden, 2004).

Porém a hipótese clássica proposta por alguns autores é a de que a fadiga se dá pela queda da disponibilidade de substratos energéticos para o músculo, durante o exercício. A falta de substrato influi diretamente na atividade de enzimas ATPases. Isto influi negativamente na cinética de alguns íons, tais como Na^+ e Ca^{2+} (Fitts, apud (Ascensão et al. 2003) p.115). Em grande parte dos exercícios, a utilização de glicose/glicogênio como fonte de energia e sua elevada taxa de degradação, comparativamente à dos lipídeos, realça a importância do primeiro como o substrato energético durante o exercício prolongado. Então, a depleção das suas reservas poderá favorecer o aparecimento precoce da fadiga.

Outro fator, discutido como causador da fadiga, é a acidose metabólica induzida pelo exercício de curta duração e de alta intensidade. Neste tipo de exercício, utiliza-se predominantemente a via anaeróbica láctica, onde a maior produção de ácido láctico resulta no aumento da concentração de íons H_3O^+ e consequente diminuição do pH (Ascensão et al. 2003).

A ação do H_3O^+ como agente indutor de fadiga, é corroborada por Fitts citado por Ascensão et al. ((2003) p.115), onde o mesmo demonstra que, além de provocar acidose, os íons H_3O^+ competem com os íons de Ca^{++} pelo sítio de ligação da troponina, prejudicando a capacidade contrátil da fibra muscular. Debold (2012) comprovou, por uma técnica chamada trap laser, que a acidose gera interferências no acoplamento entre as proteínas filamentosas actina e miosina, diminuindo a velocidade de contração muscular.

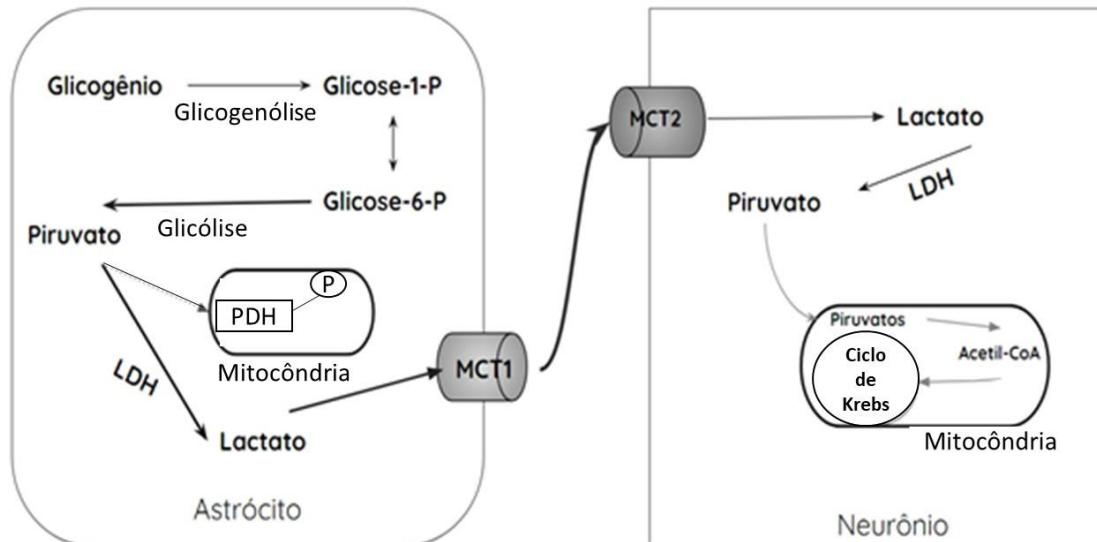
No caso da fadiga central, a mesma pode ser considerada como a falha voluntária ou involuntária na condução de impulsos nervosos levando a redução do número de unidades motoras ativadas e, também, nos disparos dos motoneurônios (Stackhouse, apud (Ascensão et al., 2003)p.112).

Estudos mostram existir evidências de feedbacks que inibem a taxa de descarga de motoneurônios, justificando a importância de mecanismos centrais na manutenção da força, sendo esses feedbacks provenientes de mecanorreceptores (fusos neuromusculares e/ou dos órgãos tendinosos de Golgi), ou de terminações nervosas do tipo III e IV, que parecem ser sensíveis ao acúmulo de metabólitos no músculo (Gandevia, 2001).

Durante o exercício físico os neurônios são ativados aumentando a demanda de energia do cérebro (Secher et al., 2008). Porém, a queda da glicose sanguínea pode comprometer o funcionamento cerebral. No entanto, alguns estudos levantaram hipóteses de que o lactato, derivado do piruvato da glicólise, alimentada pela glicogenólise (ativada pela noradrenalina) do glicogênio armazenado nos astrócitos, atua para manter os níveis de ATP do cérebro durante exercícios exaustivos. Tal lactato, passaria dos astrócitos para os neurônios, através de transportadores monocarboxilados (MCT) nesses dois tipos de células (Matsui, 2017). O lactato seria convertido em piruvato pela lactato desidrogenase neuronal e este, por sua vez, em acetil-CoA pela piruvato desidrogenase neuronal. Com objetivo de comprovar a hipótese, pesquisadores utilizaram ratos induzidos a um programa de exercícios prolongados, sob irradiação de micro-ondas para a detecção precisa de glicogênio cerebral, eletroforese capilar baseada em espectrometria de massa, além de inibidores de glicogenólise (1,4-didesoxi-1,4-imino-d-arabinitol; DAB) e transporte de lactato (α -ciano-4-hidroxicinamato; 4-CIN) (Matsui, 2017). Durante o exercício exaustivo prolongado, o glicogênio muscular foi esgotado e o glicogênio cerebral diminuiu juntamente com os níveis de glicose sanguínea. Houve aumento da

atividade serotoninérgica, sugerindo diminuição do glicogênio cerebral como um fator integrativo para a fadiga central (Matsui, 2017). Experimentos com roedores, que permitem a manipulação direta de serotonina e dopamina no cérebro durante o exercício, indicam claramente que o aumento da atividade serotoninérgica reduz o desempenho, enquanto o aumento da atividade dopaminérgica está associado ao aumento do desempenho (Cordeiro, 2017). O exercício exaustivo prolongado também aumentou a produção da proteína MCT2 no cérebro, que absorve o lactato nos neurônios. O estudo dos metabólitos revelou que o ATP do cérebro foi mantido com lactato e outras fontes glicogenolíticas e glicolíticas, mas não o do músculo. Além disso, quando injetado, os inibidores DAB e 4-CIN diminuíram os níveis de ATP, o que resultou em menor capacidade de resistência ao exercício (Matsui, 2017). Foi verificado, também, que o motivo pelo qual o piruvato, derivado da glicogenólise nos astrócitos, durante o exercício intenso, não é utilizado nas cadeias respiratórias dos mesmos, advém do fato de que a enzima Piruvato Desidrogenase Astrocítica (PDH_{AST}) está altamente fosforilada. Tal fosforilação reduz a atividade da PDH_{AST} , acumulando piruvato que é reduzido a lactato em uma reação química envolvendo gasto de NADH astrocítico e catalisada pela enzima Lactato Desidrogenase Astrocítica (Itoh apud (Magistretti e Allaman, 2018) pág. 237). Assim, o lactato pode ser enviado aos neurônios e o NAD^+ astrocítico mantém a via glicolítica dos astrócitos na etapa catalisada pela gliceraldeído-3-P-desidrogenase ($G3PDH$). Outra característica peculiar dos astrócitos está relacionado à organização dos complexos da cadeia respiratória, mais precisamente no complexo I, resultando em respiração mitocondrial pouco eficiente (Lopez-Fabuel et al. apud (Magistretti e Allaman, 2018) pág. 238). Com base nestes resultados fica evidente que o lactato, derivado do glicogênio do astrocítico, alimenta o cérebro com lactato (Figura 2) para manter a capacidade de resistência durante exercícios exaustivos, ou seja, os níveis de ATP cerebrais mantidos pelo glicogênio podem servir como um possível mecanismo de defesa para os neurônios no estado de exaustão na fadiga central (Matsui, 2017).

Figura 2. Quebra do glicogênio astrocítico para suporte de energia para os neurônios via lactato durante o exercício.



Ao analisar as duas linhas de pesquisa, encontram-se aspectos que as conectam entre si. Isso faz com que sejam estudadas em conjunto (Silva et al., 2006), uma vez que os mecanismos envolvidos tanto na fadiga central, quanto na periférica, estão relacionados. Um exemplo disso são os feedbacks provenientes de mecanorreceptores estimulados pelo acúmulo de metabólitos citados nos mecanismos de fadiga central, metabólitos esses provenientes de processos intrínsecos a musculatura e relacionados também à fadiga periférica. Outro exemplo é a relação entre demanda energética durante o exercício. Neste, a maior captação da glicose sanguínea pelos músculos diminui a oferta de glicose para o cérebro levando à fadiga central desencadeada por processos periféricos. A partir dessa observação, podemos destacar a importância dos astrócitos em fornecer substrato para os neurônios (Matsui, 2017). Em suma, os estudos em geral demonstram que diversos fatores estão associados à fadiga e que um deles, por si só, não pode ser considerado como único.

Suplementação de bicarbonato de sódio

Alguns estudos já relacionaram certas variáveis como tempo de recuperação, pH sanguíneo e trabalho total, com a ingestão de bicarbonato. McNaughton et al. (2008) constata que tanto nos exercícios de alta intensidade e baixo volume, como nos de grande volume e menores intensidades, obtiveram-se benefícios com a suplementação de bicarbonato de sódio, evidenciando sua efetividade como recurso ergogênico. Nessa revisão, os exercícios resistidos foram divididos em: série única, múltiplas séries, desempenho de resistência e carga constante.

Para se chegar a uma conclusão de qual seria a melhor dosagem de bicarbonato para se obter efeito ergogênico, McNaughton (1992), realizou um estudo em que um grupo de homens saudáveis, passou por todos os protocolos: controle, placebo e doses de 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 e 0,5 g/kg de massa corporal. O protocolo de controle e placebo e a dose de 0,1 g/kg não obtiveram resultados satisfatórios quanto ao desempenho físico. A dose de 0,2 g/kg obteve um aumento nos níveis sanguíneos de bicarbonato, e do lactato pós esforço e pequena melhora no desempenho. As doses de 0,3, 0,4 e 0,5 g/kg resultaram em um aumento significativo do bicarbonato no sangue e lactato pós esforço, melhorando também o desempenho físico. Entretanto, as doses mais elevadas de 0,4 e 0,5 g/kg induziram maior desconforto gastrointestinal, concluindo que a melhor dosagem seria a de 0,3 g/kg.

A ingestão de bicarbonato de sódio aumenta a concentração de HCO_3^- no estômago, neutralizando parte do H_3O^+ do HCl formando CO_2 , aumentando o pH. Tal alteração de pH estimula o $\text{Cl}^- / \text{HCO}_3^-$ antiporter nas células parietais, que transporta HCO_3^- no fluido extracelular. Este transporte é acoplado à bomba $\text{H}_3\text{O}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ que secreta H_3O^+ no lúmen do estômago para restaurar o pH. Isto resulta em aumento de pH devida ao aumento da concentração de HCO_3^- . Com isso aumenta-se a atividade dos transportadores de monocarboxilato, aumentando assim o transporte de H_3O^+ para fora das células musculares e melhorando o equilíbrio ácido-base intramuscular (Petrovic, 2003). Com o melhor controle de pH nas células musculares, ocorrem taxas glicolíticas mais altas, resultando em maior produção de ATP.

Apesar de ser usado por muitas vezes como remédio para indigestão, muitos autores relataram que a sobrecarga de bicarbonato pode levar a desconfortos gastrointestinais, como diarreia, cólica, azia e distensões abdominais. Entretanto, a suplementação realizada junto com uma refeição rica em carboidratos (1,5g / kg de massa corporal)

apresenta menor ocorrência de tais efeitos (Carr et al., 2011). Pautando-se na quantidade não causadora de efeitos indesejáveis, Felipe (2013) sugere que o tempo de consumo antes do início do exercício (60-120 minutos) com dosagem de 0,3 a 0,4 g/kg corporal, divididas em 2 ou 3 doses com Intervalo entre as doses 15 a 30 minutos é o ideal, quando consumida em forma de cápsulas na presença de água.

Com base em uma revisão crítica, sobre os efeitos da suplementação com NaHCO_3 no desempenho do exercício, Grgic et al. (2021) apresentaram as seguintes conclusões:

1. Doses de 0,2 a 0,5 g/kg melhoram o desempenho em diversas modalidades esportivas, principalmente em exercícios de alta intensidade que duram entre 30 s e 12 min.
2. O NaHCO_3 melhora o desempenho em exercício de sessão única e múltipla, tanto em homens quanto em mulheres.
3. A dose ideal de NaHCO_3 para efeitos ergogênicos parece ser de 0,3g/kg. Doses mais altas (0,4 ou 0,5 g/kg), em doses únicas, podem não fornecer benefícios adicionais em comparação com 0,3 g/kg, e estão associados a uma maior incidência de efeitos colaterais adversos.
4. O tempo recomendado de ingestão para protocolos de dose única está entre 60 e 180 min antes do exercício.
5. A suplementação de NaHCO_3 , por vários dias, pode ser eficaz para melhorar o desempenho nos exercícios. A duração desses protocolos é geralmente entre 3 e 7 dias em doses de 0,4 ou 0,5 g/kg / dia dividida em doses menores de 0,1 a 0,2 g/kg. Os benefícios deste protocolo está na diminuição dos efeitos colaterais adversos.
6. O uso de NaHCO_3 a longo prazo pode melhorar a capacidade de resistir a fadiga, e melhora da potência.
7. Os efeitos colaterais mais comuns são inchaço, náuseas, vômitos e dor abdominal. E estes efeitos podem ser minimizados ingerindo as doses de 0,2 e 0,3 g/kg (em cápsulas) com cerca de 180 min antes do exercício, junto com uma refeição rica em carboidratos.
8. Combinar NaHCO_3 de com creatina ($\text{C}_4\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$) ou β -alanina ($\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$) pode produzir efeitos aditivos no exercício.

9. O NaHCO_3 melhora o desempenho nos exercícios, porém uma parte do efeito ergogênico do bicarbonato de sódio parece ser impulsionado pelo placebo.

Suplementação de beta-alanina

Segundo Gardner et al. citado por Hobson et al. (2012), p.273) A suplementação de carnosina ($\text{C}_9\text{H}_{14}\text{N}_4\text{O}_3$) é uma estratégia sem eficiência para elevar a concentração de carnosina na musculatura. Isso deve-se ao fato de que em sua passagem pelo trato digestivo, proteases hidrolisam esse peptídeo e, com isso, a eficiência na absorção diminui. Por outro lado, alguns estudos demonstraram que a suplementação de seu constituinte limitante, a beta-alanina, é bastante eficiente para potencializar os níveis de carnosina no organismo (Saunders, 2017). Sua suplementação ganhou notoriedade nos últimos meses pelo fato da ANVISA (Resolução-Re N° 4.502, publicada no Diário Oficial da União em 9 de novembro de 2020) ter liberado sua comercialização como suplemento alimentar no Brasil (Brasil, 2020).

Os benefícios da suplementação de beta-alanina são visualizados em exercícios cuja duração varia de 0,5 a 10 min, sem comprovação de efeito em exercícios de duração inferior a 0,5 min, pois esse tempo não é suficiente para acumular íons H_3O^+ (Saunders, 2017) demonstrando que o benefício da suplementação de beta alanina depende do tipo de exercício praticado. Essa suplementação aumenta os níveis de carnosina no músculo mostrou-se eficiente com a suplementação de 1,6g/dia de beta-alanina durante 2 semanas (Stellingwerff, 2012), da mesma forma que para beneficiar o exercício físico necessitou-se de doses de 3,2 a 6,4g/dia durante 4-12 semanas (Hill et al., 2007).

É aconselhado a ingestão diária por um período de no mínimo 2 a 4 semanas de beta-alanina com doses de 3,2 a 6,4g/dia fragmentadas durante o dia (0,8 a 1,6g a cada 3 - 4 horas) (Saunders, 2017). Esse acréscimo na ingestão de beta-alanina leva ao aumento de 20 a 30% na quantidade de carnosina muscular em 2 semanas (Baguet, 2009), com pico de benefícios visualizado após 4 semanas (40 a 60% de aumento) (Stellingwerff, 2012). Observou-se, também, que a junção da suplementação de beta-alanina com a refeição auxiliou no aumento dos níveis de carnosina muscular (Stegen et al., 2013).

Suplementação de Creatina

Após sua produção, a creatina (Cr) é carregada pelo sangue para o músculo, onde é armazenada. Cerca de 95 a 98% do seu total, essa creatina se encontra de duas maneiras, livre e junta com uma molécula de fósforo, dando origem a fosfocreatina (PCr), responsável por recompor reservas energéticas, usada muitas vezes em atividades de baixo volume e altas intensidades, como provas de 100 m rasos ou levantamento de peso no treino de musculação (Peralta, 2002; MCardle et al. 2017).

Em seu estudo, Balsom et al. (1995), mostrou que a incorporação de creatina é inversamente proporcional ao nível de treinamento, ou seja, indivíduos pouco treinados a incorporam de maneira mais eficiente do que pessoas com treinamento elevado. A saturação intramuscular da creatina é a causa possível, principalmente se levarmos em consideração que os indivíduos mais treinados já possuem uma ingestão elevada de proteína na alimentação, como por exemplo, a carne vermelha que é uma fonte de Cr.

Com relação à melhora da performance, com o aumento das reservas musculares de PCr, ao serem hidrolisadas atua como tamponante dos íons H^+ , assim, evitando uma diminuição no pH. A diminuição das concentrações de lactato no sangue se dá pela menor ação da via glicolítica na síntese de energia, sendo usada em seu lugar a via ATP-CP, onde ocorre ressíntese dos nucleotídeos pela degradação da PCr (Balsom et al., 1995).

O acréscimo na concentração de Cr eleva não só o trabalho total em esforços máximos no ciclo ergogênico, mas também, o desempenho em esforços repetidos de alta intensidade e curta duração segundo Altimari et al. (2006). Uma pesquisa realizada por Moneta (2003), mostrou que remadores suplementados com creatina obtiveram um maior volume de exercícios em relação ao grupo que não fez uso da substância, o que fez com que seu desempenho se elevasse. Melhora da performance também encontrada em nadadores de 100m livres, onde houve diminuição em seus tempos de prova relacionada ao uso da Cr (Moraes, 2004).

Em idosos, a suplementação de creatina pode trazer benefícios no que se refere a fadiga, manutenção da massa muscular, no desempenho das atividades de vida diárias e em sua cognição. Além disso, se tratando de idosos sarcopênicos, essa suplementação apresentou

melhora na fadiga, assim sendo, recomendada para aqueles que apresentam déficit e a falta da Cr (Cruz-Jentoft, 2017).

Ainda não há um consenso sobre a forma e a quantidade de Cr que deve ser consumida, porém, pesquisadores apontam que o consumo de Cr deve-se dar por duas fases, na primeira, 5-7 dias, ocorre o carregamento (Loading Phase) com ingestão de 20 a 30g por dia de Cr, posteriormente a essa primeira fase é feita uma manutenção, ingerindo de 2 a 5g por dia de 4 a 10 semanas, (Stevenson e Dudley, 2001). Quando suplementada, a Cr exógena faz com que os níveis da Cr corporal aumentem, com sua utilização entre quatro e seis semanas, acima de tudo se utilizada junto com a prática de atividade física (Hanna et al., 2020). Segundo Cruz-Jentoft (2017), é recomendado o uso crônico de 3 a 5g diárias para manter os níveis de Cr elevados. Além disso, de acordo com estudos de Green et al (1997), a ingestão de carboidrato juntamente com a Cr promove um aumento, tanto na concentração como na absorção plasmática e muscular da mesma. No Brasil suplementos a base de creatina devem conter entre 1,5 a 3g de Cr por dose segundo a RDC nº 18 de abril de 2010 (Brasil, 2010).

Suplementação de Cafeína

O mecanismo responsável pelo efeito ergogênico da cafeína ($C_8H_{10}N_4O_2$) está envolvido com a sua ação como antagonista da adenosina (Backhouse et al., 2011), além de sua ação sobre o sistema nervoso central (SNC), onde atua sobre a percepção subjetiva de esforço e propagação de sinais neurais. No músculo promove alterações na bomba de sódio e potássio, aumento na mobilização de cálcio e inibição da fosfodiesterase, além de maior mobilização de ácidos graxos dos tecidos e consequentemente menor oxidação de carboidratos (Silvestre, apud (Silva et al. 2021) p.9).

Mielgo-Ayuso et al. (2019), por meio de uma revisão de literatura sobre os efeitos ergogênicos da cafeína no futebol, constataram que com doses de no mínimo 3 mg/kg, ingerida 5–60 minutos antes da prática de futebol, elevam a performance em algumas valências físicas como o salto e corrida. No entanto, a cafeína não pareceu causar alterações quanto ao dano muscular e na percepção de esforço durante a prática do futebol.

Esportes de luta também parecem se beneficiar da suplementação de cafeína. De acordo com Santos et al. (2014) doses agudas de 5 mg/kg de cafeína reduziram o tempo de reação durante uma atividade específica de taekwondo. Além disso, não se observou um decréscimo da intensidade no decorrer dos rounds durante uma luta simulada em relação ao grupo placebo. Isto mesmo com maiores concentrações apresentadas no grupo suplementado.

Na literatura encontramos também que a suplementação aguda de cafeína na dosagem de 6 mg / kg é capaz de facilitar a recuperação da potência anaeróbia e atenuar a dor muscular de início tardio (DMIT). Além disso, os atletas do sexo masculino, em comparação com as do sexo feminino, obtiveram melhores resultados quanto aos parâmetros estudados. Isto sugere que os atletas do sexo masculino podem obter melhor benefício do efeito ergogênico da cafeína quando comparados a atletas do sexo feminino (Chen et al., 2019).

A superdosagem de cafeína, acima de 9 mg/kg, pode levar à intoxicação, apresentando sintomas como agitação, distúrbios gastrointestinais, taquicardia, tremores e em casos mais graves a morte (Cappelletti et al., 2015). No Brasil, suplementos a base de cafeína devem conter entre 210-420 mg de cafeína por dose segundo a RDC nº 18 de abril de 2010 (Brasil, 2010).

Suplementação de “Pré Treino”

Muitos dos ingredientes comuns usados na formulação dos MIPS agem sobre diferentes mecanismos fisiológicos, muitos pesquisadores especularam se certas combinações destes ingredientes podem conferir um efeito sinérgico eficaz com relação a performance (Jagim, 2016). No entanto, muitos MIPS que foram investigados na literatura não informam a quantidade de determinados ingredientes pois se apresentam como uma fórmula patenteada. Isto torna difícil fazer comparações diretas quanto aos efeitos de um determinado produto em relação a quantidade equivalente de um determinado ingrediente individual (Harty et al., 2018). Porém, encontramos alguns estudos que comparam a suplementação de determinado MIPS com semelhante, presente ou não de determinado ingrediente. Como exemplo tem-se o estudo de Lane e Byrd (2018), onde os autores compararam os efeitos de um MIPS contendo cafeína contra um placebo compatível com

caféina, além de um placebo inerte. Constatou-se uma melhora da performance em relação ao placebo após a suplementação.

Em sua revisão de literatura sobre os efeitos relacionados a suplementação de “pré-treino”, Harty et al. (2018) afirmam que as comparações entre as diferentes formulações de MIPS permanecem desafiadoras devido às grandes variações nos ingredientes e dosagens, e que os efeitos relacionados a melhora da performance estão associados aos ingredientes de cada formulação, e muitos deles já citados e seus efeitos descritos anteriormente.

Com objetivo de examinar os efeitos de uma dose aguda de um MIPS em corrida de 5 km quanto ao desempenho e medidas subjetivas de fadiga, Lutsch et al. (2019) submeteram vinte indivíduos treinados aerobicamente em um teste duplo-cego. O suplemento continha como ingredientes, caféina anidra (150 mg), beta alanina (1,6 g) e alfa-cetoglutarato de arginina (AKG) (1,0 g), e os resultados indicaram que não houve diferença significativa no tempo de corrida de 5 km entre as condições de suplemento e placebo. E sob as sensações de fadiga, não houve interações significativas entre condição x tempo ou efeitos principais para a condição, indicando que a suplementação não forneceu nenhum efeito ergogênico quando administrado de forma aguda em indivíduos treinados aerobicamente.

No Brasil é comum encontrar na formulação dos "pré-treino" (MIPS) a taurina. Em relação à mesma, investigaram-se seus efeitos metabólicos em atletas. Os resultados revelaram um efeito cardioprotetor durante o exercício, devido a prevenção do aumento da creatina quinase (CK) e inibição da queda das concentrações das proteínas plasmáticas totais nas primeiras 24 horas após o exercício. Esses efeitos devem-se ao aumento da função cardíaca através da regulação da homeostasia intracelular de cálcio, aumentando a taxa de bombeamento e da quantidade de cálcio nas proteínas miofibrilares contráteis (Ono et al. apud (Agnol e Souza, 2009). p.124).

Finalmente, apesar desses benefícios, deve-se levar em conta que, no Brasil, muitos produtos são importados, e para que sejam comercializados devem se adequar a legislação brasileira em relação a composição e a rotulagem. Com base nesse ponto Machado (2015), fez um levantamento de 30 rótulos encontrados em lojas de uma região de Brasília/DF e os confrontaram com a RDC nº 18 de abril de 2010 (Brasil, 2010). Os resultados do levantamento apresentaram irregularidades, seja pelas dosagens abaixo do

recomendado, informações incompletas ou ausência delas. Isto pode levar a erros no consumo de suplementos e por consequência riscos à saúde dos consumidores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se fala de performance e exercício físico, os aspectos relacionados à fadiga devem ser considerados, principalmente se considerarmos o esporte de alto rendimento, e a suplementação. Esta última têm sido cada vez mais utilizada por atletas e praticantes de atividades físicas visando à melhoria da performance. Além disso, é utilizada por indivíduos saudáveis para complementar a dieta. Estes fatores revelam que o papel do nutricionista está além do manejo nutricional de macro e micronutrientes. Contudo o presente trabalho não objetivou apontar qual suplemento deve ser indicado para melhora da performance, cabendo essa escolha ao profissional nutricionista de acordo com os objetivos do seu paciente. Além disso, se o uso de suplemento tiver como objetivo uma vida saudável que inclua exercícios, obviamente o apoio do Educador Físico, Fisioterapeutas, Médicos Cardiologistas, endocrinologistas, entre outros. Isto demonstra a importância da interdisciplinaridade nas áreas da saúde, visando cada vez mais o bem-estar da sociedade.

REFERÊNCIAS

Agnol TD, Souza PFAd. Efeitos fisiológicos agudos da taurina contida em uma bebida energética em indivíduos fisicamente ativos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2009; 15: 123-6.

Altimari LR, Okano AH, Trindade MCC, Cyrino ES, Tirapegui J. Efeito de oito semanas de suplementação com creatina monoidratada sobre o trabalho total relativo em esforços intermitentes máximos no cicloergômetro de homens treinados. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*. 2006; 42(2): 237-44.

Andrade MF. Avaliação do efeito da suplementação oral de creatina em curto prazo sobre a força e a composição corporal em indivíduos fisicamente ativos e não atletas. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Católica de Brasília. 2005.

Ascensão M, Magalhães J, Oliveira J, Duarte J, Soares J. Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceitual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*. 2003; 3(1): 108-123.

- Backhouse SH, Biddle SJ, Bishop NC, Williams C. Ingestão de cafeína, afeto e esforço percebido durante o ciclismo prolongado. *Apetite*. 2011; 57(1): 247-52.
- Baguet A, Reyngoudt H, Pottier A, Everaert I, Callens S, Achten E, et al. Carnosine Loading and Washout in Human Skeletal Muscles. *Journal of applied physiology*. 2009; 57(1): 247-252.
- Balsom PD, Soderlund K, Sjodin B, Ekblom B. Skeletal Muscle Metabolism During Short Duration High-intensity Exercise: Influence of Creatine Supplementation. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1995; 154(3): 303-10.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 18, de 27 de abril de 2010. Aprova o regulamento técnico sobre alimentos para atletas.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-Re nº4502, de 09 de novembro de 2020. Aprova o regulamento técnico sobre alimentos para atletas.
- Cappelletti S, Daria P, Sani G, Aromatario M. Caffeine: cognitive and physical performance enhancer or psychoactive drug? *Current neuropharmacology*. 2015; 13(1): 71-88.
- Carr AJ, Slater GJ, Gore CJ, Dawson B, Burke LM. Effect of sodium bicarbonate on $[HCO_3^-]$, pH, and gastrointestinal symptoms. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2011; 21(3): 189-194.
- Chen HY, Chen YC, Tung K, Chao HH, Wang HS. Effects of caffeine and sex on muscle performance and delayed-onset muscle soreness after exercise-induced muscle damage: a double-blind randomized trial. *Journal of Applied Physiology*. 2019; 127(3): 798-805.
- Cordeiro Lea. Physical exercise-induced fatigue: the role of serotonergic and dopaminergic systems. *Brazilian journal of medical and biological research*. 2017; 50.
- Cruz-Jentoft AJ. Sarcopenia: o que um farmacêutico deve saber? *Farmácia Hospitalaria*. 2017; 41(4): 543-9.
- Debold EP. Recent insights into muscle fatigue at the cross-bridge level. *Front Physiol*. 2012; 3: 151.
- Do Nascimento OV, Amaral AdS. Efeitos da suplementação de creatina sobre o desempenho humano: uma revisão de literatura. *BIUS-Boletim Informativo Unimotrisaúde em Sociogerontologia*. 2020; 21(15): 1-20.
- Drozak J, Veiga da Cunha M, Vertommen D, Stroobant V, Van Schaftingen E. Molecular Identification of Carnosine Synthase as Atp-Grasp Domain-Containing Protein 1 (ATPGD1). *Journal of Biological Chemistry*. 2010; 285(13): 9346-9356.
- Enoka RM, Duchateau J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *The Journal of physiology*. 2008 Janeiro; 586(1): 11-23.
- Felippe LC. Efeito da ingestão de bicarbonato de sódio no desempenho em exercícios intermitentes de alta intensidade: uma revisão sistemática. *ACTA Brasileira do Movimento Humano*. 2013; 3(2): 19-42.
- Gandevia S. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev*. 2001; 81(4): 1725-89.

- Gladden LB. Lactate Metabolism: a new paradigm for the third millennium. *J Physiol*. 2004 Julho; 558(1): 5-30.
- Green Nea. Effect of Oral Cr Supplementation, in Muscle Concentration. *J Appl Physiol*. 1997; 271(34): 821-6.
- Grgic Jea. Posição da Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva: bicarbonato de sódio e desempenho no exercício. *Revista da Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva*. 2021; 18(1): 1-37.
- Gualano Bea. Effects of creatine supplementation on glucose tolerance and insulin sensitivity in sedentary healthy males undergoing aerobic training. *Amino acids*. 2008; 34(2): 245-250.
- Hanna RM, Ghobry L, Wassef O, Rhee CM, Kalantar-Zadeh K. A Practical Approach to Nutrition, Protein-Energy Wasting, Sarcopenia, and Cachexia in Patients with Chronic Kidney Disease. *Blood Purification*. 2020; 49(1-2): 202-11.
- Harty PS, Zabriskie HA, Erickson JL, Molling PE, Kerksick CM, Jagim AR. Multi-ingredient pre-workout supplements, safety implications, and performance outcomes: A brief review. *ournal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018; 15(1): 1-28.
- Hill CA, Harris RC, Kim HJ, Harris BD, Sale C, Boobis LH, et al. Influence of Beta-Alanine Supplementation on Skeletal Muscle Carnosine Concentrations and High Intensity Cycling Capacity. *Amino Acids*. 2007; 32(2): 225-233.
- Hobson RM, Saunders B, Ball G, Harris RC, Sale C. Effects of β -Alanine Supplementation on Exercise Performance: A Meta-Analysis. *Amino Acids*. 2012; 43(1): 25-37.
- Jagim A R ea. The acute effects of multi-ingredient pre-workout ingestion on strength performance, lower body power, and anaerobic capacity. *J Int Soc Sports Nutr*. 2016; 13(11).
- Kenney WL, Costill DL. *Fisiologia do esporte e do exercício*. 5th ed. Barueri: Manole; 2013.
- Lane MT, Byrd MT. Effects of pre-workout supplements on power maintenance in lower body and upper body tasks. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 2018; 3(1): 11.
- Lutsch DJ, Camic CL, Jagim AR, Johnston NJ, Musgjerd TL. Acute effects of a multi-ingredient pre-workout supplement on 5-km running performance in recreationally-trained athletes. *International journal of exercise science*. 2019; 12(2): 1045.
- Machado VHdS. *Avaliação da adequação da rotulagem de suplementos pré-treino para atletas*. 2015.
- Magistretti PJ, Allaman I. Lactate in the brain: from metabolic end-product to signalling molecule. *Nature Reviews Neuroscience*. 2018; 19(4): 235-249.
- Marques Junior NK. Mecanismos fisiológicos da fadiga. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. 2015; 9(56): 671–720.
- Matsui Tea. Astrocytic glycogen-derived lactate fuels the brain during exhaustive exercise to maintain endurance capacity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2017; 114(24): 6358-6363.
- MCardle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano*. 8th ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017.

McNaughton LR. Bicarbonate ingestion: effects of dosage on 60 s cycle ergometry. *Journal of sports sciences*. 1992; 10(5): 415-423.

McNaughton LR, Siegler J, Midgley A. Ergogenic effects of sodium bicarbonate. *Current sports medicine reports*. 2008; 7(4): 230-236.

Medicina CFd. Medicamentos e suplementos nos exercícios e esportes: dopagem e antidopagem, orientações de uso, riscos à saúde, responsabilidade profissional. [Online].; 2018 [cited 2021 Agosto 03. Available from: http://www.cbc.esp.br/img/governanca/medicina_esporte.pdf.

Mielgo-Ayuso J, Calleja-Gonzalez J, Del Coso J, Urdampilleta A, León-Guereño P, Fernández-Lázaro D. Suplementação de cafeína e desempenho físico, dano muscular e percepção de fadiga em jogadores de futebol: uma revisão sistemática. *Nutrientes*. 2019; 11(2): 440.

Moneta JC. Effect of Creatine Supplementation on Aerobic Performance and Anaerobic Capacity in Elite Rowers in the Course of Endurance Training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2003; 13(2): 173- 183.

Moraes MR, Simões HG, Campbel CSG, Baldissera V. Suplementação de Monoidrato de Creatina: Efeitos Sobre a Composição Corporal, Lactacidemia e Desempenho de Nadadores Jovens. *Motriz*. 2004; 10(1).

Moreira PVS, Teodoro BG, Neto AMM. Bases neurais e metabólicas da fadiga durante o exercício. *Bioscience Journal*. 2008; 24(1).

O'Connor PJ, Cook DB. Exercise and Pain: The Neurobiology, Measurement, and Laboratory Study of Pain in Relation to Exercise in Humans. *Exercise and sport sciences reviews*. 1999; 27(1): 119-166.

Olivoto RRea. Fadiga: revisão integrativa com base nos conceitos de fisiologia, bioquímica e biofísica. *Ciência em Movimento*. 2020; 22(43): 35-51.

Peralta J, Amancio OMS. A Creatina como Suplemento Ergogênico para Atletas. *Revista de Nutrição*. 2002; 15(1): 83-93.

Petrovic Sea. Identification of a basolateral Cl⁻/HCO₃⁻ exchanger specific to gastric parietal cells. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*. 2003; 284(6): 1093-1103.

Pinto CL, Painelli VdS, Junior AHL, Artioli GG. Lactato: de causa da fadiga a suplemento ergogênico?. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. 2014; 22(2): 173–181.

Powers SK, Howley ET. *Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento físico e ao desempenho*. 9th ed. São Paulo: Editora Manole Ltda; 2017.

Robergs RA, Ghiasvande F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American journal of physiology*. 2004 Setembro; 287(3): 502-516.

Rossi L, Tirapegui J. Aspectos atuais sobre exercício físico, fadiga e nutrição. *Rev Paul Educ Fís*. 1999; 13(1): 67-82.

Santos VGF, Santos VR, Felipe LJ, Almeida Junior JW, Bertuzzi R, Kiss MA, et al. A cafeína reduz o tempo de reação e melhora o desempenho na competição simulada de taekwondo. *Nutrientes*. 2014; 6(2): 637-49.

Saunders Bea. β -alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2017; 51(8): 658-669.

Silva AEL, Oliveira FRd, Gevaerd MdS. Mecanismos de fadiga durante o exercício físico. *Rev. bras. cineantropom. desempenho hum.* 2006.

Silva FBVd, Teixeira IA, Didoné JR. Efeitos da suplementação de cafeína sobre a fadiga muscular em praticantes de atividades físicas: uma revisão integrativa. 2021.

Secher NH, Seifert T, Van Lieshout JJ. Cerebral blood flow and metabolism during exercise: implications for fatigue. *Journal of applied physiology*. 2008; 104(1): 306-314.

Stegen S, Blancquaert L, Everaert I, Bex T, Taes Y, Calders P, et al. Meal and Beta-Alanine Coingestion Enhances Muscle Carnosine Loading. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2013; 45(8): 1478-85.

Stellingwerff T, Anwander H, Egger A, Buehler T, Kreis R, Decombaz J, et al. Effect of Two B-Alanine Dosing Protocols on Muscle Carnosine Synthesis and Washout. *Amino acids*. 2012; 42(6): 2461-72.

Stevenson SW, Dudley GA. Carga de creatina, desempenho do exercício de resistência e mecânica muscular. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2001; 15(4): 413-9.

Recebido em: 01/12/2023

Aprovado em: 21/12/2022

Publicado em: 06/02/2023