

Marcus Quaresma



NUTRIÇÃO APLICADA
AO EXERCÍCIO FÍSICO:
do conceito à prática clínica



CENTRO UNIVERSITÁRIO
SÃO CAMILO

© Copyright 2022. Centro Universitário São Camilo.
TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.

Nutrição aplicada ao exercício físico: do conceito à prática clínica

Centro Universitário São Camilo

João Batista Gomes de Lima - Reitor

Anísio Baldessin - Vice-reitor e Pró-reitor Administrativo

Carlos Ferrara Junior - Pró-reitor Acadêmico

Celina Camargo Bartalotti - Coordenadora Geral de Graduação

Sandra Maria Chemin Seabra da Silva - Coordenadora do curso de Nutrição

Autor

Marcus Vinicius Lucio dos Santos Quaresma

Produção editorial – Setor de Publicações

Bruna San Gregório

Cintia Machado dos Santos

Bruna Diseró



Q26

Quaresma, Marcus Vinicius Lucio dos Santos

Nutrição aplicada ao exercício físico: do conceito à prática clínica / Marcus
Vinicius Lucio dos Santos Quaresma. -- São Paulo: Setor de Publicações -
Centro Universitário São Camilo, 2022.

77.p.

ISBN 978-65-86702-29-3

1. Educação superior 2. Nutrição 3. E-book I. Título

CDD: 613.711

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ana Lucia Pitta
CRB 8/9316



APRESENTAÇÃO

O exercício físico gera diversas demandas fisiológicas e bioquímicas que se não forem contrabalanceadas pela oferta adequada de nutrientes, podem impactar negativamente sobre a saúde humana. Além disso, a sinergia entre a nutrição e as demandas do treinamento pode maximizar o desempenho físico de esportistas e atletas de elite. Nesse sentido, a ciência da nutrição esportiva é crescente e, assim, múltiplos questionamentos são feitos acerca das informações disponíveis.

Partindo deste contexto, a intenção da presente publicação foi revisar a literatura científica especializada na temática e atualizar os principais elementos discutidos atualmente.

Para compor este material, sem viés cognitivo, uma revisão narrativa e atualizada foi feita, integrando dados derivados de estudos originais, de outras revisões narrativas, sistemáticas e metanálises.

Tendo como base os estudos disponíveis, embora diversos avanços tenham sido feitos a respeito da interação entre nutrição e exercício físico, é necessário, especialmente para o clínico, ter criticidade para interpretar e utilizar adequadamente as informações disponíveis.

Introdução	5
Capítulo I Aspectos gerais sobre nutrição aplicada ao exercício físico e avaliação nutricional.....	9
Capítulo 2 Manejos dietéticos: Energia e macronutrientes (carboidratos, proteínas e lipídeos).....	21
Capítulo 3 Hidratação e exercício físico.....	39
Capítulo 4 Vitaminas e Minerais.....	42
Capítulo 5 Suplementos Alimentares e Nutricionais.....	47
Referências	60



Introdução



influência da nutrição no desempenho esportivo é amplamente evidenciada e, nos últimos anos, o número de publicações científicas aumentou vertiginosamente. Fato é que o binômio nutrição-exercício físico é discutido há centenas de anos.

Registros do consumo alimentar de atletas gregos e romanos sugerem que, desde aquele período, já havia indícios da influência da alimentação sobre o desempenho físico. Há 500 - 400 anos a.C., atletas e guerreiros consumiam fígado de veado e coração de leão por acreditarem que, ao consumirem partes destes animais, obteriam bravura, velocidade e força. Ainda, Epicteto no século II d.C., escreveu que os vencedores olímpicos evitavam sobremesas e água fria e tomavam vinho com moderação. Isso posto, a ideia de que consumir determinados alimentos antes de uma competição ou batalha poderia melhorar o desempenho físico, parece ter influenciado diferentes épocas, como os atletas Espartanos, que consumiam figo seco antes das competições, bem como a famosa história do lutador Milo de Croton, que consumia nove quilos de carne, nove quilos de pão e nove quilos de vinho antes das competições. Embora tais registros tenham seu perfil mitológico, fortalecem a convicção de que nutrição e o exercício físico estão atrelados há centenas de anos (APPLEGATE; GRIVETTI, 1997).

Desde o início do século 20, com a descoberta das alterações musculoesqueléticas em resposta ao exercício físico, a utilização de substratos energéticos e, especialmente, o papel dos nutrientes sobre o desempenho físico, incontáveis estudos foram produzidos, com intuito de aumentar a compreensão da relação entre nutrição e exercício físico (APPLEGATE; GRIVETTI, 1997).

Diversos estudos trazem à tona a importância dos ajustes alimentares e nutricionais específicos para melhora do desempenho

esportivo, recuperação entre as sessões de treino e a manutenção da saúde. O manejo de macronutrientes (p. ex., carboidratos, proteínas e gorduras), micronutrientes (p. ex., vitaminas e minerais) e suplementos alimentares à saúde e à performance física, deve ser pautado em dados derivados de pesquisas científicas de alta qualidade metodológica, proporcionando ao esportista/atleta o que há de mais atual, efetivo e seguro em termos de intervenção alimentar e nutricional (COLLINS; MAUGHAN; GLEESON; BILSBOROUGH *et al.*, 2021; MAUGHAN; BURKE; DVORAK; LARSON-MEYER *et al.*, 2018; THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

Amplamente é reconhecido que a prática crônica de exercícios físicos pode colaborar para um melhor estado de saúde, composição corporal e qualidade de vida. Entretanto, no esporte de alto rendimento, essa prática pode gerar desequilíbrios fisiológicos e nutricionais, os quais podem colaborar para o surgimento de distúrbios no organismo, deixando os atletas de alto rendimento em uma linha muito tênue entre saúde e doença. Além disso, a capacidade de resposta ao treinamento parece depender do estado nutricional, reforçando a importância da adequada ingestão alimentar para realização de exercícios físicos extenuantes e menores riscos à saúde.

Atualmente, alguns documentos são frequentemente utilizados para nortear os profissionais da área em suas condutas alimentares e nutricionais, como o posicionamento do American College of Sports Medicine (ACSM) publicado em 2016, o Consenso do International Olympic Committee (IOC) publicado em 2018, o consenso da International Association of Athletics Federations (IAAF) publicado em 2019 e o consenso da União das Federações Europeias de Futebol - UEFA, de 2021 (BURKE; CASTELL; CASA; CLOSE *et al.*, 2019; COLLINS; MAUGHAN; GLEESON; BILSBOROUGH *et al.*, 2021; MAUGHAN; BURKE; DVORAK; LARSON-MEYER *et al.*, 2018; THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

Outros artigos de revisão também estão disponíveis na literatura (BURKE; JEUKENDRUP; JONES; MOOSES, 2019), apesar dos consensos acima serem os mais aceitos pela comunidade científica e clínicos da área. Nesse panorama, considerando o crescente cenário da nutrição esportiva no mundo e no Brasil, a manutenção das atualizações sobre a área é fundamental, para que se possa, além de outros objetivos, preservar os esportistas e atletas de condutas errôneas com baixo nível de evidência científica ou com baixa força de recomendação. Sendo assim, o objetivo desse e-book é sintetizar as principais informações relacionadas ao tema nutrição e exercício físico.



Capítulo I

Aspectos gerais sobre
nutrição aplicada ao
exercício físico e avaliação
nutricional

Indubitavelmente, o exercício físico promove diversas alterações no organismo humano. Estas alterações derivam, especialmente, do aumento no turnover de ATP no tecido muscular, principal envolvido nesse contexto. Estas mudanças variam de acordo com o tipo, o volume, a intensidade e outras características inerentes ao exercício físico (GABRIEL; ZIERATH, 2017).

Esportistas e, principalmente os atletas de alto rendimento, são submetidos a diferentes tipos de treinamento, dependendo das características do atleta, das especificidades da modalidade esportiva e, ainda, do seu calendário competitivo. Nesse sentido, é necessário considerar que a oferta energética e nutricional nesses períodos também deve ser periodizada, uma vez que além das necessidades globais e mínimas de nutrientes, as novas demandas impostas pelo exercício físico devem ser consideradas, caso contrário, o desequilíbrio energético crônico gerará diversas desordens metabólicas (MOUNTJOY; SUNDGOT-BORGEN; BURKE; ACKERMAN *et al.*, 2018). Ainda, o desequilíbrio energético está em consonância com a síndrome do *overtraining*, impactando diretamente na saúde do atleta (STELLINGWERFF; HEIKURA; MEEUSEN; BERMON *et al.*, 2021).

Tendo como base essa reflexão, o plano alimentar e nutricional deverá ser personalizado e individualizado considerando fatores como: nível de treinamento do atleta, tipo, volume, intensidade e características gerais do treino, período de recuperação entre sessões de treinamento, sexo, idade, nível de saúde, outras atividades realizadas ao longo do dia, tempo e qualidade do sono, objetivos e comportamento alimentar do atleta (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

De fato, considerando os inúmeros fatores que influenciam a criação de um planejamento alimentar para esse grupo, deve-se

enaltecer a importância da ciência da nutrição aplicada ao exercício físico, refletindo sobre a grande dificuldade de se planejar, acompanhar, monitorar e ajustar as modificações dietéticas que são propostas ao longo de uma temporada. Para tanto, a adequada avaliação nutricional, que consiste em obter dados antropométricos, bioquímicos, clínicos e dietéticos é, sem sombra de dúvidas, a etapa mais crucial do atendimento nutricional, principalmente porque o profissional deverá ter atenção a todos os fatores supracitados que podem modificar integralmente a interpretação das informações obtidas.

Avaliação nutricional de esportistas e atletas

A avaliação nutricional consiste em um “método sistemático para obter, verificar e interpretar dados necessários para identificar problemas relacionados à nutrição, suas causas e os seus significados” (LARSON-MEYER; WOOLF; BURKE, 2018). A adequada investigação do consumo alimentar, composição corporal, sinais e sintomas, e parâmetros bioquímicos, permitirá a apropriada avaliação, monitoramento e ajustes nutricionais (LARSON-MEYER; WOOLF; BURKE, 2018).

Acerca do consumo alimentar, como citado anteriormente, é um objetivo crítico, evitar carência energética e nutricional. A seleção de alimentos ricos em nutrientes é determinante para reduzir o risco de deficiências nutricionais que podem prejudicar a saúde e o desempenho esportivo, principalmente quando a ingestão de energia é restrita a reduzir a massa corporal e massa adiposa. Em situações em que se propõe dietas hipocalóricas à redução de gordura corporal, o cuidado nutricional deve ser intensificado. Além disso, os autores reforçam que o uso de suplementos alimentares

não compensa escolhas alimentares incorretas e uma alimentação desequilibrada/inadequada, exceto em casos específicos, cujo ajuste alimentar não é possível. Sendo assim, a base de qualquer conduta para esportistas e atletas é a alimentação (LARSON-MEYER; WOOLF; BURKE, 2018).

Os métodos de avaliação do consumo alimentar podem ser classificados como retrospectos e prospectivos, cada qual, com suas vantagens e limitações. O recordatório de 24 horas (R24) e a história alimentar são métodos retrospectivos frequentemente utilizados para o rastreamento do consumo alimentar na nutrição esportiva, sendo úteis para avaliar o momento de ingestão de alimentos e suplementos alimentares, a quantidade, forma de preparo, dificuldades e facilidades para se alimentar no contexto atual, bem como é possível identificar problemas gastrintestinais, falhas na ingestão de alimentos entre sessões de treinamento e possíveis alergias alimentares. Ainda, é importante de se ressaltar que ambos são de baixo custo, de rápida aplicação, objetivos, não alteram a ingestão alimentar e podem ser utilizados em qualquer faixa etária e até mesmo com sujeitos analfabetos (LARSON-MEYER; WOOLF; BURKE, 2018). Contudo, é importante considerar que apenas uma aplicação não reflete a alimentação usual, o que pode subestimar a ingestão alimentar, sobretudo nesse público, cuja demanda de energia é amplamente heterogênea. Logo, o nutricionista deve ficar atento a obtenção e interpretação das informações. A interpretação dos valores obtidos deve ser feita de forma cuidadosa, com intuito de identificar, especialmente, possíveis carências nutricionais capazes de afetar negativamente o desempenho esportivo e a saúde. Para tanto, usar *guidelines* específicos para atletas como os do ACSM (2016) e IOC (2018) podem colaborar para adequada análise e interpretação dos dados.

Estimativa do gasto energético total

A necessidade energética de um atleta será diretamente influenciada pelo treinamento, desse modo, a natureza do estímulo, intensidade e volume deverão ser considerados para estimar o gasto energético do exercício físico (GEEF). O gasto energético pode ser influenciado por outros fatores, de difícil controle e análise, tais como: exposição ao frio ou ao calor, estresse, alta altitude, aumento na massa livre de gordura (MLG) e, ainda, da fase lútea do ciclo menstrual. Por outro lado, um menor gasto energético pode ser observado em atletas com baixo nível de atividade física (cuja rotina, exceto o treino, não gera elevado gasto de energia), redução da MLG, envelhecimento e fase folicular do ciclo menstrual (HILLS; MOKHTAR; BYRNE, 2014). Além disso, a restrição de sono parece exercer influência sobre o gasto energético total. Portanto, em conjunto, diferentes fatores podem modificar o gasto energético e, assim, dificultar a avaliação para futuras e assertivas adequações nutricionais (HILLS; MOKHTAR; BYRNE, 2014). Ademais, acredita-se que haja um fenômeno de compensação de energia em resposta ao exercício físico, que suprime o GEEF em 27,7% para pessoas eutróficas e 49,2% para pessoas que vivem com obesidade; portanto, apesar dos diversos anos de estudo, a ciência do gasto energético permanece complexa (CAREAU; HALSEY; PONTZER; AINSLIE *et al.*, 2021). Estas discussões sobre a compensação de energia trazem à tona a ideia de que o exercício físico, especialmente em demasia, seja capaz de atenuar o GEEF e, assim, gerar uma menor perda de gordura corporal do que o esperado (FLACK; HAYS; MORELAND; LONG, 2020; SILVA; JUDICE; CARRACA; KING *et al.*, 2018).

É comum assumir que o gasto energético total é a soma do gasto energético de repouso, do gasto energético das atividades físicas (GEAF), do GEEF e do efeito térmico do alimento (ETA). É importante

reforçar a diferença entre atividade física e exercício físico, uma vez que o primeiro consiste em qualquer movimento corporal capaz de aumentar o gasto de energia acima do repouso e, o segundo, consiste em um estímulo estruturado, com objetivos, planejado e organizado em uma rotina. No documento do ACSM os autores consideram que o efeito térmico da atividade física constitui da energia gasta pelo exercício planejado + gasto de energia de atividades espontâneas + termogênese não advinda do exercício físico. Logo, a análise adequada desses valores é fundamental para estimar o gasto energético total (GET) (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

A relação entre o consumo e o gasto de energia é definida como balanço energético, que pode ser negativo (ingestão menor que o gasto) e positivo (ingestão maior que o gasto). É esperado que em situações de balanço energético negativo haja, por exemplo, redução de gordura corporal, ao passo que em situações de balanço energético positivo, espera-se incremento da massa corporal, podendo ser de gordura ou massa muscular. Dessa maneira, compreender as modificações da composição corporal a partir do simples conceito de balanço energético parece ser complexo, uma vez que a distribuição e quantidade de macronutrientes parece influenciar nessa reposta (AMAMOU; NORMANDIN; POULIOT; DIONNE *et al.*, 2017; VERREIJEN; ENGBERINK; MEMELINK; VAN DER PLAS *et al.*, 2017; WYCHERLEY; MORAN; CLIFTON; NOAKES *et al.*, 2012).

Estimar o GET para atletas parece não ser consensual para pesquisadores e clínicos e, assim, diferentes propostas para se calcular a quantidade necessária de energia podem ser consideradas. Para estimar o gasto energético de repouso, as equações propostas por Cunningham ($500 + (22 \times \text{massa magra})$) de 1980 e ($370 + (21,6 \times \text{massa livre de gordura})$) de 1991 são amplamente utilizadas (CUNNINGHAM, 1980; 1991). Ainda, mais recentemente, a equação de Freire *et al.* (2022) foi desenvolvida para atletas de alto

rendimento e, além de apresentar elevado valor preditivo, é brasileira (FREIRE; PEREIRA; ALCANTARA; SANTOS *et al.*, 2022).

É importante destacar que a massa magra e massa livre de gordura são tratadas frequentemente como sinônimos e que ambas são, basicamente, a subtração da massa gorda (em kg) da massa corporal total (em kg). Contudo, conforme definida por Behnke em 1959, a massa magra contém 2-3% de lipídeos essenciais, ao passo que a massa livre de gordura é isenta desses lipídeos. Embora essa diferença seja menos relevante em sujeitos magros, em sujeitos com sobrepeso ou obesidade, deve-se tomar cuidado com o seu uso como sinônimos (BEHNKE, 1959; BEHNKE; GUTTENTAG; BRODSKY, 1959).

Para estimar o GEAF e o GEEF tem se considerado o uso dos equivalentes metabólicos (METs) que, apesar de não ser consensual, mostram-se ainda hoje, uma forma prática e usual de estimar o GEAF e GEEF. O uso do fator atividade também é comumente utilizado, com intuito de facilitar a quantificação do GET, embora a precisão seja perdida, uma vez que o grau de subjetividade pelo relato do paciente e a interpretação do avaliador são determinantes para escolha do fator atividade (FRANKLIN; BRINKS; BERRA; LAVIE *et al.*, 2018; JETTE; SIDNEY; BLUMCHEN, 1990).

Disponibilidade energética

O conceito de disponibilidade energética (DE) é recente e consiste na necessidade de energia necessária para adequado funcionamento do organismo e saúde. A DE é definida pelo consumo energético (CE) – energia gasta pelo exercício físico (GEEF) corrigida pela MLG [DE = CE – (GEEF)/MLG] (MELIN; HEIKURA; TENFORDE; MOUNTJOY, 2019; STELLINGWERFF; HEIKURA; MEEUSEN; BERMON *et al.*, 2021).

Logo, entende-se que a DE está atrelada a quantidade de energia necessária para todas as outras funções do corpo após subtrair a energia inerente às atividades físicas e exercício físico. O conceito, inicialmente, foi discutido em estudos com mulheres atletas que, por sua vez, ao ingerirem menos energia em comparação ao gasto, desenvolviam diversas disfunções. A tríade (baixa disponibilidade de energia, problemas hormonais/menstruais e problemas ósseos) da mulher atleta, foi o pilar para as maiores compreensões e desenvolvimento do conceito da DE (MELIN; HEIKURA; TENFORDE; MOUNTJOY, 2019; MOUNTJOY; SUNDGOT-BORGEN; BURKE; ACKERMAN *et al.*, 2018; STELLINGWERFF; HEIKURA; MEEUSEN; BERMON *et al.*, 2021).

Mountjoy *et al.* (2018) publicaram o consenso do Comitê Olímpico Internacional (COI) discutindo sobre os diferentes problemas ocasionados pela baixa disponibilidade de energia, tais como: redução da taxa metabólica, problemas na menstruação, redução da densidade mineral óssea, redução da síntese proteica, força e massa muscular e redução da imunocompetência (MOUNTJOY; SUNDGOT-BORGEN; BURKE; ACKERMAN *et al.*, 2018). Ademais, a baixa DE pode aumentar o risco de lesões, dificultar a recuperação entre sessões de treinamento, aumentar a irritabilidade, sintomas depressivos, reduzir os estoques de glicogênio muscular, prejudicar a capacidade de julgamento e concentração. Por consequência, todas essas alterações estão diretamente relacionadas à performance atlética e, assim, é postulado que a baixa DE é o principal desafio para os nutricionistas no ajuste do plano alimentar de atletas, em especial, daqueles cuja demanda energética é elevada. Acredita-se que valores de 30kcal/kg/MLG sejam aproximados ao gasto energético de repouso e, portanto, valores menores do que esse poderiam aumentar o risco de desenvolvimento de problemas atrelados à baixa DE (MOUNTJOY; SUNDGOT-BORGEN; BURKE; ACKERMAN *et al.*, 2018). Apesar da necessidade de avaliação individual e rotineira

da DE, maior atenção deve ser dada a modalidades esportivas cuja composição corporal é determinante para o resultado, como fisiculturismo, ginástica olímpica e rítmica, ballet e, ainda, para modalidades esportivas que geram elevado gasto de energia, como esportes de endurance (MOUNTJOY; SUNDGOT-BORGEN; BURKE; ACKERMAN *et al.*, 2018).

Finalmente, as ferramentas para análise da DE não estão completamente desenvolvidas. Considerando a dificuldade de estimar a ingestão energética, e o GEEF, torna-se complexa a mensuração precisa da DE, embora possa ser uma forma de identificar problemas nutricionais nesse público para adequada intervenção nutricional.

Avaliação da composição corporal

A avaliação da composição corporal de atletas é fundamental para adequado acompanhamento nutricional. Em suma, é imprescindível checar as mudanças na composição corporal nas diferentes fases de treinamento, em especial, de modalidades esportivas cuja massa corporal exerce papel direto no desempenho esportivo. Os métodos indiretos e duplamente indiretos são frequentemente utilizados. A Absorciometria de Energia Dupla de Raios X (DEXA) é considerada padrão ouro, embora de difícil acesso e de alto custo. Além disso, para atletas, não há muitos dados que possibilitem análises comparativas (NANA; SLATER; STEWART; BURKE, 2015).

A bioimpedância elétrica (BIA) e a antropometria são mais utilizadas tendo em vista o menor custo (MOON, 2013). A respeito da BIA, para adequada e mais acurada análise, sugere-se que o atleta fique sem treinar por período de aproximadamente 12h ou mais, evitar bebidas alcoólicas, e outras substâncias com potencial efeito diurético e avaliar em horários padronizados, haja vista que

mudanças hídricas mediadas pelo ritmo circadiano afetam diretamente a precisão da análise (PIETROBELLI; FORMICA; WANG; HEYMSFIELD, 1996). É fundamental destacar que, assim como a antropometria, a BIA estima os compartimentos corporais por meio de equações preditivas. Estas equações geralmente derivam dos valores de resistência e reactância em frequências pré-estabelecidas. Infelizmente, as BIA disponíveis não fornecem informações claras sobre qual ou quais equações estão inseridas no *software* e, por isso, os dados podem ser de difícil comparação entre os equipamentos ou, ainda, a equação preditiva inserida no equipamento não ser destinada aos atletas que estão sendo avaliados. Ainda, a BIA, pela análise fatorial, pode ser aplicada para avaliar outros elementos, como dano muscular e nível de hidratação; contudo, estes novos “olhares” da BIA ainda não apresentam validação e mais estudos são necessários (CARRASCO-MARGINET; CASTIZO-OLIER; RODRIGUEZ-ZAMORA; IGLESIAS *et al.*, 2017; CASTIZO-OLIER; IRURTIA; JEMNI; CARRASCO-MARGINET *et al.*, 2018).

No que diz respeito à antropometria, é comum utilizar as recomendações descritas pela Sociedade Internacional para o Avanço da Cineantropometria (ISAK) ou as publicadas pelo Manual de Referência de Padronização Antropométrica. Adicionalmente, além da adequada padronização e aferição dos pontos anatômicos e dobras cutâneas para avaliação da composição corporal, a escolha adequada da equação que calculará a densidade corporal e o percentual de gordura corporal é fundamental. É comum, contudo, a partir dessa etapa, diversos erros aparecerem, pela escolha incorreta de equações de estimativa generalizadas ou não específicas para o grupo de interesse. Para escolha adequada da equação deve-se considerar o sexo, idade, tipo de esporte e adipômetro utilizado.

Acredita-se, no entanto, que as equações generalistas propostas por Jackson e Pollock (1980) para homens e mulheres com intuito de calcular a densidade corporal sejam as mais comumente utilizadas para esse público (JACKSON; POLLOCK, 1978; JACKSON; POLLOCK; WARD, 1980), bem como a equação proposta por Siri (1961) com correções de Lohman (1986) (SIRI, 1993) para adequada estimativa do percentual de gordura corporal e cálculos subsequentes da massa magra ou massa livre de gordura (KINANTHROPOMETRY, 2001; LARSON-MEYER; WOOLF; BURKE, 2018; LOHMAN; HARRIS; TEIXEIRA; WEISS, 2000; MOON, 2013; MULLER; HORN; FURHAPTER-RIEGER; KAINZ *et al.*, 2013; MULLER; LOHMAN; STEWART; MAUGHAN *et al.*, 2016; SIRI, 1993).

Majoritariamente, as equações preditivas avaliam a densidade corporal, parâmetro que será inserido em outras equações para estimar o percentual de gordura. Dentre as equações que estimam a densidade corporal destacam as equações propostas por Durnin & Womersley (DURNIN; WOMERSLEY, 1974), Jackson & Pollock (JACKSON; POLLOCK, 1978) para homens e Jackson, Pollock e Ward (JACKSON; POLLOCK; WARD, 1980) para mulheres. Ambas são generalistas.

As equações generalistas propostas por Durnin & Womersley (1974), estratificadas para homens e mulheres de acordo com a faixa etária estão descritas a seguir no quadro 1.

Quadro 1. Equações preditivas para estimativa da densidade corporal propostas por Durnin & Womersley (1974).

Idade	Homens	Idade	Mulheres
	Fórmula densidade		Fórmula densidade
17 - 19	$1,1620 - 0,0630 * (\log \Sigma 4)$	17 - 19	$1,1549 - 0,0678 * (\log \Sigma 4)$
20 - 29	$1,1631 - 0,0632 * (\log \Sigma 4)$	20 - 29	$1,1599 - 0,0717 * (\log \Sigma 4)$
30 - 39	$1,1422 - 0,0544 * (\log \Sigma 4)$	30 - 39	$1,1423 - 0,0632 * (\log \Sigma 4)$
40 - 49	$1,1620 - 0,0700 * (\log \Sigma 4)$	40 - 49	$1,1333 - 0,0612 * (\log \Sigma 4)$
≥ 50	$1,1715 - 0,0779 * (\log \Sigma 4)$	≥ 50	$1,1339 - 0,0645 * (\log \Sigma 4)$

Legenda: 4 dobras: tríceps, bíceps, supraíliaca e subescapular.

As equações generalistas propostas por Jackson e Pollock e Jackson, Pollock e Ward, estratificadas para homens e mulheres (JACKSON; POLLOCK, 1978; JACKSON; POLLOCK; WARD, 1980) estão descritas a seguir no quadro 2:

Quadro 2. Equações preditivas para estimativa da densidade corporal propostas por Jackson, Pollock e Ward (1980).

Idade	Homens	Idade	Mulheres
	Fórmula densidade		Fórmula densidade
18-61	7 Dobras: $1,11200000 - 0,00043499 * (\Sigma 7 \text{ dobras}) + 0,00000055 * (\Sigma 7 \text{ dobras})^2 - 0,00028826 * (\text{idade})$	18-55	7 Dobras: $1,097 - 0,00046971 * (\Sigma 7 \text{ dobras}) + 0,00000056 * (\Sigma 7 \text{ dobras})^2 - 0,00012828 * (\text{idade})$
18-61		18-55	4 Dobras: $1,0960950 - 0,0006952 * (\Sigma 4 \text{ dobras}) + 0,0000011 * (\Sigma 4 \text{ dobras})^2 - 0,0000714 (\text{idade})$
18-61	3 Dobras: $1,1093800 - 0,0008267 * (\Sigma 3 \text{ dobras}) + 0,0000016 * (\Sigma 3 \text{ dobras})^2 - 0,0002574 (\text{idade})$	18-55	3 Dobras: $1,0994921 - 0,0009929 * (\Sigma 3 \text{ dobras}) + 0,0000023 * (\Sigma 3 \text{ dobras})^2 - 0,0001392 (\text{idade})$

Legenda: soma das 7 dobras - torácica, axilar média, tríceps, supraíliaca, abdominal, coxa e subescapular em mm; soma das 4 dobras mulheres - tríceps, abdominal, supraíliaca e coxa em mm; soma das 3 dobras mulheres - tríceps, coxa e supraíliaca em mm; soma das 3 dobras para homens - peitoral, abdome e coxa em mm.



Capítulo 2

Manejos dietéticos:
Energía e macronutrientes
(carboidratos,
proteínas e lipídeos)

Gasto energético total

A oferta de energia deve considerar todos os aspectos supracitados, em especial, a heterogeneidade da demanda imposta pelo treinamento. Além disso, é comum após o período de férias ou após alguma lesão, o atleta aumentar/reduzir drasticamente a demanda energética, precisando de ajustes específicos para estes momentos (LARSON-MEYER; WOOLF; BURKE, 2018).

A prescrição de planos alimentares com objetivo de redução de gordura corporal deve ser baseada no histórico de tentativas, objetivos, treinamento e práticas alimentares atuais. Vale ressaltar que não há evidências científicas robustas para utilização de estratégias como jejum intermitente, dieta cetogênica, paleolítica, ou quaisquer outras intervenções quando o objetivo é redução de gordura corporal para essa população. A saber, o efeito do déficit de


energia é majoritário, independentemente da estratégia proposta (LIU; HUANG; HUANG; YANG *et al.*, 2022). Logo, os planos alimentares hipocalóricos devem ser construídos considerando a disposição dos treinos ao longo do micro, meso e macrociclo e, principalmente, a exequibilidade do planejamento proposto.

Para tanto, deve-se avaliar cuidadosamente o contexto de cada atleta e aplicar, a partir da análise do consumo e do gasto energético total, restrições calóricas que não comprometam o desempenho esportivo ou a manutenção das funções fisiológicas, por exemplo, entre ~250-500kcal/dia, para que possa criar um ambiente energético favorável para redução de gordura corporal (PARMAR; CAN, 2022). Restrições calóricas muito severas podem incorrer à síndrome do overtraining, prejudicando diretamente a recuperação do atleta (STELLINGWERFF; HEIKURA; MEEUSEN; BERMON *et al.*, 2021).

Deve-se destacar, portanto, que poucos estudos publicados verificaram a interação/sobreposição da baixa qualidade da dieta, baixa disponibilidade de carboidratos, treino excessivo, desidratação e crônica restrição energética. Por isso, torna-se, novamente, necessário enaltecer a importância de se avaliar frequentemente o atleta para rastrear possíveis “falhas” no consumo energético e nutricional (LARSON-MEYER; WOOLF; BURKE, 2018).

Carboidratos aplicados ao exercício físico

Apesar dos diferentes mitos que envolvem a ingestão de carboidratos, especialmente, relacionados ao aumento de gordura corporal, este, indubitavelmente, é considerado o principal macronutriente para o desempenho esportivo. Logo, tem sido amplamente descrito que à medida que a demanda de energia



umenta, a ingestão de carboidratos deve aumentar também (BURKE, 2021; BURKE; JEUKENDRUP; JONES; MOOSES, 2019; JEUKENDRUP, 2013; JEUKENDRUP, 2017a; MCKAY; PEELING; PYNE; TEE *et al.*, 2022). Considerando, ainda, que os estoques corporais de carboidratos (músculo e fígado) são limitados, adequadas estratégias devem ser implementadas para ingestão aguda de carboidratos (antes, durante e após os termos do treinamento ou competição) (COLLINS; MAUGHAN; GLEESON; BILSBOROUGH *et al.*, 2021; THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016). A análise do tipo, volume e intensidade de treino novamente se faz necessária para adequado ajuste de carboidratos. Para além da teoria, compreender quais práticas alimentares habituais, comportamento, acesso e condições socioeconômicas deve ser considerado. Embora os alimentos fontes de carboidratos sejam mais acessíveis, é importante analisar as possibilidades individuais de cada atleta. Talvez, na periodização nutricional, a manipulação dos carboidratos seja a mais desafiadora e dinâmica ao longo da temporada de treinos e competições.

No quadro abaixo, estão as recomendações de carboidratos descritas por Burke; Hawley; Wong e Jeukendrup (2011) e ACSM Thomas; Erdman; Burke (2016).

Quadro 3. Recomendações gerais de carboidratos traduzidas e adaptadas de Burke; Hawley; Wong e Jeukendrup (2011) e ACSM Thomas; Erdman; Burke (2016).

Intensidade	Situação	Quantidade de carboidratos	Observações
Leve	Baixa intensidade ou exercícios de habilidade	3-5g/kg de massa corporal/dia	<ul style="list-style-type: none"> A manipulação de carboidratos ao longo do dia deve considerar momentos específicos (antes, durante e após o treino/competição) Adaptações deverão ser feitas de acordo com a rotina e práticas alimentares dos atletas Alimentos que apresentam maior quantidade de carboidratos deverão ser selecionados Atenção à ingestão total de fibras, uma vez que podem promover maior estado de saciedade e afetar a ingestão energética total
Moderada	Exercício de aproximadamente 1h/dia	5-7g/kg de massa corporal/dia	
Intensa	Exercício endurance (1-3h/dia de moderada/alta intensidade)	6-10g/kg de massa corporal/dia	
Muito intensa	Exercícios em condições extremas (4-5h/dia de moderada/alta intensidade)	8-12g/kg de massa corporal/dia	
Estratégias agudas – orientações específicas para o carregamento de carboidratos antes de treinos específicos ou competições			
Recomendação geral	Treinos ou competições < 90 minutos	7-12g/kg de massa corporal 24h antes	<ul style="list-style-type: none"> Considerar a ingestão de carboidratos pobres em resíduos e fibras O ajuste deve considerar experiências prévias do atleta Carboidratos de baixo índice glicêmico podem ser preferidos em situações que não for possível consumir carboidratos durante o exercício; embora as evidências sejam frágeis Deve-se evitar fontes ricas em proteínas, gorduras e fibras para redução de eventos gastrintestinais
Carregamento de carboidratos	Treinos ou competições com tempo >90 minutos de exercício intermitente ou contínuo	10-12g/kg de massa corporal/dia em no mínimo dois dias (48h) que antecedem a prova	
Recuperação rápida	<8h para se recuperar entre sessões de treino	1-4g/kg de massa corporal consumidos 1-4h antes do exercício	
Recomendações antes do treino ou prova	Antes do exercício físico >60 minutos		
Recomendações de carboidratos durante e após o exercício físico			
Exercícios curtos	<45 minutos	Não há necessidade ou pequenas quantidades [considerar a ingestão antes do exercício físico]	<ul style="list-style-type: none"> A oportunidade de consumir carboidratos durante um treino ou prova dependerá do esporte Deve-se considerar, concomitantemente, ajustes de hidratação e conforto gástrico Há a necessidade de se treinar as estratégias antes de usá-las (treinamento intestinal), bem como treinar a logística de utilização e a melhor forma de apresentação (barras, bebidas ou géis) Diferentes monossacarídeos devem ser considerados, principalmente em quantidades ~90g/h ou mais (glicose, frutose) Polissacarídeos (maltodextrina) e dissacarídeos (sacarose) podem ser considerados devido a sua rápida digestão e absorção (avaliar)
Exercícios de alta intensidade	45-75 minutos		
Exercícios Endurance incluindo esportes intermitentes	1 – 2h30 minutos	30-60g/h 6-8%	
Exercícios ultra-endurance	>2h30minutos	90g/h 6-8%	
Após o treino (agudo)	<8h entre uma sessão de treino e outra	1 – 1.2g/kg/h durante as primeiras 4-6 horas após o término da sessão de treino	
Após o treino (crônico)	Se a próxima sessão de treino for apenas 24h após	Consumir adequadamente de acordo com a necessidade total, sem imediatismo para síntese de glicogênio	

Legenda: kg – quilogramas; g – gramas; h – horas; < menor ou menos de; > maior ou mais de.

A ingestão de carboidratos antes, durante e depois do exercício físico deve ser considerada para prover energia ao sistema nervoso central (SNC) e musculoesquelético. Os ajustes devem ser feitos de forma a garantir energia para competição, considerando as práticas alimentares, acesso à alimentos fontes de carboidratos e necessidade de se recuperar rapidamente após a sessão de um treinamento.

Antes do exercício físico, embora seja comum considerar o consumo de carboidratos de lenta resposta glicêmica para evitar grandes supressões da oxidação de gordura durante o exercício físico, essa recomendação não exerce efeitos relevantes sobre o desempenho esportivo (BURDON; SPRONK; CHENG; O'CONNOR, 2017; ROTHSCHILD; KILDING; BROOME; STEWART *et al.*, 2021; ROTHSCHILD; KILDING; PLEWS, 2020). Além disso, há receios em consumir carboidratos antes do exercício físico por mitigar as adaptações derivadas do treinamento; entretanto, a expressão gênica das proteínas envolvidas nas adaptações mitocondriais também aumenta em resposta à ingestão de carboidratos seguida do exercício físico sendo, a intensidade, um importante mediador deste fenômeno (ROTHSCHILD; KILDING; PLEWS, 2020). É importante reforçar, também, que a ingestão de carboidratos antes do exercício físico não compromete nenhuma modificação da composição corporal a longo prazo, especialmente, redução de gordura corporal (ROTHSCHILD; KILDING; PLEWS, 2020).

Finalmente, embora as preocupações sejam atreladas ao tipo de carboidrato ingerido e a resposta glicêmica, é indispensável considerar que a combinação de outros nutrientes impactará na velocidade de digestão e absorção. Logo, a pluralidade de alimentos que podem ser consumidos e combinados antes do exercício físico deve respeitar, sobretudo, a quantidade de carboidratos recomendada (1 – 4 g/kg), o esvaziamento gástrico, bem como a relevância para o exercício físico que será feito (DE OLIVEIRA; BURINI; JEUKENDRUP,

2014; JEUKENDRUP, 2017b; ROTHSCILD; KILDING; PLEWS, 2020; THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

Durante o exercício físico o consumo de carboidratos precisa respeitar alguns preceitos importantes, em especial, por conta da menor eficiência digestiva durante o exercício físico e, também, pela capacidade máxima de absorção de carboidratos pelo intestino.

Estes fatos justificam o motivo pelo qual, durante o exercício físico, carboidratos de fácil digestão e absorção sejam preferidos. Sacarose (dissacarídeo composto por glicose e frutose), maltodextrina (oligosacarídeo composto por glicose) ou glicose pura.

Os transportadores de monossacarídeos (SGLT-1 e GLUT-5) são responsáveis pela absorção de glicose e frutose, respectivamente, os principais açúcares ingeridos durante o exercício físico. Embora galactose também seja um monossacarídeo absorvido pelo SGLT-1, seu consumo é incomum durante o exercício físico. O SGLT-1 parece ter uma capacidade máxima de absorção de glicose (~ 1 g/min); por isso, utilizar apenas glicose durante o exercício físico pode não gerar a máxima oxidação de glicose intramuscular porque o intestino está limitando o alcance da glicose ao tecido muscular rapidamente. Uma solução para esta limitação absorptiva foi utilizar outro monossacarídeo que, inclusive, é transportado por outro transportador, como a frutose. Inicialmente, tendo em vista que a sacarose (glicose: frutose 1:1), contém frutose, foi uma das primeiras a ser testada.

Em estudo clássico publicado por Jentjens; Venables e Jeukendrup (2004), os autores verificaram o efeito de diferentes combinações de carboidratos, sendo glicose pura (1,8 g/min); glicose (1,2 g/min) + sacarose (0,6 g/min) e glicose (1,2 g/min) + maltose (0,6 g/min), sobre as taxas de oxidação de ácidos graxos, glicose endógena e glicose exógena. Os autores observaram que a combinação glicose e sacarose possibilitou maior oxidação pico de glicose durante o exercício,

aproximadamente 1,25 g/min. Estudos posteriores do mesmo grupo corroboraram esses achados, reforçando a combinação de diferentes monossacarídeos durante o exercício, com intuito de aproveitar melhor a capacidade absorptiva e, por consequência, prover maior taxa de oxidação de glicose durante o exercício físico. Um pequeno avanço, foi a identificação de que a frutose combinada à glicose promoveu resultados ainda mais satisfatórios em comparação a sacarose combinada à glicose (JENTJENS; JEUKENDRUP, 2005; JENTJENS; MOSELEY; WARING; HARDING *et al.*, 2004; JENTJENS; SHAW; BIRTLES; WARING *et al.*, 2005).

Diversos estudos prévios avaliaram as concentrações das bebidas ingeridas durante o exercício físico, especialmente porque bebidas muito concentradas poderiam gerar problemas gastrintestinais. Em função desta razão, bebidas com concentrações variando entre 6-8% parecem ser mais bem aceitas para adequado esvaziamento gástrico (CONVERTINO; ARMSTRONG; COYLE; MACK *et al.*, 1996; MILLARD-STAFFORD; SPARLING; ROSSKOPF; SNOW, 2005).

No que tange o consumo de carboidratos após o exercício físico, entende-se a necessidade de recuperar mais rapidamente os estoques de glicogênio muscular, especialmente quando a próxima sessão de treinamento ocorrer poucas horas após.

Por exemplo, no recente estudo de Namma-Motonaga; Kondo; Osawa; Shiose *et al.* (2022), os autores avaliaram, após depleção de aproximadamente 30% de glicogênio muscular, qual recomendação de carboidratos promoveu melhor ressíntese do glicogênio. Os autores compararam 5, 7 e 10g de carboidratos por kg de massa corporal e verificaram que apenas as quantidades de 7 e 10g foram capazes de recuperar o glicogênio muscular 24 horas depois do exercício físico. Esse dado reforça a importância de considerar, frente a demanda de treino, a necessidade de ajustes pontuais e direcionados ao exercício físico praticado, para adequada recuperação do glicogênio. Por

isso, recomendações específicas de carboidratos (~1,2 g/kg/h) após o exercício físico são propostas (ALGHANNAM; JEDRZEJEWSKI; BILZON; THOMPSON *et al.*, 2016). Ainda, por décadas, se estudou se a adição de proteína poderia gerar efeitos mais positivos sobre a recuperação do glicogênio. Contudo, recentemente, Craven; Desbrow; Sabapathy; Bellinger *et al.* (2021) em uma revisão sistemática com metanálise, observaram que a adição de proteína à bebida com carboidratos não promoveu efeitos superiores para recuperação do glicogênio muscular. Outra revisão sistemática com metanálise publicada por McCartney; Desbrow e Irwin (2018) mostrou que a combinação de carboidratos + água e eletrólitos foi suficiente para recuperar os estoques energéticos depletados para próxima sessão de exercício físico e que a combinação de carboidratos + água e eletrólitos + proteína, não exerceu efeito superior.

Isso não significa que não se pode adicionar proteína à refeição ou solução pós-treino; entretanto, mostra que, se o intuito for acelerar a recuperação do glicogênio, a adição de proteína não é prioridade. Portanto, com base nesses achados, a prioridade após o treino é dos carboidratos; no entanto, como supracitado, não há qualquer ônus com a ingestão proteica após o treino.

Especialmente durante a prática do exercício físico, o desconforto gástrico em decorrência da hipoperfusão esplânica deve ser evitado, de maneira especial, controlando a ingestão de outros nutrientes, a capacidade gástrica e a eficiência digestiva individual (OLIVEIRA; BURINI; JEUKENDRUP, 2014). O treinamento intestinal é recomendado, isto é, práticas com carboidratos ao longo do treinamento semelhante à competição, para preparar o atleta ao que ocorrerá no dia da prova. É perceptível que não existe uma forma única de atuação e, portanto, a relação profissional-paciente é inevitável para assertividade da conduta (JEUKENDRUP, 2017b).

Treine baixo-compita alto: relevância para o desempenho esportivo?

Além disso, estratégias agudas de restrição de carboidratos, frequentemente chamadas de “treine baixo e compita alto”, têm sido estudadas com intuito de gerar adaptações musculoesqueléticas relacionadas à oxidação de gordura, contudo, não é claro que tais intervenções sejam positivas para todos os atletas. Nesse sentido, a redução da ingestão de carboidratos parece não ser positiva para esportes, em que a oxidação de ácidos graxos não é determinante para síntese de adenosina trifosfato (ATP) e, portanto, desempenho esportivo. Acredita-se, nesse panorama, que a redução da ingestão de carboidratos afetará os estoques de glicogênio e, por consequência, afetará negativamente o desempenho esportivo (BURKE, 2021). Diferentes estratégias são consideradas, dentre elas:

- (i) “Sleep Low” - treinar em alta intensidade no final do dia, reduzir a ingestão de carboidratos após o término da sessão de treino, dormir e, no dia seguinte, realizar um exercício de baixa intensidade e longa duração;
- (ii) Reduzir a ingestão de carboidratos entre sessões de treino que ocorrem ao longo do dia;
- (iii) Reduzir a ingestão de carboidratos antes ou durante treinos volumosos e de baixa intensidade.

Todas essas propostas são estudadas, cada qual, parece gerar em diferentes magnitudes, mudanças na expressão gênica de proteínas que regulam a oxidação de gordura (BURKE; HAWLEY, 2018; BURKE; ROSS; GARVICAN-LEWIS; WELVAERT *et al.*, 2017; LECKEY; HOFFMAN; PARR; DEVLIN *et al.*, 2018; MARQUET; BRISSWALTER; LOUIS; TIOLLIER *et al.*, 2016; YEO; CAREY; BURKE; SPRIET *et al.*, 2011).

A menor disponibilidade de glicogênio muscular gatilha a ativação de proteínas relacionadas à síntese proteica mitocondrial, organela responsável pela oxidação lipídica. Assim, proteínas-chave para sinalização mediada por fosforilação como adenosina monofosfato quinase (AMPK), proteína quinase ativada por mitogênio 38 (p38MAPK), fatores de transcrição (p53 e PPAR-alfa) e cofatores de ativação gênica (PGC-1alfa) (BURKE; HAWLEY, 2018; BURKE; ROSS; GARVICAN-LEWIS; WELVAERT *et al.*, 2017; LECKEY; HOFFMAN; PARR; DEVLIN *et al.*, 2018; MARQUET; BRISSWALTER; LOUIS; TIOLLIER *et al.*, 2016; YEO; CAREY; BURKE; SPRIET *et al.*, 2011).

Proteínas aplicadas ao exercício físico

A ingestão proteica para o exercício físico vai além de objetivos simples, como hipertrofia muscular esquelética. Embora seja o macronutriente mais enaltecido na prática esportiva, seu consumo, muitas vezes é inadequado e excessivo. A recomendação proteica para adultos não praticantes de exercício físico é de 0,8 g/kg/dia (RICHTER; BAERLOCHER; BAUER; ELMADFA *et al.*, 2019). Para pessoas fisicamente ativas, em especial, envolvidas no treinamento de força essa necessidade é maior.

A adequada ingestão proteica é fundamental para o funcionamento do sistema imune e adaptações relacionadas ao treinamento. O exercício físico de força aumenta a síntese proteica muscular após o término da sessão a depender do sujeito submetido ao treino e do nível de treinamento (BENITO; CUPEIRO; RAMOS-CAMPO; ALCARAZ *et al.*, 2020). Nesse sentido, acredita-se que o treinamento promova um aumento na sensibilidade aminoacídica no musculoesquelético, maximizando sua capacidade de captar e utilizar esses aminoácidos para incorporação em novas proteínas (BURD; WEST;

MOORE; ATHERTON *et al.*, 2011; SCHIAFFINO; DYAR; CICILIOT; BLAAUW *et al.*, 2013). Exercícios endurance e intermitentes parecem, também, gerar um ambiente favorável para adaptações musculoesqueléticas, muito embora essas adaptações sejam específicas e relacionadas a natureza do estímulo. Contudo, atualmente, a recomendação proteica está associada a capacidade de utilização dos aminoácidos, adaptação metabólica, reparo e remodelamento do tecido muscular e, não mais, ao tipo de treinamento (MORTON; MURPHY; MCKELLAR; SCHOENFELD *et al.*, 2018). Anteriormente, no entanto, acreditava-se que a ingestão proteica era esporte-dependente (endurance vs força), entretanto, atualmente, as recomendações focam, sobretudo, no conceito de turnover proteico (equilíbrio entre síntese e degradação de proteínas), influenciado pelo nível de treinamento do atleta e, principalmente, pela disponibilidade de energia (MORTON; MURPHY; MCKELLAR; SCHOENFELD *et al.*, 2018; MURPHY; CHURCHWARD-VENNE; MITCHELL; KOLAR *et al.*, 2015).

Recentemente, Morton; Murphy; Mckellar; Schoenfeld *et al.* (2018) publicaram uma revisão sistemática e metanálise, cujo objetivo foi avaliar se a suplementação proteica é capaz de aumentar a massa e força muscular inerente ao estímulo gerado pelo treinamento de força. Os autores observaram que a suplementação proteica é capaz de aumentar ambos, força e massa muscular. Todavia, quando a ingestão proteica média diária é próxima a 1,6 g/kg/dia, não há efeito da suplementação proteica. Além disso, nessa revisão, os autores avaliaram 723 adultos e idosos com ingestões proteicas variando entre 0,9 - 2,4g/kg/dia. Avaliando que a estimativa de ingestão proteica variou (1,6 g/kg/dia 95% IC [1.03 - 2.2g/kg/dia]), os autores consideraram que recomendações proteicas entre 1,6 g/kg/dia - 2,2 g/kg/dia podem ser sugeridas àqueles que almejam aumentar a massa muscular. Também observaram que aspectos

como período de suplementação, suplementação após o treino, ou fonte proteica, desempenham papel mínimo em relação ao aumento da MLG. Nesse sentido, Stokes; Hector; Morton; Mcglory *et al.* (2018) sugerem algumas recomendações práticas em relação à ingestão proteica de acordo com o balanço energético.

Balanço energético neutro ou positivo

- Ingestão proteica deve ser de $\sim 0,3 - 0,4$ g/kg/ refeição para estimular de forma máxima a síntese proteica muscular (SPM) em repouso ou após o exercício físico;
- A distribuição proteica a cada $\sim 3-5$ h ao longo do dia pode maximizar as taxas de SPM ao longo do dia (período de vigília de 12h);
- A ingestão proteica 1-3h antes de dormir pode atenuar a redução da SPM que ocorre ao longo do período noturno sem ingestão de alimentos.

Balanço energético negativo

- A ingestão proteica deve ser maior ($\sim 2,4$ g/kg/dia), com intuito de proteger o tecido muscular de possíveis reduções inerentes ao crônico balanço energético negativo relacionados a objetivos de redução de gordura corporal ou a elevada demanda de treinamento ao longo da temporada.

Finalmente, deve-se considerar que o momento de consumo (WIRTH; HILLESHEIM; BRENNAN, 2020), bem como a origem da proteína (HEVIA-LARRAIN; GUALANO; LONGOBARDI; GIL *et al.*, 2021) parecem ser menos relevantes para as respostas adaptativas finais.

Lipídeos aplicados ao exercício físico

A ingestão de lipídeos é a que menos causa preocupações no âmbito da prescrição nutricional para atletas. Dessa maneira, não há recomendação de lipídeos por refeição ou próxima ao treinamento (antes, durante e depois). Por isso, talvez, muito se negligencie o consumo de lipídeos para atletas de alto rendimento. Os lipídeos são importantes para absorção de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), bem como são elementos imprescindíveis para o adequado funcionamento das membranas celulares. A sugestão de ingestão de gorduras vai ao encontro das recomendações de saúde pública propostas no país em questão. As recomendações, geralmente, são entre 20-35% das necessidades energéticas totais (NET). Quantidades <20% das NET não devem ser incentivadas pois, além de não melhorar o desempenho, dificulta o alcance do alvo energético diário (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

Apesar dos ácidos graxos ômega-3 serem aclamados para aumentar a força e massa muscular. Recentemente, Rossato; Schoenfeld e De Oliveira (2020) em uma revisão ampla da literatura, com base nos dados disponíveis, concluíram que os efeitos do ômega-3 para esse desfecho são superestimados, não sendo necessária a suplementação para aumento da massa muscular ou força muscular para sujeitos adultos e jovens.

Ainda a respeito da ingestão de gorduras, frequentemente observa-se em academias ou box de treinamentos, o incentivo da ingestão do triacilglicerol de cadeia média (TCM) presente, sobretudo, no óleo de coco (OC) como ácidos graxos caprílico (6:0), caprílico (8:0), cáprico (10:0) e láurico (12:0). Além disso, embora o ácido graxo láurico (12:0) seja caracterizado como um ácido graxo de cadeia média (AGCM), seu processo de absorção e distribuição pelo corpo pode ser mais lento, uma vez que, além da sua estrutura química ser maior (12 carbonos), ele também é transportado pelos quilomícrons

sintetizados no enterócito, cujo processo de transporte é naturalmente mais lento. Ainda, embora seja comum elencar o OC como fonte de TCM, deve-se considerar que ~50% da sua composição é de ácido láurico, ao passo que 25% dos seus componentes são ácido graxo mirístico (14:0) e palmítico (16:0), reconhecidos como ácidos graxos de cadeia longa (AGCL). Logo, pode-se assumir que: (i) OC não é constituído exclusivamente de AGCM; (ii) ácido graxo láurico pode, diferentes dos demais AGCM, ter seu transporte mais lento (SCHONFELD; WOJTCZAK, 2016).

Os estudos que avaliaram os efeitos do TCM sobre o desempenho esportivo submeteram os sujeitos à suplementação antes e durante o exercício físico. Todavia, em nenhuma das condições os resultados encontrados foram positivos ou relevantes acerca do desempenho esportivo. Por exemplo, Decombaz; Arnaud; Milon; Moesch *et al.* (1983) avaliaram os efeitos do consumo de 25g de TCM 60 minutos antes do exercício físico vs. carboidratos (bicicleta 60% do VO₂max). Os autores, na análise de biópsia muscular, não observaram diferenças na glicogenólise, concluindo que apesar do aumento na concentração de corpos cetônicos (CC) no sangue, não houve efeito “poupador” do glicogênio muscular (DECOMBAZ; ARNAUD; MILON; MOESCH *et al.*, 1983). Dois anos após, Horowitz; Mora-Rodriguez; Byerley e Coyle (2000), verificaram que a suplementação de 25 g de TCM 60 minutos antes do exercício físico (30 min de exercício físico a 84% do VO₂max) não reduziu a glicogenólise muscular. Os quadros abaixo, adaptados de (Jeukendrup; Aldred, 2004) mostram os efeitos da suplementação de TCM antes e durante o exercício físico sobre parâmetros de desempenho esportivo.

Diversos estudos já demonstraram que o consumo de TCM antes ou durante o exercício físico não melhora o desempenho esportivo. Esses achados podem ser verificados na íntegra na clássica revisão publicada por JEUKENDRUP e ALDRED (2004) que sintetizou os

diversos estudos que testaram a suplementação de TCM antes e durante o treinamento. Hipoteticamente, sugere-se que, ingerindo TCM, aumentar-se-ia a oxidação de gordura e pouparia o glicogênio muscular. Entretanto, nesses estudos, os achados não sustentam essa hipótese, bem como não observaram melhora no desempenho esportivo.

Finalmente, as dietas ricas em gordura para atletas têm sido amplamente estudadas nos últimos anos. Diversos estudos sugerem que nem todos os atletas são beneficiados com dietas ricas em carboidratos e que, por isso, considerando a evolução da nutrição personalizada para atletas, investigar outras formas de maximizar o desempenho esportivo se faz necessário. Nesse estudo, a autora traz à tona diversas discussões a respeito do uso de dietas ricas em gordura e pobres em carboidratos para melhora do desempenho esportivo (BURKE, 2021; BURKE; ROSS; GARVICAN-LEWIS; WELVAERT *et al.*, 2017; LECKEY; HOFFMAN; PARR; DEVLIN *et al.*, 2018). As dietas pobres em carboidratos (não cetogênica), geralmente >5% e <45% das necessidades energéticas, poderiam aumentar adaptações musculoesqueléticas relacionadas ao uso de gordura, incluindo: aumento dos estoques e eficiência no uso de triacilglicerol intramuscular (TAGIM), aumento da enzima lipase hormônio sensível (LHS), responsável pela mobilização de triacilglicerol no tecido adiposo e no musculoesquelético, aumento da expressão gênica de proteínas responsáveis pela captação (FAT-CD36) e internalização (CPT) mitocondrial de ácidos graxos. Além disso, os benefícios seriam limitados para sujeitos que realizam exercícios de longa duração e baixa intensidade (submáximos). A adaptação ao uso de dietas ricas em gordura poderia afetar negativamente a performance em exercícios de alta intensidade e curta duração, principalmente, pelo aumento da expressão gênica da Piruvato desidrogenase quinase 4 (PDK-4) responsável pela fosforilação e

inibição do complexo Piruvato desidrogenase, responsável pela formação de Acetil-CoA a partir do Piruvato. Além disso, acredita-se que a redução das taxas de Glicogenólise muscular não significariam apenas um efeito poupador, mas uma piora nessa via. Assim, lentificaria o fluxo glicolítico, prejudicando a síntese de ATP em exercícios de elevada intensidade (BURKE, 2021; MCKAY; PEELING; PYNE; TEE *et al.*, 2022).

Porém, novas evidências devem ser produzidas para compreender melhor esse tipo de intervenção. No mais, acredita-se que o avanço da nutrição esportiva personalizada consiste em promover ajustes dinâmicos e periodizados de carboidratos e lipídeos de acordo com as características do treinamento (intensidade e volume) para maximizar a eficiência no uso de substratos energéticos para melhora do rendimento esportivo.

Quadro 4. Necessidade de macronutrientes antes, durante ou após o término de uma sessão de treinamento e total no dia.

Macronutriente	Antes	Durante	Depois do Treino	Total no dia
Carboidratos	1-4g/kg	30-90 g/h	1-1,2 g/kg/h	3-12 g/kg/dia
Proteínas	↓quantidades	--	0,25-0,4 g/kg	1,6-2,4g/kg
Lipídeos	↓quantidades	--	--	20-35% NET

Legenda: ↓menores; g – grama; kg – quilograma; h – hora; NET – necessidades energéticas totais.

Em suma, a ingestão de carboidratos parece ser fundamental, de acordo com o volume de treinamento ou competição, antes, durante e após o término. A ingestão proteica, no entanto, não se faz necessária durante o exercício físico. Antes, porém, pode ser comum o consumo, haja vista que é amplamente frequente a realização de refeições antes do início do treino, embora a proteína não tenha efeitos diretos sobre o desempenho, poderia afetar as vias de síntese proteica muscular. Finalmente, a ingestão de lipídeos, seja triacilglicerol de cadeia longa ou média, antes, durante ou após o exercício físico não possui respaldo científico para melhora do desempenho e, assim como a proteína, pequenas quantidades podem ser consumidas na refeição pré-exercício físico, por questões de manejo da refeição.





Capítulo 3

Hidratação e
exercício físico

Embora um dos aspectos mais simples da nutrição, poucos atletas se hidratam adequadamente. Iniciar o treinamento ou competição em estado de hipotermia ou desidratação é amplamente comum. O aumento da temperatura corporal durante o exercício físico pode gerar um quadro de hipovolemia (redução do plasma/volume sanguíneo), aumentando a utilização do glicogênio e afetando a funcionalidade do sistema nervoso central. Além disso, a perda de água durante o exercício físico pode acarretar, especialmente, na perda do eletrólito sódio. Por isso, para manutenção do estado de euhidratação, deve-se considerar o adequado consumo hídrico antes, durante e após o término da sessão de treinamento. Acredita-se que perdas acima de 2% de massa corporal possam comprometer a funcionalidade cognitiva e a performance aeróbia. Em outras modalidades a queda do desempenho parece ser observada com reduções entre 3-5% da massa corporal por conta da desidratação. Situações graves de desidratação serão observadas com perdas entre 6-10% da massa corporal. Para evitar problemas no desempenho oriundos da desidratação, sugere-se as seguintes recomendações hídricas.

- Antes: 5-10mL de água por kg de massa corporal entre 2 - 4 horas antes do exercício físico;
- Durante: A perda hídrica varia de acordo com a temperatura, umidade do ar, vestimentas do atleta, altitude, podendo ficar entre 0,3 - 2,4 litros por hora. A ingestão hídrica durante o treino ou competição deve ser de 0,4 - 0,8 litros por hora, indo ao encontro, se necessário, com as recomendações de carboidratos (quantidade e concentração);
- Depois: As estratégias de rehidratação dependerão do tempo entre sessões de treino/competição e da magnitude de perda hídrica do atleta durante a competição. Considerando, ainda, que a perda hídrica permanece após o término do exercício físico (urina e suor), sugere-se quantidades que variam entre 1,25 - 1,5 litros de água/fluidos (considere a ingestão de carboidratos se necessário) a cada 1kg de peso perdido. Por exemplo, se o sujeito terminar com 1 kg a menos, deverá ingerir entre 1,250mL 1.500mL de água/bebidas com carboidratos (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

The background features a large, flowing white ribbon that curves across the page. At the top and bottom, there are clusters of overlapping geometric shapes in orange, dark blue, and teal. Light blue hexagonal outlines are scattered throughout the design, some overlapping the ribbon and other shapes.

Capítulo 4

Vitaminas
e Minerais

A large, bold, orange letter 'A' is positioned on the left side of the page. It is set against a background of overlapping teal and dark blue geometric shapes, including hexagons and triangles. The letter is the central focus of the left half of the page.

s vitaminas e minerais desempenham papéis fundamentais no organismo humano, principalmente como cofatores enzimáticos e reguladores do metabolismo, assim como colaboram para o adequado funcionamento do sistema imune, controle do estresse oxidativo e do processo inflamatório (MAUGHAN, 1999). Nesse sentido, acredita-se que atletas tenham necessidades elevadas de micronutrientes, sobretudo antioxidantes (MAUGHAN, 1999; THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

Com a realização do exercício físico, a produção de espécies reativas ao oxigênio (EROs) pode aumentar entre 10-15 vezes, de tal modo, que atletas de alto rendimento desenvolvem um sistema antioxidante endógeno enzimático mais eficiente em comparação a pessoas inativas e, assim, são menos responsivos à suplementos antioxidantes (MAUGHAN, 1999; THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016). Não há, portanto, evidências que suportem o uso de nutrientes antioxidantes para melhora do desempenho. Ademais, acredita-se,

ainda, que micronutrientes antioxidantes possam afetar negativamente adaptações relacionadas ao treinamento, por impedir com que as EROs executem seu papel essencial de sinalização celular. Esse efeito, no entanto, carece de maiores investigações (BECK; VON HURST; O'BRIEN; BADENHORST, 2021).

Por outro lado, na avaliação nutricional, o nutricionista deve estar atendo à ingestão de frutas, vegetais e grãos integrais, bem como a realização de dietas restritivas e baixa DE que ofertarão nutrientes a quem do que é necessário para o adequado funcionamento e defesa do organismo. Nesses casos, o uso de suplementos nutricionais fonte de micronutrientes, em especial, antioxidantes, pode ser sugerido. Dessa maneira, é fundamental orientar os atletas que os micronutrientes não necessários para melhora do desempenho se não houver situação de carência (BECK; VON HURST; O'BRIEN; BADENHORST, 2021).

Embora todos os micronutrientes tenham papel imprescindível para atletas, nesse texto, focaremos em três que são frequentemente alterados nessa população, sendo: ferro, vitamina D e cálcio.

A deficiência de ferro em atletas pode ser comum, sobretudo em atletas mulheres com elevadas perdas de sangue na menstruação, perdas no suor por treinos intensos, perdas na urina ou fezes, bem como oriundas de alguma hemólise inerente ou não ao treinamento e, ainda, pode-se destacar atletas com padrão alimentar vegetariano, com baixa atenção ao consumo de ferro não heme e nutrientes que possam aumentar a sua absorção, como a vitamina C. Nesse sentido, as baixas concentrações de ferro (com ou sem anemia) parecem afetar negativamente o desempenho esportivo. Sugere-se que a necessidade de ferro em atletas mulheres é de até 70% a mais do que a EAR, sendo, desse modo, a ingestão de ferro maior que 18 mg para mulheres e 8 mg para homens. De todas as formas, na avaliação bioquímica do estado nutricional, os parâmetros relacionados

ao metabolismo do ferro devem ser avaliados com cautela (BECK; VON HURST; O'BRIEN; BADENHORST, 2021; MAUGHAN; BURKE; DVORAK; LARSON-MEYER *et al.*, 2018).

Acerca da vitamina D, destaca-se o seu papel na absorção e metabolismo do mineral cálcio e do fósforo, da mesma maneira que na funcionalidade do sistema imune sendo, sua deficiência, diretamente associada ao aumento de infecções de trato respiratório superior (ITRS), comuns em atletas. Existem hipóteses de que a vitamina D tenha funções fundamentais à funcionalidade do musculoesquelético, principalmente em fibras musculares do tipo II, sugerindo efeitos no desempenho esportivo, no entanto, mais investigações são necessárias (BECK; VON HURST; O'BRIEN; BADENHORST, 2021; MAUGHAN; BURKE; DVORAK; LARSON-MEYER *et al.*, 2018).

Não há consenso sobre os seus valores de deficiência, insuficiência, suficiência e limite máximo para essa população, entretanto, para atletas com baixa exposição ao sol por treinamento no inverno ou em ambiente fechado, deve-se considerar o seu uso, haja vista que 90% da vitamina D é obtida a partir da exposição aos raios ultravioleta (UVB). Não há guia de suplementação para atletas, a recomendação geral é de 800-2000 UI/dia. Situações de doses mais elevadas, deve-se procurar assistência médica especializada (BECK; VON HURST; O'BRIEN; BADENHORST, 2021; MAUGHAN; BURKE; DVORAK; LARSON-MEYER *et al.*, 2018).

Finalmente, o mineral cálcio é fundamental para manutenção e reparo ósseo e, para além disso, desempenha papel importante na contração muscular, condução nervosa e coagulação sanguínea. Em situação de baixa DE e disfunções menstruais, especialmente, em atletas mulheres, deve-se considerar aumento do risco de fraturas ósseas, tendo em vista que a baixa ingestão de cálcio está associada à baixa ingestão total de energia. Ainda, em diferentes

contextos, observa-se “mitos” que envolvem o consumo de laticínios, o que pode afetar a ingestão de cálcio, principalmente em situações que o atleta tem aversão ou baixo acesso à vegetais fontes desse mineral. Sugere-se ingestão de cálcio próximas a 1,500 mg/dia, principalmente nas situações supracitadas, baixa ingestão de energia ou disfunções menstruais (BECK; VON HURST; O'BRIEN; BADENHORST, 2021; MAUGHAN; BURKE; DVORAK; LARSON-MEYER *et al.*, 2018).






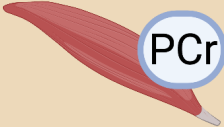




Capítulo 5

Suplementos
Alimentares e Nutricionais

Principais fatores relacionados a fadiga ou interrupção do exercício físico

<p>Acidose muscular</p>  <p>Redução do pH muscular devido a glicólise láctica</p>	<p>Distúrbios intestinais</p>  <p>Desconforto gástrico devido a ingestão alimentar inadequada</p>	<p>Hiponatremia</p>  <p>Redução da [] plasmática de sódio devido a hiperhidratação</p>	<p>Hipohidratação e hipertermia</p>  <p>Redução de água > 2% da massa corporal</p>	<p>Depleção de carboidratos</p>  <p>Consumo inadequado de carboidratos associado a elevadas demandas de treinamento</p>	<p>Depleção de fosfocreatina</p>  <p>Depleção da fosfocreatina muscular</p>
---	---	---	---	---	---

Principais estratégias nutricionais para retardar os fatores relacionados a fadiga

<p>Suplementação aguda de BS ou suplementação crônica de BA</p>	<p>Treinamento intestinal com água e carboidratos antes, durante e após os treinamentos similares à prova alvo</p>	<p>Evitar o consumo excessivo de água ou bebidas pobres em sódio e adequar a ingestão das bebidas de carboidratos</p>	<p>Hidratação adequada pré e durante o treino ou prova</p>	<p>Supercompensação de carboidratos 24-48 h antes (10 - 12 g/kg), consumo adequado pré-exercício físico (1 - 4 g/kg) ou durante o exercício físico (~30 - 90 g/h)</p>	<p>Suplementação de creatina monohidratada (3 - 5 g/dia ou 0,03 - 0,05 g/kg/dia)</p>
---	--	---	--	---	--

Legenda: H⁺ = hidrogênio; Na = Sódio; PCr = fosfocreatina; BS = Bicarbonato de sódio; BA = Beta-alanina; [] = concentração.

Traduzido e adaptado de Burke et al., Science 362, 781-787 (2018)

No alto rendimento, comumente os atletas são assediados e encorajados para o uso de suplementos alimentares. A indústria de suplementos alimentares é crescente, e anualmente move receitas maiores. Além disso, devido ao marketing agressivo, muitos atletas são vítimas e utilizam suplementos com baixo nível de evidência científica, sem efeitos na saúde ou *performance*, que poderiam, inclusive, fazê-los testar positivo no doping devido a insegurança do produto. Internacionalmente, a prevalência de uso de suplementos varia entre 37-89% (MAUGHAN; BURKE; DVORAK; LARSON-MEYER *et al.*, 2018). A motivação de uso inclui melhora no desempenho, melhora da composição corporal imunidade, compensação para uma má alimentação etc. Ainda, poucos são de fato orientados por um nutricionista habilitado.

Nesse sentido, o uso de suplementos nutricionais é amplamente indiscriminado.

Atletas de elite devem ser cautelosos, haja vista que no Brasil, a Autoridade Brasileira de Controle Antidopagem (ABCD) fiscaliza com frequência e afincos atletas olímpicos e, assim, estes, deveriam evitar quaisquer usos de suplementos com baixo nível de evidência científica, bem como suplementos com precedência não conhecida. Os profissionais da nutrição esportiva devem, portanto, baseados em evidências científicas, sugerir apenas suplementos com alto potencial de aumento do desempenho. Entretanto, o nível de evidência dos suplementos alimentares, atualmente, é limitado, com baixa validade externa. Grande parte dos estudos conduzidos, avaliou o efeito em uma amostra limitada (baixo tamanho amostral), em pessoas destreinadas, com testes de performance irrelevantes ou inadequados para validade externa, bem como com baixo controle de variáveis confundidoras, como consumo alimentar e, níveis de glicogênio muscular, e pouco cuidado com o uso de potenciais outras substâncias que possam interagir com o suplemento ingerido. Dessa maneira, não se deve extrapolar o uso de suplementos nutricionais para todos os atletas (BURKE, 2017; LARSON-MEYER; WOOLF; BURKE, 2018).

Abaixo estão descritos os principais suplementos nutricionais, com maior potencial de evidência científica para utilização.

5.1 Cafeína

A cafeína pode ser considerada um dos suplementos mais democráticos para o aumento do desempenho esportivo, haja vista que diversos estudos mostraram seus efeitos positivos em diferentes exercícios físicos e esportes (GRGIC; GRGIC; PICKERING; SCHOENFELD *et al.*, 2020; PICKERING; GRGIC, 2019). A cafeína tem característica estimulante, agindo, sobretudo, como antagonista dos receptores de adenosina, evitando que essa molécula se acumule. Dessa forma, a cafeína reduz a percepção de cansaço e esforço, aumenta o estado de alerta, melhora a função neuromuscular

e aumenta a liberação de dopamina (VAN DAM; HU; WILLETT, 2020). Recentemente, Grgic; Pickering; Schoenfeld *et al.* (2020) publicaram uma revisão umbrella contendo 21 metanálises. Os autores concluíram que a cafeína parece ser positiva para exercícios de endurance, força muscular, potência anaeróbica e resistência aeróbica, sendo a cafeína geralmente, mais ergogênica em exercícios de endurance em comparação aos de rápida duração ou de força. Os efeitos atenuadores do consumo crônico de café sobre a resposta ergogênica da cafeína ainda são nebulosos (PICKERING; GRGIC, 2019) e novos estudos são necessários para esclarecer essas dúvidas (PICKERING; KIELY, 2019). Além disso, os efeitos da cafeína sobre o desempenho esportivo parecem ser influenciados por aspectos genéticos, sugerindo que pessoas são rápidas respondedoras e outras lentas respondedoras à cafeína; no entanto, as diferenças parecem ser pequenas e poucos estudos com amostras limitadas foram conduzidos até o momento, o que dificulta a extrapolação destes achados (GRGIC; PICKERING; DEL COSO; SCHOENFELD *et al.*, 2021). Finalmente, deve-se tomar cuidados com as doses de cafeína, haja vista quantidades >9 mg/kg de massa corporal não parecem melhorar o desempenho, aumentando o risco de efeitos adversos, tais como: náusea, ansiedade, insônia e dificuldade de descansar (PICKERING; GRGIC, 2019).

Creatina

A creatina monohidratada tem sido a principal forma de suplementação de creatina, especialmente àqueles que desejam aumentar a força, massa muscular e potência (DEVRIES; PHILLIPS, 2014; DOS SANTOS; DE ARAUJO; CANDOW; FORBES *et al.*, 2021; SESTILI; BARBIERI; MARTINELLI; BATTISTELLI *et al.*, 2009).

Apesar da creatina ser proposta para atenuar o dano muscular induzido pelo exercício físico, este efeito é ainda controverso (DOMA; RAMACHANDRAN; BOULLOSA; CONNOR, 2022; JIAMING; RAHIMI, 2021).

Os efeitos da creatina são mais específicos em comparação aos da cafeína, seu mecanismo de ação principal consiste em aumentar os estoques de fosfocreatina (CP) no musculoesquelético e, portanto, maximizar a capacidade de ressíntese de ATP pelo sistema ATP-CP. Seu aproveitamento, quando o consumo é feito com quantidades de aproximadamente 50 g de carboidratos + proteínas, parece aumentar; embora a relevância dessa sinergia seja duvidosa. Partindo desse pressuposto, a creatina tem sido comumente utilizada em atletas de força, potência e sprints intermitentes de alta intensidade, cujo sistema ATP-CP é fundamental. No entanto, no contexto de periodização de treinamento, seu uso deve ser feito em momentos adequados para que o atleta possa usufruir adequadamente dos seus efeitos.

Ainda, a creatina parece exercer importante efeito anabólico, por colaborar para o aumento da massa muscular ao longo do tempo. Embora haja um efeito de retenção de água (~1-2kg), pode-se considerar a creatina um coadjuvante ao treinamento de força para aumentar, indiretamente, a massa muscular (WU; CHEN; HSU; CHEN *et al.*, 2022).

A creatina parece aumentar a força isométrica e a performance aguda de apenas um ou repetidos esforços de alta intensidade e curta duração (<150 segundos), principalmente em exercícios com tempo menor que 30 segundos (MUJIKI; PADILLA, 1997).

Com base nos estudos publicados nas últimas décadas, Lanhers; Pereira; Naughton; Trousselard *et al.* (2017) observaram aumento de força de 5.3% no supino e Lanhers; Pereira; Naughton; Trousselard

et al. (2015) observaram aumento de força de 8% no agachamento e 3% no *leg press*. Notadamente, os efeitos ergogênicos da creatina são, assim como de todos os suplementos nutricionais, marginais e, por isso, deve-se considerar seu uso àqueles que, de fato, terão benefícios relevantes para competições. Efeitos negativos não foram observados com o uso da creatina em doses adequadas até 4 anos, entretanto, o aumento da retenção de água, supracitado, deve ser encarado com cuidado, pois, em alguns esportes, esse efeito pode ser prejudicial, logo, seu uso, deve ser feito de forma cautelosa (LANHERS; PEREIRA; NAUGHTON; TROUSSELARD *et al.*, 2015).

Há discussões sobre a interação antagonica entre cafeína e creatina, mas da mesma maneira, os dados são limitantes e conflituosos (ELOSEGUI; LOPEZ-SEOANE; MARTINEZ-FERRAN; PAREJA-GALEANO, 2022). Contudo, é plausível tentar organizar a suplementação de creatina e cafeína em momentos diferentes da periodização do treinamento (PICKERING; GRGIC, 2021).

Beta-alanina

A beta-alanina (BA) tem sido considerada um dos suplementos mais “famosos” no meio esportivo. Diversos atletas questionam seu uso e efetividade, haja vista a notoriedade que ela recebeu nos últimos anos. Trata-se de um beta-aminoácido não proteogênico fator limitante para síntese do dipeptídeo carnosina. Na presença do aminoácido L-histidina, a enzima carnosina sintase une os aminoácidos, formando a carnosina. Seu efeito consiste em reduzir as concentrações de H⁺ (prótons) do meio intracelular do musculoesquelético. O acúmulo de prótons parece afetar negativamente o desempenho esportivo, uma vez que modifica o pH intracelular e a eficiência de enzimas fundamentais para o metabolismo

energético. Os efeitos ergogênicos da BA são marginais, na ordem de 0,2 - 03% durante exercícios contínuos e intermitentes de alta intensidade com período variando entre 30 segundos e 10 minutos (SAUNDERS; ELLIOTT-SALE; ARTIOLI; SWINTON *et al.*, 2017). A resposta ergogênica à BA não parece ser homogênea, isto é, nem todos respondem da mesma maneira, provavelmente, pela grande variabilidade no acúmulo de carnosina no musculoesquelético. Apenas 3-6% da BA ingerida é incorporada no musculoesquelético, sendo aproximadamente 90% desviadas para outras funções. Além disso, recentemente, verificaram que, diferente da creatina, a insulina não aumenta a captação de BA pelo musculoesquelético, sugerindo que o consumo de BA ao longo do período de suplementação não precisa ser feito junto às refeições (GONCALVES; KRATZ; SANTOS; CARVALHO *et al.*, 2020). Finalmente, acerca das modalidades beneficiadas, ainda há limitação com bases nos resultados disponíveis; portanto, nem todas as modalidades esportivas limitadas pelo acúmulo de H⁺ serão beneficiadas pela suplementação de BA, uma vez que outros fatores podem modificar a ergogenicidade (BRISOLA; ZAGATTO, 2019). A respeito dos efeitos adversos, destaca-se, pela BA, a parestesia, que consiste em um formigamento que pode ocorrer após 20-30 minutos da ingestão. Acredita-se que esse efeito não seja danoso, logo, não há fatores que limitem o uso da BA para esportistas e atletas.

Bicarbonato de sódio

O bicarbonato de sódio (BS) tem efeitos “similares” a BA. O BS também tem como função reduzir as concentrações de H⁺ do musculoesquelético, entretanto, o BS age de forma extracelular. Após o seu consumo, eleva-se ligeiramente o pH extracelular e, por gradiente de concentração, os prótons do musculoesquelético,

produzidos pela quebra de ATP em exercícios, principalmente, de alta intensidade, são exportados à corrente sanguínea. No sangue, esses prótons se ligam ao bicarbonato, formando ácido carbônico que, em seguida, será dissociado em água e dióxido de carbono (CO₂). Os efeitos ergogênicos do BS são de aproximadamente 2% em exercícios curtos (~60 segundos), de alta intensidade e, quanto maior o tempo de exercício físico (>10 minutos), os efeitos vão diminuindo (MAUGHAN; BURKE; DVORAK; LARSON-MEYER *et al.*, 2018). Interessantemente, o BS, apesar do seu efeito ergogênico, é pouco utilizado. Não há interesse da indústria em comercializá-lo, bem como os atletas, pelos efeitos adversos, desistem facilmente do seu uso. O BS gera, pelo seu potencial efeito no pH, desconforto gastrointestinal. Contudo, estratégias poderiam ser utilizadas para minimizar, como: ingestão de uma refeição rica em carboidratos (~1.5g/kg de massa corporal), fracionar a dosagem e ingerir com água (MAUGHAN; BURKE; DVORAK; LARSON-MEYER *et al.*, 2018). Vale destacar que os efeitos do BS sobre o desempenho não são homogêneos entre os estudos e diversos parâmetros avaliados não melhoraram, similar à BA (GRGIC; GREGG; DEL COSO; SCHOENFELD *et al.*, 2021; MIRANDA; BARRETO; MIARKA; SALINAS *et al.*, 2022), o que reforça a necessidade de avaliar com cautela o parâmetro de interesse para sugerir o uso de BS.

A combinação de BS e BA parece ser, ao menos pelo mecanismo de ação, interessante. Mero; Hirvonen; Saarela; Hulmi *et al.* (2013) verificaram os efeitos da combinação de BS e BA sobre o desempenho esportivo de nadadores, entretanto, não verificaram efeitos positivos com a co-suplementação. Painelli Vde; Roschel; Jesus; Sale *et al.* (2013) identificaram os mesmos resultados. Embora ambos, BS e BA, melhorem o desempenho isoladamente com base nos resultados de alguns estudos, os efeitos em conjunto sobre o desempenho esportivo parecem ser incertos. Novos estudos são necessários para

esclarecer possíveis dúvidas.

Suco de beterraba

O suco de beterraba (SB) rico em nitrato tem sido, assim como a BA, enaltecido nos últimos tempos. Seus efeitos, advindos do nitrato, parecem estar relacionados à melhora da eficiência muscular. O nitrato é precursor de óxido nítrico (ON), cujo papel na funcionalidade do musculoesquelético é conhecido. O nitrato parece melhorar a eficiência das fibras musculares do tipo II e reduzir o custo de ATP para produção de força muscular, bem como parece exercer efeitos positivos sobre a eficiência mitocondrial. Interessantemente, o efeito ergogênico nitrato varia entre 4-25% em exercícios até exaustão e entre 1-3% em testes contrarrelógio com tempo menor que 40 minutos. Entretanto, McMahon; Leveritt e Pavey (2017) sugerem que os efeitos do SB rico em nitrato são mais determinantes em testes até a exaustão, embora nesse modelo, de exercícios até exaustão, observa-se elevada taxa de variabilidade, comprometendo a interpretação dos resultados. Ainda, testes contrarrelógios parecem ser mais adequados quando se objetiva verificar condições de “vida real”. A melhora de 0.8% da suplementação de nitrato no teste contrarrelógio observada nesse estudo, apesar de marginal, foi colocada em uma perspectiva prática. Os autores compararam o 1º do décimo segundo lugar nas Olimpíadas de Londres na prova de 10 mil metros (10 km). A diferença entre os atletas foi de 0.66%, portanto, os 0.8% poderiam colaborar para uma mudança no resultado, mesmo que marginal. É interessante trazer isso à tona em quaisquer discussões dos suplementos nutricionais,

a diferença, embora marginal, pode ser determinante no alto rendimento. Ainda, os efeitos positivos do nitrato em testes contrarrelógios que mimetizam a vida real, poderiam ser mais observados com o uso crônico e não com agudo.

Resultados divergentes foram identificados em revisões sistemáticas e metaanálises que investigaram os efeitos da suplementação de nitrato (SAN JUAN; DOMINGUEZ; LAGO-RODRIGUEZ; MONTOYA *et al.*, 2020; TAN; CANO; LAGO-RODRIGUEZ; DOMINGUEZ, 2022; WONG; SIM; BURNS, 2021). Além disso, a revisão de Campos; Drummond; Rodrigues; Machado *et al.* (2018) e de Senefeld; Wiggins; Regimbal; Dominelli *et al.* (2020) mostraram que indivíduos menos treinados ($VO_2^{pico} < 50 - 64,9$ mL/kg/min) são mais responsivos à suplementação de nitrato comparativamente a sujeitos mais treinados ($VO_2^{pico} > 65$ mL/kg/min). Isso se deve, ao menos em parte, às adaptações musculoesqueléticas, especialmente mitocondriais, que são mais eficientes de atletas (HLINSKY; KUMSTAT; VAJDA, 2020).

Ademais, doses elevadas (1041 mg) não parecem ser mais ergogênicas em comparação a doses menores (521 mg), sugerindo um efeito teto do SB rico em nitrato (SENEFELD; WIGGINS; REGIMBAL; DOMINELLI *et al.*, 2020). Os estudos são predominantemente com homens; logo, diversas dúvidas ainda restam sobre o efeito da suplementação de SB rico em nitrato, que dificultam sua validação externa.

Por fim, o nitrato parece gerar efeitos positivos sobre a pressão arterial sistólica (BENJAMIM; PORTO; VALENTI; SOBRINHO *et al.*, 2022).

Quadro 5. Dosagem, momento, período e magnitude de melhora dos suplementos alimentares.

Suplementos	Doses recomendadas	Momento de uso	Período de uso	Magnitude de melhora na performance
Cafeína	3-6mg/kg	~ 60 minutos antes do exercício físico; alguns estudos sugerem doses intra-exercício físico quando de muito longa duração	Uso agudo, embora recentes evidências sugere "periodização" da cafeína	<ul style="list-style-type: none"> Baixas doses (100-300mg). Aumento no desempenho em ciclismo teste contrarrelógio 3-7%. Durante exercícios de corrida de curta duração de alta intensidade e repetidas melhora de ~3% no desempenho, bem com potência média e potência de pico durante atividades anaeróbicas de 1 a 2 minutos de duração. 1% a 8% para exercícios de alta intensidade intermitentes em esporte de equipe.
Creatina	Carregamento: ~20g/dia Manutenção: 3-5g/dia ou 0,03 – 0,05 g/kg	Ambas as recomendações alinhadas ao consumo de carboidratos	Período indeterminado (análise da periodização do treinamento)	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de 5.3% no supino reto; 8% no agachamento e 3% no leg press; Aumento da massa magra, força e potência muscular; Efeitos no dano muscular mediado pelo exercício físico são incertos.
Beta-alanina	3,2-6,4 g/dia [~65 mg/kg/MC]	Doses de 0,8-1,6g a cada 3-4 horas	10-12 semanas, podendo alcançar até 24 semanas	<ul style="list-style-type: none"> Pequeno benefício entre ~0,2-3% durante exercícios contínuos e intermitentes de 30 segundos a 10 minutos. Alguns exercícios podem não responder positivamente, embora o mecanismo seja coerente.
Bicarbonato de sódio	0,2 – 0,4 g/kg/MC	60-150 minutos antes do exercício físico; ou doses fracionadas entre 30-180 minutos antes do exercício físico	3-4 pequenas doses/dia durante 2-4 dias antes da prova	<ul style="list-style-type: none"> Aumento do desempenho em ~2% em exercícios de curta duração, alta intensidade de ~60 segundos de duração e redução dos efeitos em exercícios com duração acima de 10 minutos. Alguns exercícios podem não responder positivamente, embora o mecanismo seja coerente.
Suco de beterraba	310-560mg	2-3 horas antes do exercício físico	> 3 dias (crônico)	<ul style="list-style-type: none"> Suplementação associada com melhoras de 4-25% em exercícios até a exaustão voluntária máxima, 1-3% em testes contrarrelógios <40 minutos de duração. Aumentos de 3-5% em exercícios de alta intensidade, intermitentes, de esportes coletivos (12-40 minutos de duração). Alguns exercícios podem não responder positivamente, embora o mecanismo seja coerente.

CONCLUSÃO

Do manejo dietético à suplementação nutricional, muitas dúvidas ainda cercam a nutrição esportiva. Contudo, as evidências mais robustas, com moderada validade externa, mostraram que poucas são as intervenções efetivas para melhora do desempenho esportivo, especialmente, quando envolve suplementos alimentares. Portanto, deve-se considerar a adequada ingestão de carboidratos, proteínas e lipídeos como base da intervenção alimentar, respeitando a periodização de treinamento, volume e intensidade. Para além disso, os suplementos nutricionais (cafeína, creatina, beta-alanina, bicarbonato de sódio e nitrato) parecem gerar efeitos marginais que, para maioria das pessoas, talvez não sejam relevantes e palpáveis para o desempenho esportivo. Por outro lado, os efeitos nos atletas de alto rendimento, embora marginais, são mais determinantes para performance, haja vista a pequena diferença entre um atleta e outro em competições.

Isso posto, é importante perceber que o uso, em sua maioria, é amplamente feito por pessoas que, provavelmente, não precisam da suplementação nutricional. Logo, a considerar os dados de orientação de suplementação, o nutricionista precisar estar mais à frente, colaborando enfaticamente para maiores instruções do uso dos suplementos nutricionais.

The background features a central white wavy shape on a light grey background. At the top and bottom, there are clusters of overlapping hexagons in orange, dark blue, and teal colors. Some hexagons are solid, while others are outlined in a light blue color.

Referências

ALGHANNAM, A. F.; JEDRZEJEWSKI, D.; BILZON, J.; THOMPSON, D. et al. Influence of Post-Exercise Carbohydrate-Protein Ingestion on Muscle Glycogen Metabolism in Recovery and Subsequent Running Exercise. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, 26, n. 6, p. 572-580, Dec 2016.

AMAMOU, T.; NORMANDIN, E.; POULIOT, J.; DIONNE, I. J. et al. Effect of a High-Protein Energy-Restricted Diet Combined with Resistance Training on Metabolic Profile in Older Individuals with Metabolic Impairments. **J Nutr Health Aging**, 21, n. 1, p. 67-74, 2017.

APPLEGATE, E. A.; GRIVETTI, L. E. Search for the competitive edge: a history of dietary fads and supplements. **J Nutr**, 127, n. 5 Suppl, p. 869S-873S, May 1997.

BECK, K. L.; VON HURST, P. R.; O'BRIEN, W. J.; BADENHORST, C. E. Micronutrients and athletic performance: A review. **Food Chem Toxicol**, 158, p. 112618, Dec 2021.

BEHNKE, A. R. The estimation of lean body weight from "skeletal" measurements. **Hum Biol**, 31, p. 295-315, Dec 1959.

BEHNKE, A. R.; GUTTENTAG, O. E.; BRODSKY, C. Quantification of body weight and configuration from anthropometric measurements. **Hum Biol**, 31, p. 213-234, Sep 1959.

BENITO, P. J.; CUPEIRO, R.; RAMOS-CAMPO, D. J.; ALCARAZ, P. E. et al. A Systematic Review with Meta-Analysis of the Effect of Resistance Training on Whole-Body Muscle Growth in Healthy Adult Males. **Int J Environ Res Public Health**, 17, n. 4, Feb 17 2020.

BENJAMIM, C. J. R.; PORTO, A. A.; VALENTI, V. E.; SOBRINHO, A. et al. Nitrate Derived From Beetroot Juice Lowers Blood Pressure

in Patients With Arterial Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Front Nutr**, 9, p. 823039, 2022.

BRISOLA, G. M. P.; ZAGATTO, A. M. Ergogenic Effects of beta-Alanine Supplementation on Different Sports Modalities: Strong Evidence or Only Incipient Findings? **J Strength Cond Res**, 33, n. 1, p. 253-282, Jan 2019.

BURD, N. A.; WEST, D. W.; MOORE, D. R.; ATHERTON, P. J. et al. Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. **J Nutr**, 141, n. 4, p. 568-573, Apr 1 2011.

BURDON, C. A.; SPRONK, I.; CHENG, H. L.; O'CONNOR, H. T. Effect of Glycemic Index of a Pre-exercise Meal on Endurance Exercise Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Med**, 47, n. 6, p. 1087-1101, Jun 2017.

BURKE, L. M. Practical Issues in Evidence-Based Use of Performance Supplements: Supplement Interactions, Repeated Use and Individual Responses. **Sports Med**, 47, n. Suppl 1, p. 79-100, Mar 2017.

BURKE, L. M. Ketogenic low-CHO, high-fat diet: the future of elite endurance sport? **J Physiol**, 599, n. 3, p. 819-843, Feb 2021.

BURKE, L. M.; CASTELL, L. M.; CASA, D. J.; CLOSE, G. L. et al. International Association of Athletics Federations Consensus Statement 2019: Nutrition for Athletics. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, 29, n. 2, p. 73-84, Mar 1 2019.

BURKE, L. M.; HAWLEY, J. A. Swifter, higher, stronger: What's on the menu? **Science**, 362, n. 6416, p. 781-787, Nov 16 2018.

BURKE, L. M.; HAWLEY, J. A.; WONG, S. H.; JEUKENDRUP, A. E. Carbohydrates for training and competition. **J Sports Sci**, 29 Suppl 1, p. S17-27, 2011.

BURKE, L. M.; JEUKENDRUP, A. E.; JONES, A. M.; MOOSES, M. Contemporary Nutrition Strategies to Optimize Performance in Distance Runners and Race Walkers. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, 29, n. 2, p. 117-129, Mar 1 2019.

BURKE, L. M.; ROSS, M. L.; GARVICAN-LEWIS, L. A.; WELVAERT, M. et al. Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. **J Physiol**, 595, n. 9, p. 2785-2807, May 1 2017.

CAMPOS, H. O.; DRUMMOND, L. R.; RODRIGUES, Q. T.; MACHADO, F. S. M. et al. Nitrate supplementation improves physical performance specifically in non-athletes during prolonged open-ended tests: a systematic review and meta-analysis. **Br J Nutr**, 119, n. 6, p. 636-657, Mar 2018.

CAREAU, V.; HALSEY, L. G.; PONTZER, H.; AINSLIE, P. N. et al. Energy compensation and adiposity in humans. **Curr Biol**, 31, n. 20, p. 4659-4666 e4652, Oct 25 2021.

CARRASCO-MARGINET, M.; CASTIZO-OLIER, J.; RODRIGUEZ-ZAMORA, L.; IGLESIAS, X. et al. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for measuring the hydration status in young elite synchronized swimmers. **PLoS One**, 12, n. 6, p. e0178819, 2017.

CASTIZO-OLIER, J.; IRURTIA, A.; JEMNI, M.; CARRASCO-MARGINET, M. et al. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sport and exercise: Systematic review and future perspectives. **PLoS One**, 13, n. 6, p. e0197957, 2018.

COLLINS, J.; MAUGHAN, R. J.; GLEESON, M.; BILSBOROUGH, J. et al. UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. **Br J Sports Med**, 55, n. 8, p. 416, Apr 2021.

CONVERTINO, V. A.; ARMSTRONG, L. E.; COYLE, E. F.; MACK, G. W. et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. **Med Sci Sports Exerc**, 28, n. 1, p. i-vii, Jan 1996.

CRAVEN, J.; DESBROW, B.; SABAPATHY, S.; BELLINGER, P. et al. The Effect of Consuming Carbohydrate With and Without Protein on the Rate of Muscle Glycogen Re-synthesis During Short-Term Post-exercise Recovery: a Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Med Open**, 7, n. 1, p. 9, Jan 28 2021.

CUNNINGHAM, J. J. A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. **Am J Clin Nutr**, 33, n. 11, p. 2372-2374, Nov 1980.

CUNNINGHAM, J. J. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. **Am J Clin Nutr**, 54, n. 6, p. 963-969, Dec 1991.

DE OLIVEIRA, E. P.; BURINI, R. C.; JEUKENDRUP, A. Gastrointestinal complaints during exercise: prevalence, etiology, and nutritional recommendations. **Sports Med**, 44 Suppl 1, p. S79-85, May 2014.

DECOMBAZ, J.; ARNAUD, M. J.; MILON, H.; MOESCH, H. et al. Energy metabolism of medium-chain triglycerides versus carbohydrates during exercise. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 52, n. 1, p. 9-14, 1983.

DEVRIES, M. C.; PHILLIPS, S. M. Creatine supplementation during resistance training in older adults-a meta-analysis. **Med Sci Sports Exerc**, 46, n. 6, p. 1194-1203, Jun 2014.

DOMA, K.; RAMACHANDRAN, A. K.; BOULLOSA, D.; CONNOR, J. The Paradoxical Effect of Creatine Monohydrate on Muscle Damage Markers: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med**, Feb 26 2022.

DOS SANTOS, E. E. P.; DE ARAUJO, R. C.; CANDOW, D. G.; FORBES, S. C. et al. Efficacy of Creatine Supplementation Combined with Resistance Training on Muscle Strength and Muscle Mass in Older Females: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nutrients**, 13, n. 11, Oct 24 2021.

DURNIN, J. V.; WOMERSLEY, J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. **Br J Nutr**, 32, n. 1, p. 77-97, Jul 1974.

ELOSEGUI, S.; LOPEZ-SEOANE, J.; MARTINEZ-FERRAN, M.; PAREJA-GALEANO, H. Interaction Between Caffeine and Creatine When Used as Concurrent Ergogenic Supplements: A Systematic Review. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, p. 1-11, Jan 11 2022.

FLACK, K. D.; HAYS, H. M.; MORELAND, J.; LONG, D. E. Exercise for Weight Loss: Further Evaluating Energy Compensation with Exercise. **Med Sci Sports Exerc**, 52, n. 11, p. 2466-2475, Nov 2020.

FRANKLIN, B. A.; BRINKS, J.; BERRA, K.; LAVIE, C. J. et al. Using Metabolic Equivalents in Clinical Practice. **Am J Cardiol**, 121, n. 3, p. 382-387, Feb 1 2018.

FREIRE, R.; PEREIRA, G.; ALCANTARA, J. M. A.; SANTOS, R. et al. New Predictive Resting Metabolic Rate Equations for High-Level Athletes: A Cross-validation Study. **Med Sci Sports Exerc**, Apr 1 2022.

GABRIEL, B. M.; ZIERATH, J. R. The Limits of Exercise Physiology: From Performance to Health. **Cell Metab**, 25, n. 5, p. 1000-1011, May 2 2017.

GONCALVES, L. S.; KRATZ, C.; SANTOS, L.; CARVALHO, V. H. et al. Insulin does not stimulate beta-alanine transport into human skeletal muscle. **Am J Physiol Cell Physiol**, 318, n. 4, p. C777-C786, Apr 1 2020.

GRGIC, J.; GRGIC, I.; DEL COSO, J.; SCHOENFELD, B. J. et al. Effects of sodium bicarbonate supplementation on exercise performance: an umbrella review. **J Int Soc Sports Nutr**, 18, n. 1, p. 71, Nov 18 2021.

GRGIC, J.; GRGIC, I.; PICKERING, C.; SCHOENFELD, B. J. et al. Wake up and smell the coffee: caffeine supplementation and exercise performance-an umbrella review of 21 published meta-analyses. **Br J Sports Med**, 54, n. 11, p. 681-688, Jun 2020.

GRGIC, J.; PICKERING, C.; DEL COSO, J.; SCHOENFELD, B. J. et al. CYP1A2 genotype and acute ergogenic effects of caffeine intake on exercise performance: a systematic review. **Eur J Nutr**, 60, n. 3, p. 1181-1195, Apr 2021.

HEVIA-LARRAIN, V.; GUALANO, B.; LONGOBARDI, I.; GIL, S. et al. High-Protein Plant-Based Diet Versus a Protein-Matched Omnivorous Diet to Support Resistance Training Adaptations: A

Comparison Between Habitual Vegans and Omnivores. **Sports Med**, 51, n. 6, p. 1317-1330, Jun 2021.

HILLS, A. P.; MOKHTAR, N.; BYRNE, N. M. Assessment of physical activity and energy expenditure: an overview of objective measures. **Front Nutr**, 1, p. 5, 2014.

HLINSKY, T.; KUMSTAT, M.; VAJDA, P. Effects of Dietary Nitrates on Time Trial Performance in Athletes with Different Training Status: Systematic Review. **Nutrients**, 12, n. 9, Sep 8 2020.

HOROWITZ, J. F.; MORA-RODRIGUEZ, R.; BYERLEY, L. O.; COYLE, E. F. Preexercise medium-chain triglyceride ingestion does not alter muscle glycogen use during exercise. **J Appl Physiol (1985)**, 88, n. 1, p. 219-225, Jan 2000.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **Br J Nutr**, 40, n. 3, p. 497-504, Nov 1978.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. **Med Sci Sports Exerc**, 12, n. 3, p. 175-181, 1980.

JENTJENS, R. L.; JEUKENDRUP, A. E. High rates of exogenous carbohydrate oxidation from a mixture of glucose and fructose ingested during prolonged cycling exercise. **Br J Nutr**, 93, n. 4, p. 485-492, Apr 2005.

JENTJENS, R. L.; MOSELEY, L.; WARING, R. H.; HARDING, L. K. et al. Oxidation of combined ingestion of glucose and fructose during exercise. **J Appl Physiol (1985)**, 96, n. 4, p. 1277-1284, Apr 2004.

JENTJENS, R. L.; SHAW, C.; BIRTLES, T.; WARING, R. H. et al. Oxidation of combined ingestion of glucose and sucrose during exercise. **Metabolism**, 54, n. 5, p. 610-618, May 2005.

JENTJENS, R. L.; VENABLES, M. C.; JEUKENDRUP, A. E. Oxidation of exogenous glucose, sucrose, and maltose during prolonged cycling exercise. **J Appl Physiol (1985)**, 96, n. 4, p. 1285-1291, Apr 2004.

JETTE, M.; SIDNEY, K.; BLUMCHEN, G. Metabolic equivalents (METS) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. **Clin Cardiol**, 13, n. 8, p. 555-565, Aug 1990.

JEUKENDRUP, A. The new carbohydrate intake recommendations. **Nestle Nutr Inst Workshop Ser**, 75, p. 63-71, 2013.

JEUKENDRUP, A. E. Periodized Nutrition for Athletes. **Sports Med**, 47, n. Suppl 1, p. 51-63, Mar 2017a.

JEUKENDRUP, A. E. Training the Gut for Athletes. **Sports Med**, 47, n. Suppl 1, p. 101-110, Mar 2017b.

JEUKENDRUP, A. E.; ALDRED, S. Fat supplementation, health, and endurance performance. **Nutrition**, 20, n. 7-8, p. 678-688, Jul-Aug 2004.

JIAMING, Y.; RAHIMI, M. H. Creatine supplementation effect on recovery following exercise-induced muscle damage: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **J Food Biochem**, 45, n. 10, p. e13916, Oct 2021.

KINANTHROPOMETRY, I. S. F. T. A. O. International Standards for Anthropometric Assessment. **National Library of Australia**, 2001.

LANHERS, C.; PEREIRA, B.; NAUGHTON, G.; TROUSSELARD, M. et al. Creatine Supplementation and Lower Limb Strength Performance: A Systematic Review and Meta-Analyses. **Sports Med**, 45, n. 9, p. 1285-1294, Sep 2015.

LANHERS, C.; PEREIRA, B.; NAUGHTON, G.; TROUSSELARD, M. et al. Creatine Supplementation and Upper Limb Strength Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med**, 47, n. 1, p. 163-173, Jan 2017.

LARSON-MEYER, D. E.; WOOLF, K.; BURKE, L. Assessment of Nutrient Status in Athletes and the Need for Supplementation. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, 28, n. 2, p. 139-158, Mar 1 2018.

LECKEY, J. J.; HOFFMAN, N. J.; PARR, E. B.; DEVLIN, B. L. et al. High dietary fat intake increases fat oxidation and reduces skeletal muscle mitochondrial respiration in trained humans. **FASEB J**, 32, n. 6, p. 2979-2991, Jun 2018.

LIU, D.; HUANG, Y.; HUANG, C.; YANG, S. et al. Calorie Restriction with or without Time-Restricted Eating in Weight Loss. **N Engl J Med**, 386, n. 16, p. 1495-1504, Apr 21 2022.

LOHMAN, T. G.; HARRIS, M.; TEIXEIRA, P. J.; WEISS, L. Assessing body composition and changes in body composition. Another look at dual-energy X-ray absorptiometry. **Ann N Y Acad Sci**, 904, p. 45-54, May 2000.

MARQUET, L. A.; BRISWALTER, J.; LOUIS, J.; TIOLLIER, E. et al. Enhanced Endurance Performance by Periodization of Carbohydrate Intake: "Sleep Low" Strategy. **Med Sci Sports Exerc**, 48, n. 4, p. 663-672, Apr 2016.

MILLARD-STAFFORD, M. L.; SPARLING, P. B.; ROSSKOPF, L. B.; SNOW, T. K. Should carbohydrate concentration of a sports drink be less than 8% during exercise in the heat? **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, 15, n. 2, p. 117-130, Apr 2005.

MIRANDA, W. A. S.; BARRETO, L. B. M.; MIARKA, B.; SALINAS, A. E. et al. Can Sodium Bicarbonate Supplementation Improve Combat Sports Performance? A Systematic Review and Meta-analysis. **Curr Nutr Rep**, Apr 8 2022.

MOON, J. R. Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. **Eur J Clin Nutr**, 67 Suppl 1, p. S54-59, Jan 2013.

MORTON, R. W.; MURPHY, K. T.; MCKELLAR, S. R.; SCHOENFELD, B. J. et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. **Br J Sports Med**, 52, n. 6, p. 376-384, Mar 2018.

MOUNTJOY, M.; SUNDGOT-BORGEN, J. K.; BURKE, L. M.; ACKERMAN, K. E. et al. IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. **Br J Sports Med**, 52, n. 11, p. 687-697, Jun 2018.

MUJIKÁ, I.; PADILLA, S. Creatine supplementation as an ergogenic aid for sports performance in highly trained athletes: a critical review. **Int J Sports Med**, 18, n. 7, p. 491-496, Oct 1997.

MULLER, W.; HORN, M.; FURHAPTER-RIEGER, A.; KAINZ, P. et al. Body composition in sport: interobserver reliability of a novel ultrasound measure of subcutaneous fat tissue. **Br J Sports Med**, 47, n. 16, p. 1036-1043, Nov 2013.

MULLER, W.; LOHMAN, T. G.; STEWART, A. D.; MAUGHAN, R. J. et al. Subcutaneous fat patterning in athletes: selection of appropriate sites and standardisation of a novel ultrasound measurement technique: ad hoc working group on body composition, health and performance, under the auspices of the IOC Medical Commission. **Br J Sports Med**, 50, n. 1, p. 45-54, Jan 2016.

MURPHY, C. H.; CHURCHWARD-VENNE, T. A.; MITCHELL, C. J.; KOLAR, N. M. et al. Hypoenergetic diet-induced reductions in myofibrillar protein synthesis are restored with resistance training and balanced daily protein ingestion in older men. **Am J Physiol Endocrinol Metab**, 308, n. 9, p. E734-743, May 1 2015.

NAMMA-MOTONAGA, K.; KONDO, E.; OSAWA, T.; SHIOSE, K. et al. Effect of Different Carbohydrate Intakes within 24 Hours after Glycogen Depletion on Muscle Glycogen Recovery in Japanese Endurance Athletes. **Nutrients**, 14, n. 7, Mar 22 2022.

NANA, A.; SLATER, G. J.; STEWART, A. D.; BURKE, L. M. Methodology review: using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, 25, n. 2, p. 198-215, Apr 2015.

PAINELLI VDE, S.; ROSCHEL, H.; JESUS, F.; SALE, C. et al. The ergogenic effect of beta-alanine combined with sodium bicarbonate on high-intensity swimming performance. **Appl Physiol Nutr Metab**, 38, n. 5, p. 525-532, May 2013.

PARMAR, R. M.; CAN, A. S. Dietary Approaches To Obesity Treatment. In: StatPearls. Treasure Island (FL), 2022.

PICKERING, C.; GRGIC, J. Caffeine and Exercise: What Next? **Sports Med**, 49, n. 7, p. 1007-1030, Jul 2019.

PICKERING, C.; GRGIC, J. A time and a place: A framework for caffeine periodization throughout the sporting year. **Nutrition**, 82, p. 111046, Feb 2021.

PICKERING, C.; KIELY, J. What Should We Do About Habitual Caffeine Use in Athletes? **Sports Med**, 49, n. 6, p. 833-842, Jun 2019.

PIETROBELLI, A.; FORMICA, C.; WANG, Z.; HEYMSFIELD, S. B. Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts. **Am J Physiol**, 271, n. 6 Pt 1, p. E941-951, Dec 1996.

RICHTER, M.; BAERLOCHER, K.; BAUER, J. M.; ELMADFA, I. et al. Revised Reference Values for the Intake of Protein. **Ann Nutr Metab**, 74, n. 3, p. 242-250, 2019.

ROSSATO, L. T.; SCHOENFELD, B. J.; DE OLIVEIRA, E. P. Is there sufficient evidence to supplement omega-3 fatty acids to increase muscle mass and strength in young and older adults? **Clin Nutr**, 39, n. 1, p. 23-32, Jan 2020.

ROTHSCHILD, J. A.; KILDING, A. E.; BROOME, S. C.; STEWART, T. et al. Pre-Exercise Carbohydrate or Protein Ingestion Influences Substrate Oxidation but Not Performance or Hunger Compared with Cycling in the Fasted State. **Nutrients**, 13, n. 4, Apr 14 2021.

ROTHSCHILD, J. A.; KILDING, A. E.; PLEWS, D. J. What Should I Eat before Exercise? Pre-Exercise Nutrition and the Response to Endurance Exercise: Current Prospective and Future Directions. **Nutrients**, 12, n. 11, Nov 12 2020.

SAN JUAN, A. F.; DOMINGUEZ, R.; LAGO-RODRIGUEZ, A.; MONTOYA, J. J. et al. Effects of Dietary Nitrate Supplementation

on Weightlifting Exercise Performance in Healthy Adults: A Systematic Review. **Nutrients**, 12, n. 8, Jul 26 2020.

SAUNDERS, B.; ELLIOTT-SALE, K.; ARTIOLI, G. G.; SWINTON, P. A. et al. beta-alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis. **Br J Sports Med**, 51, n. 8, p. 658-669, Apr 2017.

SCHIAFFINO, S.; DYAR, K. A.; CICILIOT, S.; BLAAUW, B. et al. Mechanisms regulating skeletal muscle growth and atrophy. **FEBS J**, 280, n. 17, p. 4294-4314, Sep 2013.

SCHONFELD, P.; WOJTCZAK, L. Short- and medium-chain fatty acids in energy metabolism: the cellular perspective. **J Lipid Res**, 57, n. 6, p. 943-954, Jun 2016.

SENEFELD, J. W.; WIGGINS, C. C.; REGIMBAL, R. J.; DOMINELLI, P. B. et al. Ergogenic Effect of Nitrate Supplementation: A Systematic Review and Meta-analysis. **Med Sci Sports Exerc**, 52, n. 10, p. 2250-2261, Oct 2020.

SESTILI, P.; BARBIERI, E.; MARTINELLI, C.; BATTISTELLI, M. et al. Creatine supplementation prevents the inhibition of myogenic differentiation in oxidatively injured C2C12 murine myoblasts. **Mol Nutr Food Res**, 53, n. 9, p. 1187-1204, Sep 2009.

SILVA, A. M.; JUDICE, P. B.; CARRACA, E. V.; KING, N. et al. What is the effect of diet and/or exercise interventions on behavioural compensation in non-exercise physical activity and related energy expenditure of free-living adults? A systematic review. **Br J Nutr**, 119, n. 12, p. 1327-1345, Jun 2018.

SIRI, W. E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. **Nutrition**, 9, n. 5, p. 480-491; discussion 480, 492, Sep-Oct 1993.

STELLINGWERFF, T.; HEIKURA, I. A.; MEEUSEN, R.; BERMON, S. et al. Overtraining Syndrome (OTS) and Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): Shared Pathways, Symptoms and Complexities. **Sports Med**, 51, n. 11, p. 2251-2280, Nov 2021.

STOKES, T.; HECTOR, A. J.; MORTON, R. W.; MCGLORY, C. et al. Recent Perspectives Regarding the Role of Dietary Protein for the Promotion of Muscle Hypertrophy with Resistance Exercise Training. **Nutrients**, 10, n. 2, Feb 7 2018.

TAN, R.; CANO, L.; LAGO-RODRIGUEZ, A.; DOMINGUEZ, R. The Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Explosive Exercise Performance: A Systematic Review. **Int J Environ Res Public Health**, 19, n. 2, Jan 11 2022.

THOMAS, D. T.; ERDMAN, K. A.; BURKE, L. M. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. **Med Sci Sports Exerc**, 48, n. 3, p. 543-568, Mar 2016.

VAN DAM, R. M.; HU, F. B.; WILLETT, W. C. Coffee, Caffeine, and Health. **N Engl J Med**, 383, n. 4, p. 369-378, Jul 23 2020.

VERREIJEN, A. M.; ENGBERINK, M. F.; MEMELINK, R. G.; VAN DER PLAS, S. E. et al. Effect of a high protein diet and/or resistance exercise on the preservation of fat free mass during weight loss in overweight and obese older adults: a randomized controlled trial. **Nutr J**, 16, n. 1, p. 10, Feb 6 2017.

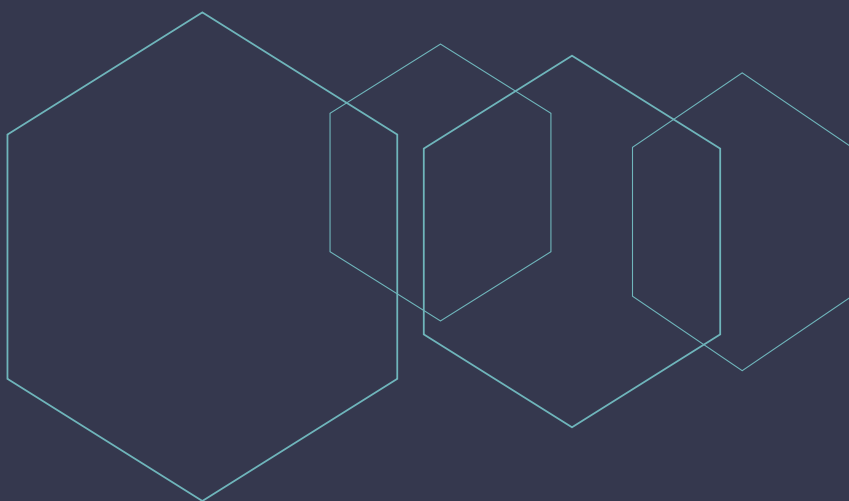
WIRTH, J.; HILLESHEIM, E.; BRENNAN, L. The Role of Protein Intake and its Timing on Body Composition and Muscle Function in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **J Nutr**, 150, n. 6, p. 1443-1460, Jun 1 2020.

WONG, T. H.; SIM, A.; BURNS, S. F. The Effect of Beetroot Ingestion on High-Intensity Interval Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nutrients**, 13, n. 11, Oct 20 2021.

WU, S. H.; CHEN, K. L.; HSU, C.; CHEN, H. C. et al. Creatine Supplementation for Muscle Growth: A Scoping Review of Randomized Clinical Trials from 2012 to 2021. **Nutrients**, 14, n. 6, Mar 16 2022.

WYCHERLEY, T. P.; MORAN, L. J.; CLIFTON, P. M.; NOAKES, M. et al. Effects of energy-restricted high-protein, low-fat compared with standard-protein, low-fat diets: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Am J Clin Nutr**, 96, n. 6, p. 1281-1298, Dec 2012.

YEO, W. K.; CAREY, A. L.; BURKE, L.; SPRIET, L. L. et al. Fat adaptation in well-trained athletes: effects on cell metabolism. **Appl Physiol Nutr Metab**, 36, n. 1, p. 12-22, Feb 2011.



CENTRO UNIVERSITÁRIO
SÃO CAMILO