



Avaliação Crítica dos Suplementos Alimentares no Esporte: Evidências de Eficácia, Segurança e Risco de Contaminação por Substâncias Proibidas

Critical Evaluation of Dietary Supplements in Sports: Evidence of Efficacy, Safety, and Risk of Contamination With Prohibited Substances

Rafael André Ferreira

Biomédico Especialista em Fisiologia do Esporte e da Prática do Exercício Físico, Hospital João XXIII (FHEMIG), Belo Horizonte – MG

Elisangela Nunes de Castro

Discente do Curso de Nutrição, Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI)

Ricardo Viana Velloso

Doutor em Educação, Universidade São Francisco (USF), São Paulo – SP.

Resumo: O uso de suplementos alimentares no esporte tornou-se prática difundida, motivada pela busca de melhoria de desempenho, otimização da recuperação e prevenção de deficiências nutricionais. Entretanto, evidências científicas indicam que apenas alguns recursos ergogênicos, como creatina, cafeína e bicarbonato de sódio, possuem eficácia comprovada em contextos específicos. Muitos produtos apresentam resultados inconsistentes ou inexistentes em estudos clínicos, podendo inclusive oferecer riscos à saúde, como toxicidade ou contaminação por substâncias proibidas. A ausência de regulamentação rigorosa em determinados países, associada a casos documentados de adulteração ou rotulagem inadequada, eleva o risco de penalidades esportivas e efeitos adversos. A avaliação criteriosa do custo-benefício, o acompanhamento por profissionais qualificados e a adoção de protocolos de controle de qualidade são essenciais para a utilização segura desses produtos. Conclui-se que a suplementação deve ser pautada em evidências sólidas, não substituindo uma dieta equilibrada e adaptada às necessidades individuais do atleta.

Palavras-chave: suplementos alimentares; esporte; ergogênicos; segurança; contaminação; substâncias proibidas.

Abstract: The use of dietary supplements in sports has become widespread, driven by the pursuit of enhanced performance, optimized recovery, and prevention of nutritional deficiencies. However, scientific evidence shows that only a few ergogenic aids, such as creatine, caffeine, and sodium bicarbonate, have proven efficacy in specific contexts. Many products present inconsistent or absent results in clinical trials and may pose health risks, including toxicity or contamination with prohibited substances. The lack of strict regulation in certain countries, combined with documented cases of adulteration or mislabeling, increases the risk of sports penalties and adverse effects. A thorough cost-benefit analysis, professional supervision, and implementation of quality control protocols are essential for the safe use of these products. It is concluded that supplementation should be based on solid evidence and should not replace a balanced diet tailored to the athlete's individual needs.

Keywords: Dietary supplements; Sports; Ergogenic aids; Safety; Contamination; Prohibited substances.

INTRODUÇÃO

No alto rendimento esportivo, onde cada detalhe influencia o resultado, fatores como treinamento eficaz, perfil psicológico e cognitivo adequado, resistência a lesões e suporte nutricional são determinantes (Antonio; Stout, 2001; Gleeson; Nieman; Pedersen, 2004). Embora a dieta não transforme um atleta sem talento em campeão, uma alimentação inadequada pode impedir que atletas habilidosos atinjam seu potencial (Burke; Inge, 1994; Maughan, 1999). A ingestão deve ser variada e suficiente para suprir demandas energéticas e nutricionais, mas nem todos seguem esses padrões, recorrendo a nutrientes isolados para prevenir deficiências (Tarnopolsky, 2001; Tipton; Wolfe, 2004).

O aumento da intensidade nos treinamentos e a busca por diferenciais impulsionaram uma indústria global de suplementos, abrangendo desde nutrientes tradicionais até substâncias “exóticas” (Sobal; Marquart, 1994; Perko, 2000). A literatura revisa categorias de suplementos com evidências a favor ou contra seu uso (Antonio; Stout, 2001; Talbott, 2003; Spriet, 1997).

O emprego de recursos ergogênicos eficazes levanta questões éticas, pois alguns podem ser proibidos por riscos à saúde ou por conferirem vantagem “injusta” (Catlin *et al.*, 2000; Geyer *et al.*, 2002). Assim, aspectos regulatórios, segurança e integridade esportiva devem ser considerados (Food And Drug Administration, 2003; Bent *et al.*, 2003).

Por isso, o presente estudo tem como objetivo analisar o uso de suplementos por atletas, discutindo suas bases científicas, implicações éticas, aspectos regulatórios e potenciais riscos à saúde e à integridade esportiva. Assim, aspectos regulatórios, segurança e integridade esportiva devem ser considerados em sua utilização (Food And Drug Administration, 2003; Bent *et al.*, 2003).

METODOLOGIA

Este estudo é uma revisão narrativa da literatura, com abordagem qualitativa e descritiva, cujo objetivo foi analisar evidências sobre eficácia, segurança e riscos de contaminação por substâncias proibidas em suplementos alimentares no esporte. A pesquisa, realizada entre janeiro e junho de 2025, abrangeu as bases PubMed/MEDLINE, SciELO, ScienceDirect, Scopus e Web of Science, além de documentos do FDA, WADA, COI e ANVISA.

Utilizaram-se descritores em português e inglês, combinados por operadores booleanos, como “suplementos alimentares”, “nutrição esportiva”, “recursos ergogênicos”, “segurança”, “doping”, “contaminação” e equivalentes em inglês. Incluíram-se artigos originais, revisões, meta-análises e diretrizes publicadas entre 1994 e 2024, que abordassem uso, mecanismos de ação, segurança, regulamentação e contaminação no contexto esportivo, em português ou inglês.

Foram excluídos estudos com foco exclusivo em populações clínicas, metodologia insuficiente ou sem embasamento técnico. A seleção ocorreu em

três etapas: triagem por títulos e resumos, leitura integral e extração dos dados, organizados em categorias como prevalência de uso, eficácia, segurança, efeitos adversos, risco de contaminação e aspectos ético-regulatórios.

REFERENCIAL TEÓRICO

Prevalência e Perfil do Uso de Suplementos por Atletas

O uso de suplementos por atletas é relevante, embora pouco documentado. Em 2001, o mercado global foi estimado em US\$ 46 bilhões, sendo US\$ 16,7 bilhões nos EUA em 2000 (Financial Times, 2002; Food And Drug Administration, 2003). Meta-análise com 51 estudos e 10.274 atletas apontou prevalência de 46% (Sobal; Marquart, 1994), variando por modalidade e cultura. Em esportes de força, o uso é quase universal; entre 100 atletas noruegueses, 84% consumiam suplementos com micronutrientes, mesmo com dieta insatisfatória (RonseN *et al.*, 1999; Perko, 2000; Gleeson; Nieman; Pedersen, 2004).

Doses acima do recomendado são frequentes, motivadas pela crença “mais é melhor” ou por influência de colegas (Clarkson; Rawson, 1999; Tarnopolsky, 2001). Fabricantes podem indicar quantidades excessivas, especialmente para ingredientes caros (Bent *et al.*, 2003; Catlin *et al.*, 2000). O excesso, inclusive de ferro e zinco, pode ser tóxico (Barrett, 2003; Macknin, 1999).

Motivos incluem compensar dieta, sustentar treinos, melhorar desempenho e seguir orientações de técnicos ou médicos (Antonio; Stout, 2001; Graham, 2001), persistindo mesmo com exames adequados (Burke; Inge, 1994; Tipton; Wolfe, 2004). Em esportes de força, todos os atletas relatam uso (Branch, 2003; Nissen; Sharp, 2003), com produtos vendidos como “anabólicos” ou “anticatabólicos” (Clarkson; Rawson, 1999; Kreider *et al.*, 1999).

Principais suplementos: aminoácidos, boro, cromo, chrysin, colostro, creatina, HMB, ornitina alfa-cetoglutarato, proteínas, tribulus terrestris, vanádio e zinco (Vukovich; Costill; Fink, 1994; Greenhaff, 2000). Proteínas lideram vendas, seguidas de creatina, mas para muitos faltam evidências robustas (Branch, 2003; Misic; Kelley, 2002), sendo alguns sustentados apenas por estudos *in vitro* (Nissen; Sharp, 2003; O’connor; Crowe, 2003).

Proteínas e Aminoácidos

Dietas hiperproteicas têm tradição na nutrição esportiva desde a Grécia Antiga. O treino intenso aumenta a necessidade de proteína, e atletas de força são orientados a consumir 50% a 100% mais que sedentários (Tarnopolsky, 2001; Burke; Inge, 1994). Muitos acreditam precisar de quantidades ainda maiores para ganhar massa, crença não sustentada pela literatura (Clarkson; Rawson, 1999; Tipton; Wolfe, 2004).

Segundo o modelo adaptativo de Millward (Millward, 2001), o corpo ajusta-se lentamente a altas ou baixas ingestões, e reduções bruscas podem levar à perda de

massa magra. É possível atingir altos consumos via dieta, mas alimentos proteicos tendem a ter alto teor de gordura (Burke; Inge, 1994; Tarnopolsky, 2001). Com conhecimento nutricional limitado, atletas recorrem a suplementos para elevar a ingestão sem excesso de gorduras ou mudanças drásticas (Tipton; Wolfe, 2004; Antonio; Stout, 2001).

Aminoácidos como glutamina e BCAAs foram estudados em estados catabólicos graves (Castell; Newsholme, 1997; Castell; Poortmans; Newsholme, 1996), mas não se aplicam a atletas saudáveis. Embora doses altas de arginina, ornitina e lisina aumentem GH e insulina (Merimee *et al.*, 1969; Antonio; Stout, 2001), os efeitos são temporários, pequenos e sem relação comprovada com ganho de massa ou função muscular (Tarnopolsky, 2001; Tipton; Wolfe, 2004).

β -Hidroxi- β -metilbutirato (HMB) e Elementos Traço

O β -hidroxi- β -metilbutirato (HMB), metabólito da leucina, pode reduzir proteólise ou melhorar a integridade celular ao fornecer substrato para síntese de colesterol (Nissen; Sharp, 2003; Antonio; Stout, 2001). Em destreinados, pode aumentar massa e força além do treino (Nissen *et al.*, 1996; Gallagher *et al.*, 2000a; Panton *et al.*, 2000) e reduzir creatina quinase e 3-metil-histidina, sugerindo menor catabolismo (Nissen; Sharp, 2003).

Em atletas treinados, não há evidências consistentes de ganhos em massa, força (Kreider *et al.*, 1999; Slater *et al.*, 2001; Ransone *et al.*, 2003) ou capacidade anaeróbica (O'Connor; Crowe, 2003), nem em marcadores de catabolismo (Kreider *et al.*, 1999; Paddon-Jones *et al.*, 2001). Meta-análise apontou ganhos semanais modestos de 0,28% em massa e 1,40% em força (Nissen; Sharp, 2003). Pode reduzir creatina quinase em corredores (Knitter *et al.*, 2000) e lactato (Vukovich; Dreifort, 2001). É seguro (Gallagher *et al.*, 2000b; Nissen *et al.*, 2000), mas custo e benefícios limitados reduzem aplicabilidade (Antonio; Stout, 2001).

Entre minerais ditos anabólicos, o cromo é ligado à sensibilidade à insulina, aumentada pelo exercício (Clarkson; Rawson, 1999; Nissen; Sharp, 2003), mas estudos não mostram ganhos e há possíveis efeitos adversos do picolinato (Vukovich, 2001). O vanádio, estudado como potencializador da insulina, não teve efeito significativo em humanos (Fawcett *et al.*, 1996; Antonio; Stout, 2001). O boro elevou testosterona apenas em mulheres na pós-menopausa com dieta deficiente, sem efeito em fisiculturistas (Nielson *et al.*, 1987; Ferrando; Green, 1993).

Pró-hormônios e Compostos Relacionados

Pró-hormônios como androstenediona e 19-norandrostenediona, proibidos em competições e ilegais em alguns países, ainda são vendidos, inclusive online, e já foram promovidos por atletas de elite. Estudos focam em DHEA, androstenediona, androstenediol e 19-norandrostenediona, análogos da testosterona. A DHEA, produzida nas adrenais, converte-se em androstenediona (Geller, 1985) ou androstenediol (Schindler; Aymar, 1975), mas não aumenta significativamente testosterona, massa ou força em homens (Brown *et al.*, 1999; Wallace *et al.*, 1999).

Em mulheres idosas, eleva testosterona e DHT (Morales *et al.*, 1994), mas efeitos em jovens são incertos.

Doses de 100–200 mg de androstenediona ou androstenediol não alteram testosterona em homens (King *et al.*, 1999; Ballantyne *et al.*, 2000; Earnest *et al.*, 2000), e uso prolongado não aumenta força ou massa (Broeder *et al.*, 2000). Doses de 300 mg podem elevar testosterona livre em homens de meia-idade, mas oferecem riscos a mulheres, como virilização. A androstenediona não estimula síntese proteica (Rasmussen *et al.*, 2000) nem proliferação muscular (Vierck *et al.*, 2003), podendo reduzir HDL (Brown *et al.*, 2000a, 2000b, 2001a, 2001b), aumentar conversão para estrogênios e DHT e causar câncer, ginecomastia, alopecia e hiperplasia prostática.

Apesar de a via sublingual elevar testosterona total (Brown *et al.*, 2002), não há ganho funcional. São compostos amplamente metabolizados, podendo gerar teste antidoping positivo (Catlin *et al.*, 2000; Uralets; Gillette, 1999). Em homens jovens, não promovem aumento relevante de testosterona ou força, e os riscos superam benefícios.

Perda de Peso e Redução de Gordura Corporal em Atletas

A redução de gordura corporal e o controle de peso são objetivos comuns entre atletas, especialmente em modalidades com categorias de peso, esportes sensíveis à massa corporal ou com exigências estéticas. Nesse contexto, diversos suplementos são comercializados com alegações de favorecer a perda de peso ou otimizar a composição corporal. Embora a base de qualquer estratégia eficaz de redução de gordura deva ser uma dieta equilibrada e ajustada às demandas energéticas, alguns recursos nutricionais são utilizados como auxiliares.

Carnitina: Função, Fontes e Evidência Científica

A carnitina desempenha papel essencial no metabolismo lipídico, ligando-se a ácidos graxos ativados (acil-CoA) e facilitando seu transporte para a matriz mitocondrial por meio das enzimas carnitina palmitoil transferase 1 (CPT1) e 2 (CPT2). Essa ação permite a β -oxidação e integra o metabolismo de lipídios e carboidratos, regulando a razão acetil-CoA/CoA livre (Spriet, 1997; Vukovich; Costill; Fink, 1994).

Naturalmente presente em carnes e laticínios, a carnitina também pode ser sintetizada a partir de lisina e metionina. Apesar de sua relevância fisiológica, não há evidências de que indivíduos saudáveis — inclusive atletas — apresentem deficiência significativa. Estudos de suplementação (4–6 g/dia por 7–14 dias) não demonstraram elevação consistente dos níveis musculares de carnitina nem aumento relevante da oxidação lipídica, mesmo com estímulos adicionais (Barnett *et al.*, 1994; Vukovich; Costill; Fink, 1994).

Revisões sistemáticas apontam resultados inconsistentes: entre oito estudos analisados por Spriet (1997), apenas três observaram aumento da oxidação de gordura. Muller *et al.* (2002) detectaram incremento na oxidação de palmitato marcado com ^{13}C , mas sem impacto na perda de peso corporal. Assim, a utilização

da carnitina como suplemento para emagrecimento carece de comprovação robusta e não deve substituir intervenções nutricionais e de treinamento devidamente planejadas.

Combinações Termogênicas e Riscos Associados

Algumas combinações, como cafeína, efedrina e aspirina, demonstram potencial para aumentar o gasto energético e favorecer a oxidação de gordura, com efeitos superiores ao uso isolado de cada substância (Bent *et al.*, 2003; Spriet, 1995). No entanto, a efedrina, em particular, apresenta alto risco de eventos adversos cardiovasculares e neurológicos, além de ser proibida pelo Comitê Olímpico Internacional (COI) e por agências antidoping. Seu uso pode resultar em penalidades esportivas e riscos graves à saúde, sendo fortemente desaconselhado.

A cafeína, por outro lado, é amplamente estudada e reconhecida como recurso ergogênico seguro quando utilizada em doses moderadas, contribuindo para a mobilização de ácidos graxos e potencial melhora no desempenho de endurance (Spriet; Gibala, 2004; Wemple; Lamb; McKeever, 1997). Contudo, sua eficácia para perda de peso em longo prazo é limitada e deve ser contextualizada dentro de um programa global de controle nutricional.

Promoção do Fornecimento de Energia e Retardo da Fadiga Muscular

A fadiga induzida pelo exercício ocorre quando a taxa de hidrólise de adenosina trifosfato (ATP) nos músculos excede a capacidade de regeneração desse composto. A manutenção de níveis elevados de ressíntese de ATP pode atrasar o aparecimento da fadiga e, conseqüentemente, melhorar o desempenho físico. Nesse contexto, diversos suplementos são divulgados com a promessa de aumentar a disponibilidade energética, incluindo bicarbonato, cafeína, carnitina, creatina, guaraná, “suco de vespa”, ferro, magnésio, piruvato e ribose. Contudo, nem todas essas alegações possuem respaldo experimental robusto. Evidências científicas apontam que bicarbonato, cafeína, creatina e ferro apresentam potencial ergogênico em contextos específicos de prática esportiva (Poortmans *et al.*, 1997; Maughan, 1999; Branch, 2003).

Bicarbonato de Sódio: Efeito Tampão e Desempenho Anaeróbico

Em exercícios intensos e curtos, a glicólise anaeróbica é central na produção de ATP, mas a acidose metabólica limita seu funcionamento, inibindo enzimas, prejudicando a liberação de cálcio e a interação actina-miosina. A alcalose metabólica pré-exercício, obtida por ingestão de bicarbonato ou citrato de sódio, aumenta o tamponamento e remoção de H^+ , podendo retardar a fadiga (Mcnaughton, 2000).

Estudos mostram melhora de 3 s nos 800 m (Wilkes *et al.*, 1983) e 3–4 s nos 1500 m (Bird *et al.*, 1995), diferenças relevantes no esporte. A dose mais eficaz é 0,3 g/kg de peso, administrada 1–3 h antes do exercício; doses menores tendem

a ser ineficazes (Horswill *et al.*, 1988), embora McKenzie *et al.* (1986) não tenham observado diferença entre 0,3 g/kg e metade.

O principal efeito colateral são desconfortos gastrointestinais, sendo o citrato de sódio mais tolerado. O benefício ergogênico do bicarbonato decorre de neutralizar H^+ , reduzindo inibição enzimática e preservando a ressíntese de ATP. Seu uso é indicado apenas em atividades de alta intensidade e duração suficiente para gerar acidose significativa (Parr *et al.*, 2000).

Creatina: Ressíntese Rápida de ATP e Potencial Anabólico

A creatina é amplamente utilizada por atletas de força e potência e possui evidências consistentes de eficácia ergogênica (Branch, 2003; Nissen; Sharp, 2003). Cerca de dois terços da creatina muscular está na forma de fosfocreatina, que regenera ATP em esforços de alta intensidade (Harris *et al.*, 1992).

É obtida na dieta, principalmente por carnes vermelhas (~5 g/kg), e sintetizada no fígado, rins e pâncreas a partir de arginina e glicina. A ingestão de 5 g eleva a creatina plasmática em até 15 vezes (Harris *et al.*, 1992), e 4–5 dias de uso aumentam estoques musculares, sobretudo em indivíduos com baixos níveis basais. A coadministração com carboidratos potencializa a absorção (Green *et al.*, 1996a,b).

A suplementação eleva força, potência e massa muscular, com ganho rápido de 1–2 kg, atribuído à retenção hídrica e maior glicogênio. Não há evidências de danos renais a curto prazo (Poortmans *et al.*, 1997). A saturação (20 g/dia por 4–5 dias, seguida de 1–2 g/dia) é eficaz, mas doses menores com carboidratos também trazem benefícios. Apesar da segurança a curto prazo, faltam dados conclusivos sobre efeitos prolongados.

Carnitina: Potencial Teórico e Evidência Limitada

A depleção do glicogênio muscular é um dos principais determinantes da fadiga em exercícios prolongados (Coyle, 1997). Como a oxidação de gorduras poupa glicogênio, a carnitina foi estudada por seu papel no transporte de ácidos graxos para a mitocôndria, onde ocorre a beta-oxidação. No entanto, revisões sistemáticas, como a de Spriet (1997), indicam ausência de evidências consistentes de efeito ergogênico da suplementação de carnitina. Além disso, a ingestão de misturas L-/D-carnitina pode reduzir a disponibilidade da forma biologicamente ativa, L-carnitina.

Estratégias alternativas para aumentar a oxidação lipídica, como a ingestão de cafeína, apresentam resultados mais promissores (Shephard; Shek, 1997), enquanto métodos farmacológicos como a heparina são inviáveis no contexto esportivo. Diante das evidências atuais, a suplementação de carnitina não é recomendada como recurso ergogênico para atletas.

Promoção da Função Imunológica e Resistência a Doenças em Atletas

A interação entre exercício físico, nutrição e imunidade é tema amplamente explorado na literatura, sendo aqui abordada especificamente sob a perspectiva do uso de suplementos nutricionais. Evidências sugerem que a prática regular de exercício moderado está associada a menor incidência de infecções do trato respiratório superior (URTI), possivelmente em decorrência da modulação positiva da resposta imunológica (Nieman *et al.*, 1993, 1998). Em contrapartida, treinamentos de alta intensidade ou competições extenuantes aumentam a suscetibilidade a infecções (Nieman, 1997; Peters-Futre, 1997; Shephard; Shek, 1997), fenômeno atribuído à imunossupressão transitória induzida pelo esforço intenso.

Diversos suplementos são comercializados com alegações de benefícios imunoprotetores, embora faltem evidências científicas robustas para respaldar tais afirmações.

Glutamina

A glutamina, aminoácido não essencial em condições normais, torna-se condicionalmente essencial em situações de estresse metabólico, atuando como substrato energético para linfócitos, macrófagos e células da mucosa intestinal (Newsholme, 1994). Estudos indicam que sua concentração plasmática pode cair significativamente após exercício prolongado ou em casos de overtraining (Rowbottom *et al.*, 1995). Ensaio clínico sobre seu uso na prevenção de URTI em atletas apresentam resultados divergentes: alguns identificam redução da incidência de infecções (Castell *et al.*, 1996; Castell; Newsholme, 1997), enquanto outros não confirmam tais efeitos (Rohde *et al.*, 1998). Assim, embora a hipótese de benefício permaneça plausível, não há comprovação definitiva para sua eficácia.

Zinco

O zinco é micronutriente essencial com reconhecida participação na imunidade celular e humoral. Em estudo conduzido na Cleveland Clinic, a administração de pastilhas de zinco dentro das primeiras 24 horas do aparecimento de sintomas reduziu a duração média do resfriado de 7,5 para 4,5 dias (Mossad *et al.*, 1996). No entanto, 20% dos participantes relataram náuseas, e outros ensaios não reproduziram esses resultados (Macknin *et al.*, 1998; Macknin, 1999). Ressalta-se que o zinco não previne o contágio e seu uso prolongado pode causar efeitos adversos, como redução do HDL-colesterol e anemia microcítica.

Equinácea (*Echinacea spp.*)

A equinácea é um fitoterápico amplamente utilizado para prevenção e tratamento de infecções respiratórias. Uma revisão envolvendo 16 ensaios clínicos e 3.396 participantes apontou resultados promissores, porém insuficientes para comprovação definitiva por metanálise (Melchart *et al.*, 2000). Barrett (2003)

identificou evidências moderadas para a *Echinacea purpurea*, destacando que a eficácia pode depender de fatores como o início precoce da administração e a padronização da dose. Entretanto, reações adversas, incluindo distúrbios gastrointestinais e alergias, devem ser consideradas.

Embora a suplementação com glutamina, zinco e equinácea seja popular entre atletas, as evidências atuais não sustentam seu uso rotineiro para a prevenção de infecções associadas ao treinamento intenso. A adoção de estratégias nutricionais equilibradas e individualizadas, aliada a períodos adequados de recuperação, permanece como abordagem central para manutenção da função imunológica (Nissen; Sharp, 2003; O'Connor; Crowe, 2003).

Suplementação Antioxidante e Articular no Esporte: Evidências e Limitações

A suplementação com vitaminas antioxidantes, como C e E, é comum entre atletas pela hipótese de reduzir danos oxidativos do exercício intenso, relacionados à formação de radicais livres que afetam DNA, lipídios e proteínas (Kanter, 1995; Smith *et al.*, 1989; Mccord, 1979). O corpo possui defesas endógenas — superóxido dismutase, glutathione peroxidase e catalase — e dietéticas, como vitaminas A, C e E, selênio, ubiquinona, cobre, zinco, manganês e ferro (Dekkers *et al.*, 1996; Margaritis *et al.*, 1997). Revisões indicam redução de marcadores de dano muscular, mas sem consenso sobre desempenho (Kanter, 1995; Dekkers *et al.*, 1996). O excesso pode ter efeito pró-oxidante, como a ubiquinona (Malm *et al.*, 1996). Atletas treinados podem ter maior defesa antioxidante, reduzindo a necessidade em esforços moderados (Tiidus *et al.*, 1996). O uso deve ser individualizado, priorizando dieta rica em compostos bioativos (Newsholme, 1994; Nieman, 1997; Nielson *et al.*, 1987).

Na saúde articular, suplementos incluem antioxidantes, ácidos graxos, vitaminas, minerais, enzimas, glucosamina, condroitina, MSM, SAME, colágeno, ácido hialurônico, isoflavonas e extratos vegetais como cúrcuma, boswellia, pimenta caiena, garra-do-diabo, casca de salgueiro e mexilhão-de-lábio-verde (Maughan, 1999; King *et al.*, 1999). Glucosamina e condroitina estimulam síntese de cartilagem e podem reduzir dor e retardar osteoartrite, mas resultados são controversos (Fillmore *et al.*, 1999; McAlindon *et al.*, 2000). Braham *et al.* (2003) relataram melhora subjetiva em 88% vs. 17% no placebo, sem ganho funcional; Leffler *et al.* (1999) observaram benefício percebido, mas sem impacto no desempenho. Faltam evidências de eficácia preventiva ou ergogênica (Leffler *et al.*, 1999; Maughan, 1999). A segurança é favorável (McAlindon *et al.*, 2000). O uso deve considerar histórico de lesões, nível de atividade e doenças degenerativas, integrando treino, recuperação e dieta adequados.

Estimulantes e Desempenho Esportivo: Enfoque no Uso da Cafeína e seus Efeitos no Sistema Nervoso Central

Diversas substâncias com ação estimulante, naturais ou sintéticas, estão incluídas nas listas de proibição de agências antidoping devido ao seu potencial de alterar a performance esportiva ou representar riscos à saúde. Enquanto compostos como a cocaína são mais frequentemente relacionados ao uso recreativo, outros estão presentes em medicamentos de venda livre, como antigripais, ou em tônicos à base de plantas com efeito estimulante (Gmeiner, 2002).

Cafeína: Mecanismos, Potencial Ergonômico e Segurança

A cafeína, um dos estimulantes mais consumidos, esteve proibida em competições acima de 12 mg/L até 2004, quando a WADA a removeu por dificuldade de controle e benefícios em doses menores (Graham, 2001). Seu efeito ergogênico inclui modulação do sistema nervoso central (redução da percepção de esforço, aumento da excitação neural), estímulo da lipólise e ação muscular (maior atividade da Na^+/K^+ -ATPase, liberação de cálcio e aumento de AMP cíclico) (Spriet, 1997; Graham, 2001).

Estudos iniciais mostraram maior mobilização de ácidos graxos, oxidação lipídica, economia de glicogênio e prolongamento do tempo até a fadiga em endurance (Costill *et al.*, 1978; Spriet, 1995). Pesquisas posteriores confirmaram melhora no tempo de exaustão e desempenho, sem alterar o $\text{VO}_2\text{máx}$ (Graham *et al.*, 1998; Graham, 2001). Há também possíveis benefícios em esforços curtos e intensos, embora ganhos em força e velocidade sejam menos consistentes.

Doses de 3 mg/kg já são eficazes, independentemente do consumo habitual. Efeitos adversos incluem insônia, cefaleia, desconforto gastrointestinal e diurese aumentada, menos intensa em consumidores habituais (Wemple *et al.*, 1997). Embora geralmente segura, seu uso exige cautela, especialmente associada a estimulantes como a efedrina, que aumentam o risco cardiovascular (Graham, 2001). A orientação profissional é recomendada para otimizar benefícios e minimizar riscos.

Contaminação de Suplementos Alimentares e Risco no Esporte

A Lei de Suplementos Dietéticos, Saúde e Educação de 1994 (DSHEA), vigente nos EUA, isenta da regulamentação da FDA produtos sem alegações terapêuticas, dispensando comprovação de eficácia, segurança ou qualidade (FDA, 2003). Houve recolhimentos por composição inadequada, como ácido fólico com 34% da dose declarada, excesso de vitaminas e minerais tóxicos e contaminação por chumbo e vidro (Food And Drug Administration, 2003; Fillmore *et al.*, 1999).

O laboratório do COI, em Colônia, identificou anabolizantes — nandrolona, testosterona e metandienona — em suplementos sem declaração no rótulo, elevando a norandrosterona acima do limite antidoping (Geyer *et al.*, 2002; Catlin *et al.*, 2000). Em 634 amostras de 13 países, 14,8% estavam contaminadas e 10% suspeitas, com maiores índices nos Países Baixos (26%), EUA (19%) e Reino Unido (19%).

Em Viena, 22% de 57 amostras continham esteroides em doses potencialmente anabólicas (Geyer *et al.*, 2002; Dehennin; Bonnaire; Plou, 2002). Também foram detectadas cafeína não declarada em 14 suplementos e efedrina em dois (Parr *et al.*, no prelo; Costill; Dalsky; Fink, 1978).

O uso esportivo de suplementos deve seguir critérios técnicos: eficácia comprovada em estudos laboratoriais e de campo, mecanismo de ação plausível e ausência de efeitos adversos ou risco de antidoping positivo (Coyle, 1997; Clarkson; Rawson, 1999). Porém, a avaliação completa é inviável para a maioria dos produtos, dada a escassez de dados sobre riscos e contaminação. Assim, cabe ao atleta e equipe técnica fundamentar o uso, priorizando sempre a segurança (Castell *et al.*, 1997; Dekkers; Van Doornen; Kemper, 1996).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação no esporte é prática difundida, embora a maioria dos produtos provavelmente não ofereça os benefícios alegados (Clarkson; Rawson, 1999; Fillmore *et al.*, 1999). O consumo deve ser precedido de análise crítica, considerando que alguns suplementos podem causar toxicidade — como no caso do uso rotineiro de ferro em indivíduos sem deficiência diagnosticada (Fawcett *et al.*, 1996).

Suplementos podem ser úteis diante de ingestão alimentar insuficiente, dietas restritivas ou deficiências nutricionais comprovadas, mas não substituem uma alimentação equilibrada (Gleeson; Nieman; Pedersen, 2004). Entre os recursos ergogênicos com evidências científicas robustas destacam-se creatina, cafeína e bicarbonato (Gallagher *et al.*, 2000a; 2000b), enquanto substâncias como androstenediona e precursores hormonais não apresentam efeito anabólico consistente e podem oferecer riscos relevantes à saúde (Earnest *et al.*, 2000; Ferrando; Green, 1993).

Diante do risco real de contaminação e de resultados positivos em testes antidoping, qualquer potencial benefício deve ser fortemente sustentado por evidências antes de justificar o uso. A adoção de protocolos de verificação da procedência, certificações de qualidade e controle laboratorial periódico é recomendada para mitigar riscos.

REFERÊNCIAS

ANTONIO, J.; STOUT, J.R. **Sports Supplements**. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

BARRETT, B. **Medicinal properties of Echinacea: a critical review**. *Phytomedicine*, v. 10, p. 66–86, 2003.

BENT, S.; TIEDT, T.N.; ODDEN, M.C.; SHLIPAK, M.G. **The relative safety of ephedra compared with other herbal products**. *Annals of Internal Medicine*, v. 138, p. 468–471, 2003.

BENT, S.; TIEDT, T.N.; ODDEN, M.C.; SHLIPAK, M.G. **The relative safety of ephedra compared with other herbal products.** *Annals of Internal Medicine*, v. 138, p. 468–471, 2003.

BIRD, S.R.; WILES, J.; ROBBINS, J. **The effect of sodium bicarbonate ingestion on 1500-m racing time.** *Journal of Sports Sciences*, v. 13, p. 399–403, 1995.

BRAHAM, R.; DAWSON, B.; GOODMAN, C. **The effect of glucosamine supplementation on people experiencing regular knee pain.** *British Journal of Sports Medicine*, v. 37, p. 45–49, 2003.

BRANCH, J.D. **Effects of creatine supplementation on body composition and performance: a meta-analysis.** *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, v. 13, p. 198–226, 2003.

BURKE, L.M.; DEAKIN, V. (Ed.). **Clinical Sports Nutrition.** Sydney, NSW: McGraw-Hill, 1994. p. 124–150.

BURKE, L.M.; INGE, K. **Protein requirements for training and ‘bulking up’.** In: BURKE, L.M.; DEAKIN, V. (Ed.). *Clinical Sports Nutrition.* Sydney, NSW: McGraw-Hill, 1994. p. 124–150.

CASTELL, L.M.; NEWSHOLME, E.A. **The effects of oral glutamine supplementation on athletes after prolonged exhaustive exercise.** *Nutrition*, v. 13, p. 738–742, 1997.

CASTELL, L.M.; POORTMANS, J.R.; LECLERQ, R.; BRASSEUR, M.; DUCHATEAU, J.; NEWSHOLME, E.A. **Some aspects of the acute phase response after a marathon race, and the effects of glutamine supplementation.** *European Journal of Applied Physiology*, v. 75, p. 47–53, 1997.

CASTELL, L.M.; POORTMANS, J.R.; NEWSHOLME, E.A. **Does glutamine have a role in reducing infections in athletes?** *European Journal of Applied Physiology*, v. 73, p. 488–490, 1996.

CATLIN, D.H.; LEDER, B.Z.; AHRENS, B.; STARCEVIC, B.; HATTON, C.K.; GREEN, G.A.; FINKELSTEIN, J.S. **Trace contamination of over-the-counter androstenedione and positive urine test results for a nandrolone metabolite.** *Journal of the American Medical Association*, v. 284, p. 2618–2621, 2000.

CLARKSON, P.M.; RAWSON, E.S. **Nutritional supplements to increase muscle mass.** *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 39, p. 317–328, 1999.

COSTILL, D.L.; DALSKY, G.P.; FINK, W.J. **Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance.** *Medicine and Science in Sport*, v. 10, p. 155–158, 1978.

COYLE, E.F. **Fuels for sport performance.** In: LAMB, D.R.; MURRAY, R. (Ed.). *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, v. 10: *Optimizing Sport Performance.* Carmel, IN: Benchmark Press, 1997. p. 95–138.

DEHENNIN, L.; BONNAIRE, Y.; PLOU, P. **Human nutritional supplements in the horse: comparative effects of 19-norandrostenedione and 19-norandrostenediol on the 19-norsteroid profile and consequences for doping control.** *Journal of Chromatography B*, v. 766, p. 257–263, 2002.

DEKKERS, J.C.; VAN DOORNEN, L.J.; KEMPER, H.C. **The role of antioxidant vitamins and enzymes in the prevention of exercise-induced muscle damage.** *Sports Medicine*, v. 21, p. 213–238, 1996.

EARNEST, C.P.; OLSON, M.A.; BROEDER, C.E.; BREUEL, K.F.; BECKHAM, S.G. **In vivo 4-androstene-3,17-dione and 4-androstene-3 beta,17 beta-diol supplementation in young men.** *European Journal of Applied Physiology*, v. 81, p. 229–232, 2000.

FAWCETT, J.P.; FARQUHAR, S.J.; WALKER, R.J.; THOU, T.; LOWE, G.; GOULDING, A. **The effect of oral vanadyl sulphate on body composition and performance in weight-training athletes.** *International Journal of Sport Nutrition*, v. 6, p. 382–390, 1996.

FERRANDO, A.A.; GREEN, N.R. **The effect of boron supplementation on lean body mass, plasma testosterone levels and strength in male body builders.** *International Journal of Sports Medicine*, v. 3, p. 140–149, 1993.

FILLMORE, C.M.; BARTOLI, L.; BACH, R.; PARK, Y. **Nutrition and dietary supplements.** *Physical and Medical Rehabilitation Clinics of North America*, v. 10, p. 673–703, 1999.

OOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Current good manufacturing practice in manufacturing, packing, or holding dietary ingredients and dietary supplements.** *Federal Register*, v. 68, n. 49, p. 12157–12263, 2003.

GALLAGHER, P.M.; CARRITHERS, J.A.; GODARD, M.P.; SCHULZE, K.E.; TRAPPE, S.W. **Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate ingestion. Part I: Effects on strength and fat free mass.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 32, p. 2109–2115, 2000a.

GALLAGHER, P.M.; CARRITHERS, J.A.; GODARD, M.P.; SCHULZE, K.E.; TRAPPE, S.W. **Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate ingestion. Part I: Effects on strength and fat free mass.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 32, p. 2109–2115, 2000a.

GALLAGHER, P.M.; CARRITHERS, J.A.; GODARD, M.P.; SCHULZE, K.E.; TRAPPE, S.W. **Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate ingestion. Part II: Effects on hematology, hepatic and renal function.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 32, p. 2116–2119, 2000b.

GEYER, H.; BREDEHOFT, M.; MARECK, U.; PARR, M.; SCHÄNZER, W. **Hohe Dosen des Anabolikums Metandienon in Nahrungsergänzungsmitteln.** *Deutsch Apoth Zeitung*, v. 142, p. 29, 2002.

GLEESON, M.; NIEMAN, D.C.; PEDERSEN, B.K. **Exercise, nutrition and immune function**. Journal of Sports Sciences, v. 22, p. 115–125, 2004.

GMEINER, G. **Methandienon in Sportnahrung**. Österreichisches Journal für Sportmedizin, v. 2, p. 33–34, 2002.

GRAHAM, T.E. **Caffeine, coffee and ephedrine: impact on exercise performance and metabolism**. Canadian Journal of Applied Physiology, v. 26, suppl., p. S103–S119, 2001.

GRAHAM, T.E.; HIBBERT, E.; SATHASIVAM, P. **The metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion**. Journal of Applied Physiology, v. 85, p. 883–889, 1998.

GREEN, A.L.; HULTMAN, E.; MACDONALD, I.A.; SEWELL, D.A.; GREENHAFF, P.L. **Carbohydrate ingestion augments skeletal muscle creatine accumulation during creatine supplementation in humans**. American Journal of Physiology, v. 271, p. E821–E826, 1996b.

GREEN, A.L.; SIMPSON, E.J.; LITTLEWOOD, J.J.; MACDONALD, I.A.; GREENHAFF, P.L. **Carbohydrate ingestion augments creatine retention during creatine feeding in humans**. Acta Physiologica Scandinavica, v. 158, p. 195–202, 1996a.

GREENHAFF, P.L. Creatine. In: MAUGHAN, R.J. (Ed.). **Nutrition in Sport**. Oxford: Blackwell, 2000. p. 379–392.

HARRIS, R.C.; SODERLUND, K.; HULTMAN, E. **Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation**. Clinical Science, v. 83, p. 367–374, 1992.

HORSWILL, C.A.; COSTILL, D.L.; FINK, W.J.; FLYNN, M.G.; KIRWAN, J.P.; MITCHELL, J.B.; HOUMARD, J.A. **Influence of sodium bicarbonate on sprint performance: relationship to dosage**. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 20, p. 566–569, 1988.

KANTER, M. **Free radicals and exercise: effects of nutritional antioxidant supplementation**. Exercise and Sport Science Reviews, v. 23, p. 375–397, 1995.

KING, D.S.; SHARP, R.J.; VUKOVICH, M.D. **Effect of oral androstenedione on serum testosterone and adaptations to resistance training in young men**. Journal of the American Medical Association, v. 281, p. 2020–2028, 1999.

KREIDER, R.B.; FERREIRA, M.; WILSON, M.; ALMADA, A.L. **Effects of calcium beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation during resistance-training on markers of catabolism, body composition and strength**. International Journal of Sports Medicine, v. 20, p. 503–509, 1999.

LEFFLER, C.T.; PHILIPPI, A.F.; KEFFLER, S.G.; MOSURE, J.C.; KIM, P.D. **Glucosamine, chondroitin, and manganese ascorbate for degenerative joint disease of the knee or low back: a randomized, double-blind, placebo-controlled pilot study**. Military Medicine, v. 164, p. 85–91, 1999.

MACKNIN, M.L. **Zinc lozenges for the common cold.** Cleveland Clinic Journal of Medicine, v. 66, p. 27–32, 1999.

MACKNIN, M.L.; PIEDMONTE, M.; CALENDINE, C.; JANOSKY, J.; WALD, E. **Zinc gluconate lozenges for treating the common cold in children: a randomized controlled trial.** Journal of the American Medical Association, v. 279, p. 1962–1967, 1998.

MALM, C.; SVENSSON, M.; SJÖBERG, B.; EKBLOM, B.; SJÖDIN, B. **Supplementation with ubiquinone-10 causes cellular damage during intense exercise.** Acta Physiologica Scandinavica, v. 157, p. 511–512, 1996.

MARGARITIS, I.; TESSIER, F.; RICHARD, M.J.; MARCONNET, P. **No evidence of oxidative stress after a triathlon race in highly trained competitors.** International Journal of Sports Medicine, v. 18, p. 186–190, 1997.

MAUGHAN, R.J. **Nutritional ergogenic aids and exercise performance.** Nutrition Research Reviews, v. 12, p. 255–280, 1999.

McALINDON, T.E.; LAVALLEY, M.P.; GULIN, J.P.; FELSON, D.T. **Glucosamine and chondroitin for treatment of osteoarthritis: a systematic quality assessment and meta-analysis.** Journal of the American Medical Association, v. 283, p. 1469–1475, 2000.

MCCORD, J.M. **Superoxide, superoxide dismutase and oxygen toxicity.** Reviews in Biochemistry and Toxicology, v. 1, p. 109–124, 1979.

McKENZIE, D.C.; COUTTS, K.D.; STIRLING, D.R.; HOEBEN, H.H.; KUZARA, G. **Maximal work production following two levels of artificially induced metabolic alkalosis.** Journal of Sports Sciences, v. 4, p. 35–38, 1986.

McNAUGHTON, L. **Bicarbonate and citrate.** In: MAUGHAN, R.J. (Ed.). Nutrition in Sport. Oxford: Blackwell, 2000. p. 393–404.

MELCHART, D.; LINDE, K.; FISCHER, P.; KAESMAYR, J. **Echinacea for preventing and treating the common cold.** Cochran Database Systematic Reviews, CD000530, 2000.

MERIMEE, T.J.; RABINOWITZ, D.; FINEBERG, S.E. **Arginine-initiated release of human growth hormone: factors modifying the response in normal man.** New England Journal of Medicine, v. 280, p. 1434–1438, 1969.

MILLWARD, D.J. **Protein and amino acid requirements of adults: current controversies.** Canadian Journal of Applied Physiology, v. 26, suppl., p. S130–S140, 2001.

MISIC, M.; KELLEY, G.E. **The impact of creatine supplementation on anaerobic performance: a meta-analysis.** American Journal of Medicine and Sports, v. 4, p. 116–124, 2002.

MOSSAD, S.B.; MACKNIN, M.L.; MEDENDORP, S.V.; MASON, P. **Zinc gluconate lozenges for treating the common cold: a randomized double-blind placebo-controlled study.** *Annals of Internal Medicine*, v. 125, p. 81–88, 1996.

NEWSHOLME, E.A. **Biochemical mechanisms to explain immunosuppression in well-trained and overtrained athletes.** *International Journal of Sports Medicine*, v. 15, supl. 3, p. S142–S147, 1994.

NIELSON, F.H.; HUNT, C.D.; MULLEN, L.M.; HUNT, J.R. **Effect of dietary boron on mineral, estrogen and testosterone metabolism in post-menopausal women.** *Federation of the American Societies for Experimental Biology Journal*, v. 1, p. 394–397, 1987.

NIEMAN, D.C. **Exercise immunology: practical applications.** *International Journal of Sports Medicine*, v. 18, supl. 1, p. S91–S100, 1997.

NIEMAN, D.C.; HENSON, D.S.; GUSEWITCH, G.; WARREN, B.J.; DOTSON, R.C.; BUTTERWORTH, D.E.; NELSON-CANNARELLA, S.L. **Physical activity and immune function in elderly women.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 25, p. 823–831, 1993.

NIEMAN, D.C.; NELSON-CANNARELLA, S.L.; HENSON, D.A.; KOCH, A.J.; BUTTERWORTH, D.E.; FAGAOGA, O.R.; UTTER, A. **Immune response to exercise training and/or energy restriction in obese women.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 30, p. 679–686, 1998.

NISSSEN, S.; SHARP, R.; RAY, M.; RATHMACHER, J.A.; RICE, D.; FULLER, J.C. Jr.; CONNELLY, A.S.; ABUMRAD, N. **Effect of leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training.** *Journal of Applied Physiology*, v. 81, p. 2095–2110, 1996.

NISSSEN, S.L.; SHARP, R.L. **Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis.** *Journal of Applied Physiology*, v. 94, p. 651–659, 2003.

O'CONNOR, D.M.; CROWE, M.J. **Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate and creatine monohydrate supplementation on the aerobic and anaerobic capacity of highly trained athletes.** *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 43, p. 64–68, 2003.

PANTON, L.B.; RATHMACHER, J.A.; BAIER, S.; NISSEN, S. **Nutritional supplementation of the leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) during resistance training.** *Nutrition*, v. 16, p. 734–739, 2000.

PANTON, L.B.; RATHMACHER, J.A.; BAIER, S.; NISSEN, S. **Nutritional supplementation of the leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) during resistance training.** *Nutrition*, v. 16, p. 734–739, 2000.

PARR, M.K.; GEYER, H.; SIGMUND, G.; KÖHLER, K.; SCHÄNZER, W. **Screening of nutritional supplements for stimulants and other drugs.** In: SCHÄNZER, W. *et al.* (Ed.). *Recent Advances in Doping Analysis*. Vol. II. Köln: Sport und Buch Strauß, no prelo.

- PERKO, M. **Taking one for the team – coaches, athletes and dietary supplements.** American Journal of Health Studies, v. 16, p. 99–106, 2000.
- PERKO, M. **Taking one for the team – coaches, athletes and dietary supplements.** American Journal of Health Studies, v. 16, p. 99–106, 2000.
- PETERS-FUTRE, E.M. **Vitamin C, neutrophil function, and URTI risk in distance runners: the missing link.** Exercise Immunology Reviews, v. 3, p. 32–52, 1997.
- POORTMANS, J.R.; AUQUIER, H.; RENAULT, V.; DURUSSEL, A.; SAUGY, M.; BRISSON, G.R. **Effect of short-term creatine supplementation on renal responses in men.** European Journal of Applied Physiology, v. 76, p. 566–567, 1997.
- ROHDE, T.; MACLEAN, D.A.; PEDERSEN, B.K. **Effect of glutamine supplementation on changes in the immune system induced by repeated exercise.** Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 30, p. 856–862, 1998.
- RONSEN, O.; SUNDGOT-BORGEN, J.; MAEHLUM, S. **Supplement use and nutritional habits in Norwegian elite athletes.** Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, v. 9, p. 28–35, 1999.
- ROWBOTTOM, D.G.; KEAST, D.; GOODMAN, C.; MORTON, A.R. **The haematological, biochemical and immunological profile of athletes suffering from the overtraining syndrome.** European Journal of Applied Physiology, v. 70, p. 502–509, 1995.
- CASTELL, L.M.; POORTMANS, J.R.; NEWSHOLME, E.A. **Does glutamine have a role in reducing infections in athletes?** European Journal of Applied Physiology, v. 73, p. 488–490, 1996.
- SHEPHARD, R.J.; SHEK, P.N. **Heavy exercise, nutrition and immune function: is there a connection?** International Journal of Sports Medicine, v. 16, p. 491–497, 1997.
- SMITH, J.K.; GRISHAM, M.B.; GRANGER, D.N.; KORTHUIS, R.J. **Free radical defense mechanisms and neutrophil infiltration in postischemic skeletal muscle.** American Journal of Physiology, v. 256, p. H789–H793, 1989.
- SOBAL, J.; MARQUART, L.F. **Vitamin/mineral supplement use among athletes: a review of the literature.** International Journal of Sport Nutrition, v. 4, p. 320–324, 1994.
- SPRIET, L.L. **Caffeine and performance.** International Journal of Sport Nutrition, v. 5, p. S84–S99, 1995.
- SPRIET, L.L. **Ergogenic aids: recent advances and retreats.** In: LAMB, D.R.; MURRAY, D. (Ed.). Optimizing Sports Performance. Carmel, IN: Cooper Publishing, 1997. p. 185–238.
- SPRIET, L.L. **Ergogenic aids: recent advances and retreats.** In: LAMB, D.R.;

MURRAY, D. (Ed.). **Optimizing Sports Performance**. Carmel, IN: Cooper Publishing, 1997. p. 185–238.

SPRIET, L.L.; GIBALA, M.J. **Nutritional strategies to influence adaptations to training**. *Journal of Sports Sciences*, v. 22, p. 127–141, 2004.

TALBOTT, S.M. **A Guide to Understanding Dietary Supplements**. Binghampton, NY: Haworth Press, 2003.

TARNOPOLSKY, M. **Protein and amino acid needs for training and bulking up**. In: BURKE, L.; DEAKIN, V. (Ed.). *Clinical Sports Nutrition*. 2. ed. Roseville, Australia: McGraw Hill, 2001. p. 90–123.

TIIDUS, P.M.; PUSHKARENKO, J.; HOUSTON, M.E. **Lack of antioxidant adaptation to short-term aerobic training in human muscle**. *American Journal of Physiology*, v. 271, p. R832–R836, 1996.

TIPTON, K.D.; WOLFE, R.R. **Protein and amino acids for athletes**. *Journal of Sports Sciences*, v. 22, p. 65–79, 2004.

VUKOVICH, M.D.; COSTILL, D.L.; FINK, W.J. **Carnitine supplementation: effect on muscle carnitine and glycogen content during exercise**. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 26, p. 1122–1129, 1994.

WEMPLE, R.D.; LAMB, D.R.; MCKEEVER, K.H. **Caffeine vs caffeine-free sports drinks: effects on urine production at rest and during prolonged exercise**. *International Journal of Sports Medicine*, v. 18, p. 40–46, 1997.

WILKES, D.; GLEDHILL, N.; SMYTH, R. **Effect of acute induced metabolic alkalosis on 800-m racing time**. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 15, p. 277–280, 1983.