



Brazilian Journal of Biomotricity

ISSN: 1981-6324

marcomachado@brjb.com.br

Universidade Iguazu

Brasil

de Souza Junior, Tácito Pessoa; Dario Capitani, Caroline; Loturco Filho, Irineu; Viveiros, Luis;
Saldanha Aoki, Marcelo

A CAFÉÍNA POTENCIALIZA O DESEMPENHO EM ATIVIDADES DE ENDURANCE?

Brazilian Journal of Biomotricity, vol. 6, núm. 3, septiembre, 2012, pp. 144-152

Universidade Iguazu

Itaperuna, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93024967001>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

INVITED REVIEW (ARTIGO DE REVISÃO)

A CAFEÍNA POTENCIALIZA O DESEMPENHO EM ATIVIDADES DE *ENDURANCE*?

Does caffeine maximize endurance exercise performance?Tácito Pessoa de Souza Junior¹, Caroline Dario Capitani², Irineu Loturco Filho^{3,4}, Luis Viveiros⁵, Marcelo Saldanha Aoki⁶¹Centro de Pesquisa em Exercício e Esporte – CEPEE, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR;²Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, SP;³Núcleo de Alto Rendimento do Grupo Pão de Açúcar, São Paulo, SP;⁴Instituto Marathon de Pesquisa Esportiva, São Paulo, SP;⁵Comitê Olímpico Brasileiro, Rio de Janeiro, RJ;⁶Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.**Endereço para correspondência:**

Marcelo Saldanha Aoki
Grupo de Adaptações Biológicas ao Exercício Físico
Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Universidade de São Paulo
Av. Arlindo Bettio, 1000.
São Paulo, SP, Brasil. CEP 03828-000
e-mail: saldanha.caf@usp.br

Submitted for publication: May 2011

Accepted for publication: Sep 2012

RESUMO

SOUZA JUNIOR, T. P.; CAPITANI, C. D.; LOTURCO FILHO, I.; VIVEIROS, L.; AOKI, M. S. A cafeína potencializa o desempenho em atividades de *endurance*? *Brazilian Journal of Biomotricity*. v. 6, n. 3, p. 144-152, 2012. A cafeína é frequentemente consumida por atletas, por causa dos seus possíveis efeitos ergogênicos. É preconizado que a cafeína maximize a performance por agir, independentemente, ou concomitantemente, através de 3 mecanismos: 1) aumento da mobilização do cálcio intracelular, 2) aumento na oxidação de ácidos graxos livres e 3) antagonista do receptor de adenosina no sistema nervoso central. Estudos iniciais sugeriram que o efeito ergogênico da cafeína estava relacionado ao aumento da oxidação de ácidos graxos e a consequente redução da glicogenólise. Entretanto, estudos mais recentes indicam que a cafeína maximiza o desempenho de *endurance*, principalmente, pelos seus efeitos antagônicos sobre os receptores de adenosina no sistema nervoso. Atuando através deste mecanismo, a cafeína poderia modular a fadiga central, influenciar a percepção subjetiva de esforço, a sensação de dor e o nível de vigor, que



poderiam levar ao aumento do desempenho físico. A maioria das pesquisas tem utilizado protocolos de ingestão 60 minutos antes do teste de desempenho, a fim de assegurar a ótima absorção. Entretanto, tem sido demonstrado que a cafeína também melhora a performance quando consumida de 15 a 30 minutos antes do teste. A utilização da cafeína na forma anidra, quando comparada a uma xícara de café, parece ser mais eficiente para aumentar o desempenho de *endurance*. Além disso, a dose baixa a moderada entre 3 a 6 mg de cafeína por kg de peso corporal parece ser suficiente para promover o aumento do desempenho no exercício de *endurance*.

Palavras-chave: Cafeína, percepção subjetiva de esforço, cálcio, metabolismo oxidativo, efeito ergogênico.

ABSTRACT

SOUZA JUNIOR, T. P.; CAPITANI, C. D.; LOTURCO FILHO, I.; VIVEIROS, L.; AOKI, M. S. Does caffeine maximize endurance exercise performance? *Brazilian Journal of Biomotricity*. v. 6, n. 3, p. 144-152, 2012. Caffeine is commonly ingested by athletes because of its potential ergogenic effects. It has been proposed that caffeine improve physical performance by acting independently, or concurrently, via 3 different mechanisms: 1) an increased mobilization of intracellular calcium, 2) an increase in free fatty acid oxidation, and 3) serving as an adenosine receptor antagonist in the central nervous system. Early studies suggested that the ergogenic effect of caffeine was related to an increase in fatty acid oxidation and subsequent sparing of muscle glycogen. However, recent investigations indicate that caffeine maximizes endurance performance largely through its antagonist effect on adenosine receptors in the central nervous system. Acting through this mechanism, caffeine may modulate central fatigue and influence ratings of perceived exertion, perceived pain, and levels of vigor, all of which may lead to performance improvements. The majority of research has utilized a protocol where caffeine is ingested 60 min prior to the performance test to ensure optimal absorption. However, it has also been shown that caffeine can enhance performance when consumed 15-30 min prior to the test. The use of caffeine in anhydrous form, as compared to a cup of caffeinated coffee, seems to be more efficient to improve endurance performance. In addition, a low-to-moderate dose of caffeine between 3 and 6 mg/kg appears to be sufficient for enhancing performance in a sustained endurance effort.

Keywords: Caffeine, ratings of perceived exertion, calcium, oxidative metabolism, ergogenic effect.

INTRODUÇÃO

O termo ergogênico tem sua origem em duas palavras **ergon** (do grego, significado trabalho) e **gennan** (do grego, significado produção). No contexto do Esporte, esse termo caracteriza qualquer estratégia que possa potencializar a capacidade de trabalho e, em última instância, o desempenho esportivo (WILLIAMS, 1998). Segundo Williams (1998), o desempenho esportivo pode ser limitado por três tipos de fatores: a) fatores relacionados aos aspectos fisiológicos, b) fatores relacionados aos aspectos psicológicos e c) fatores relacionados aos aspectos biomecânicos. Os fatores fisiológicos estão associados à capacidade de transferência de energia, portanto, essa categoria pode ser regulada pelo treinamento físico. Já os fatores psicológicos determinam o controle da utilização da energia que, por sua vez, dependem do treinamento psicológico. Por fim, os fatores biomecânicos tem relação com a eficiência na utilização da energia, sendo desenvolvidos através do treinamento de habilidades motoras.

Neste contexto, a nutrição esportiva, por meio da utilização de suplementos e substâncias ergogênicas, surge como uma ferramenta importante para minimizar os fatores limitantes, potencializando, dessa forma, o desempenho esportivo. A utilização de auxílios ergogênicos não é uma prática recente no Esporte, sendo que o consumo de dietas especiais antes de competições é conhecido desde 500 a.C. Nesta época, os atletas gregos consumiam produtos a base de fígado de cervos e de coração de leão, esperando que essas iguarias pudessem conferir bravura, velocidade e força (APPLEGATE et al., 1997). Nas últimas décadas, diversas estratégias e manipulações nutricionais têm sido testadas para aumentar a capacidade de trabalho em atividades de *endurance*, destacando-se atenção especial ao consumo de carboidratos e água.



Em segundo plano, a cafeína é outra substância que merece destaque, sendo bastante estudada pelo seu possível efeito ergogênico sobre o exercício de *endurance* (IVY et al., 1979; SPRIET et al., 1992; GRAHAM et al., 1998; GRAHAM et al., 2001; GANIO et al., 2009; GOLDSTEIN et al., 2010; DESBROW et al., 2012). Em uma revisão sistemática, Ganio et al. (2009) realizaram um extenso levantamento sobre o efeito ergogênico da cafeína sobre o desempenho de *endurance*, com foco especial nos estudos que utilizaram testes contra o relógio (time-trials). Estes autores concluíram que a literatura apresenta diversas pesquisas de alta qualidade que reforçam a existência do efeito ergogênico da cafeína, entretanto, a magnitude do efeito é bastante variável (-0,3-17,3%) (GANIO et al., 2009). Outra publicação recente que merece destaque é Posicionamento da Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva sobre a cafeína. Goldstein et al. (2010) reforçam que a cafeína é ergogênica para o exercício de *endurance*, sendo bastante efetiva para os testes contra o relógio. Portanto, o objetivo do presente estudo é apresentar um panorama abrangente da literatura sobre a ação ergogênica da cafeína no desempenho de *endurance*, com ênfase nos estudos clássicos e contemporâneos, que foram publicados nos últimos 2 anos. Este estudo foi elaborado através do levantamento de dados encontrados na literatura já existente. Foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica a partir das bases de dados PubMed. As palavras-chave utilizadas na pesquisa bibliográfica foram: *caffeine, endurance exercise and performance*.

Cafeína

A cafeína é classificada como um alcalóide pertencente ao grupo das metilxantinas (1,3,7-trimetilxantina) (HARLAND, 2000; MAGKOS e KAVOURAS, 2005), sendo encontrada em diversos alimentos tais como: café, chá, cacau, guaraná, chocolate e refrigerantes (TANG-LIU et al., 1983; HARLAND, 2000; CARRILLO e BENITEZ, 2000). Após ingestão oral, este alcalóide é rapidamente absorvido (15 a 45 min) pelo trato gastrointestinal, atingindo seu pico de concentração no plasma, em aproximadamente 60 min (SAWYNOK e YAKSH, 1993; MAGKOS e KAVOURAS, 2005; GOLDSTEIN et al., 2010).

A metabolização da cafeína ocorre no fígado, iniciando pela remoção dos grupos metila 1 e 7, sendo essa reação catalisada pelo citocromo P450 1A2, o que possibilita a formação de três grupos metilxantina (HARLAND, 2000; GRAHAM, 2001). Em seres humanos, a maior parte dessa metabolização (~80%) se processa na forma de paraxantina (1,7-dimetilxantina), seguida de teofilina (1,3-dimetilxantina) e de teobromina (3,7-dimetilxantina), por meio da mudança na posição dos grupos metila 1,3,7 (HARLAND, 2000; CARRILLO e BENITEZ, 2000; GRAHAM, 2001; MAGKOS e KAVOURAS, 2005). Além do fígado, outros tecidos, como o cérebro e os rins, também expressam o citocromo P450 1A2 e, conseqüentemente, também participam do metabolismo da cafeína (GOASDUFF et al., 1996; KOT e DANIEL, 2008). Acredita-se que a cafeína possua mecanismos de ação central e periférica (SPRIET, 1995; GRAHAM, 2001; MAGKOS e KAVOURAS, 2005; GOLDSTEIN et al., 2010) que podem desencadear importantes alterações metabólicas e fisiológicas. Indubitavelmente, um dos principais sítios de ação da cafeína é o sistema nervoso central (SNC). No entanto, não é possível afirmar que apenas um único mecanismo de ação seja responsável pelos efeitos fisiológicos e, possivelmente, ergogênicos da cafeína, uma vez que essa, facilmente, atravessa a barreira hemato-encefálica (McCALL et al., 1982), bem como, as membranas celulares de todos os tecidos do corpo (FREDHOLM, 1995; MAGKOS e KAVOURAS, 2005). Logo, é extremamente difícil determinar em que sistema em particular (ex. SNC ou músculo esquelético) a cafeína exerce o maior efeito (GOLDSTEIN et al., 2010). Além disso, parece existir certo grau de variabilidade de resposta ao consumo de cafeína. As causas dessa variabilidade ainda não são totalmente conhecidas, entretanto, um estudo recente investigou o papel de um polimorfismo no intron 1 do gene do citocromo P450 1A2 (WOMACK et al., 2012). Foi constatado que a suplementação de cafeína promoveu maior redução no tempo para completar 40 km no ciclo ergômetro nos indivíduos portadores do polimorfismo (-4,9%; cafeína = 72.4 ± 4.2 min, placebo = 76.1 ± 5.8 min) em comparação ao grupo controle (-1,8%; cafeína = 70.9 ± 4.3 min, placebo = 72.2 ± 4.2 min) (WOMACK et al., 2012). Portanto, é possível afirmar que a variabilidade de resposta ergogênica ao consumo de cafeína é influenciada pelo perfil genético.



A cafeína é uma das substâncias mais utilizadas no mundo com intuito de promover efeito ergogênico (FREDHOLM, 1995; FREDHOLM et al., 1999; HARLAND, 2000; GRAHAM et al., 2001; SPRIET e GIBALA, 2004; MAGKOS e KAVOURAS, 2005; SOKMEN et al., 2005). O consumo dessa substância previamente à realização de exercícios físicos é motivado pela expectativa de retardar a fadiga e, conseqüentemente, aprimorar o desempenho físico (GRAHAM e SPRIET, 1995; GRAHAM, 2001; SPRIET e GIBALA, 2004; MAGKOS e KAVOURAS, 2005; SOKMEN et al., 2005; GOLDSTEIN et al., 2010). Esse consumo, visando efeitos estimulantes, data de muitos séculos atrás (MAGKOS e KAVOURAS, 2005; SOKMEN et al., 2005), porém, somente no final do ano de 2003, a cafeína foi retirada da lista de substâncias proibidas pela World Anti-Doping Agency (WADA).

Existem algumas hipóteses que tentam explicar o efeito ergogênico da cafeína durante o exercício físico (SPRIET, 1995; GRAHAM, 2001; MAGKOS e KAVOURAS, 2005; GANIO et al., 2009; GOLDSTEIN et al., 2010). A primeira hipótese envolve o efeito de competição que a cafeína exerce sobre os receptores de adenosina no SNC. De acordo com essa hipótese, a cafeína atenuaria a fadiga central, a percepção subjetiva de esforço e a percepção de dor que, em última instância, poderia promover aumento do desempenho. Laurent et al. (2000) demonstraram que o consumo de cafeína (6 mg / kg) aumentou significativamente a concentração de β -endorfina após duas horas de ciclismo a 65% VO_{2pico} e um *sprint* posterior de alta intensidade em comparação ao grupo placebo. A partir deste estudo foi sugerido que a concentração plasmática de endorfina pode ser aumentada durante o exercício após o consumo de cafeína. A analgesia induzida pela endorfina (GROSSMAN e SUTTON, 1985; SAWYNOK e YAKSH, 1993), por sua vez, poderia levar a uma diminuição na percepção da dor. Estudos recentes têm investigado o efeito da ingestão de cafeína sobre a percepção subjetiva de esforço, a percepção de dor e a sensação de prazer e desconforto.

No estudo de Motl et al. (2006), foi observada redução na sensação de dor em ciclistas, durante uma sessão de exercício (30 min a 60% do VO_{2max}), após o consumo de cafeína (5mg/kg e 10mg/kg). Backhouse et al. (2011) investigaram os efeitos da cafeína no estado afetivo e na percepção subjetiva do esforço durante o exercício de *endurance*. Os ciclistas foram separados em dois grupos: grupo suplementado com cafeína (CAF) e grupo suplementado com placebo (PLA). Uma hora antes da realização de exercício (90 min a 70% do VO_{2max}), os grupos ingeriram 6 mg/kg de cafeína ou placebo. As dimensões de afeto e percepção de esforço foram acessadas em intervalos regulares. Durante o exercício, a classificação de prazer foi melhor percebida no grupo CAF em comparação com o grupo PLA. A percepção subjetiva de esforço aumentou durante todo o exercício e o escore, em geral, foi significativamente menor no grupo CAF em comparação ao grupo PLA. Os resultados deste estudo sugerem que uma dose moderada de CAF ingerida 60 min antes do exercício mantém uma experiência subjetiva mais positiva durante o exercício de *endurance*. Estes achados poderiam explicar, parcialmente, a ação ergogênica da cafeína.

Outro estudo realizado por Astorino et al. (2012) teve como objetivo principal avaliar os efeitos da cafeína sobre percepção subjetiva de esforço (PSE), a sensação de dor e a sensação de prazer/desprazer durante uma sessão de exercício de *endurance* (ciclismo). Para tanto, dois grupos foram selecionados: grupo de ciclistas treinados e grupo de ciclistas recreativos. Inicialmente, ambos os grupos completaram dois testes de familiarização separados por 48 horas. Durante os testes, os ciclistas completaram 10 km (contra-relógio) precedidos pela ingestão de bebidas contendo 5 mg/kg de cafeína ou placebo, ingeridos em dois dias separados. O estudo teve um delineamento cego e cruzado e os participantes não foram informados quanto ao conteúdo de todas as bebidas nas duas situações. Durante o exercício, a PSE (escala de 6-20), a sensação de dor (escala 0-100mm) e a sensação de prazer/ desprazer (Escala *Feeling*) foram determinados. A sensação de dor e a PSE não foram alteradas, no entanto, o escore da Escala *Feeling* foi alterado pelo consumo de cafeína. Os autores reportaram aumento do desempenho somente no grupo de ciclistas treinados (ASTORINO et al., 2012).

A segunda hipótese sugere o efeito direto da cafeína sobre co-produtos do músculo esquelético. As possibilidades incluem: alteração de íons, particularmente, sódio e potássio; inibição da fosfodiesterase, possibilitando um aumento na concentração de adenosina monofosfato cíclica



(AMPc); efeito direto sobre a regulação metabólica de enzimas semelhantes às fosforilases e aumento na mobilização de cálcio pelo retículo sarcoplasmático, o qual contribuiria para o potencialização da contração muscular. Por exemplo, foi demonstrado que o consumo moderado de cafeína (6 mg/kg) aumenta a força isométrica de extensão da perna, bem como, o tempo para a fadiga durante a contração isométrica submáxima de perna (KALMAR e CAFERELLI, 1999). Em outro estudo, Beck et al. (2006) verificaram aumento no valor de 1RM para o supino após a ingestão de cafeína (~200mg).

A terceira hipótese pressupõe que a cafeína maximiza a oxidação de lipídios, atenuando a oxidação de carboidratos (CHO). A cafeína favoreceria a mobilização de ácidos graxos livres do tecido adiposo e/ou dos estoques intramusculares, aumentando a oxidação de lipídios e reduzindo a oxidação de glicogênio (GRAHAM et al., 1998). Supostamente, esse efeito ocorreria por aumento de catecolaminas na circulação, principalmente, pela adrenalina ou pela regulação descendente dos receptores de adenosina, que exercem um papel importante na regulação do metabolismo lipídico. Essig et al. (1990) relataram aumento significativo na oxidação de gordura intramuscular após o consumo de cafeína (5 mg/kg) durante exercício realizado em ciclo ergômetro. Além disso, Spriet et al. (1992) demonstraram que após a ingestão de cafeína (9 mg/kg), a glicogenólise foi reduzida no início do exercício (ciclismo até a exaustão em 80% VO_{2max}) e o desempenho foi maximizado. Esses achados reforçam a hipótese que a cafeína poderia afetar o metabolismo lipídico no exercício, favorecendo o desempenho em atividades de *endurance*.

De maneira geral, os resultados das pesquisas, envolvendo a suplementação de cafeína e o desempenho físico, indicam um efeito combinado sobre respostas centrais e periféricas. Portanto, é possível que a cafeína aja no SNC como um antagonista de adenosina, mas também poderia influenciar o metabolismo lipídico e a função neuromuscular. Entretanto, é importante ressaltar, que apesar dos diversos mecanismos propostos, recentes revisões da literatura reforçam a hipótese que a cafeína afeta o desempenho de *endurance*, principalmente, pelo seu efeito central (GANIO et al., 2009; GOLDSTEIN et al., 2010). Apesar do grande número de pesquisas realizadas sobre a suplementação de cafeína, pouco é sabido sobre mecanismos fisiológicos responsáveis pela melhoria no desempenho esportivo. Assim, a melhora no desempenho de *endurance*, a partir da suplementação de cafeína, depende de vários fatores, incluindo, a condição do atleta, o exercício (ou seja, modo, intensidade, duração, etc) e a dose/forma de administração da cafeína (GANIO et al., 2009; GOLDSTEIN et al., 2010).

Suplementação de cafeína e exercício de *endurance*

A suplementação de cafeína tem sido amplamente explorada e os resultados dos estudos têm fornecido informações valiosas sobre a dose e a forma de administração. Graham et al. (1998) demonstraram os efeitos de diferentes formas de administração de cafeína utilizando uma dose de 4,45 mg/kg. Nesse estudo, os corredores foram submetidos a um teste até a exaustão (85% VO_{2max}), recebendo cápsulas de cafeína, café regular, café descafeinado, café descafeinado + cápsulas de cafeína e placebo. A cafeína em forma de cápsula (anidra) potencializou a capacidade de trabalho aumentando a distância percorrida em 2-3 km em comparação com os quatro outros tratamentos (GRAHAM et al., 1998). A partir deste estudo foi levantada a possibilidade que outras substâncias encontradas no café pudessem interferir na ação da cafeína. Posteriormente, em outro estudo, foi constatado que os derivados de ácidos clorogênicos são produzidos a partir do processo de torrefação de café. Estes derivados poderiam alterar os efeitos da cafeína como antagonista da adenosina, dessa forma, reduzindo a capacidade de diminuir a ação inibitória da adenosina (DE PAULIS et al., 2002).

McLellan e Bell (2004) também avaliaram se uma xícara de café antes da suplementação de cafeína anidra exerceria impacto negativo sobre efeito ergogênico do composto. Neste estudo sujeitos fisicamente ativos, considerados consumidores de cafeína, foram submetidos a um teste até exaustão a aproximadamente 80% VO_{2max} . Os participantes consumiram uma xícara de café, com uma dose baixa de cafeína (1 mg/kg), e 30 min depois, os mesmos ingeriram uma das seis condições: café descafeinado + cápsulas placebo; café descafeinado + cápsulas de cafeína (5

mg/kg); café + cápsulas de cafeína (5 mg/kg); café + cápsulas de cafeína (3 mg/kg) café + cápsulas de cafeína (7 mg/kg) e água + cápsulas de cafeína (5 mg/kg). A suplementação de cafeína na forma anidra aumentou o desempenho no teste em todas condições, independentemente do consumo de café ou café descafeinado (McLELLAN e BELL, 2004). A literatura atual sugere que o consumo de cafeína na forma anidra é mais eficiente em comparação ao consumo através de infusão de café. As evidências disponíveis indicam que o consumo prévio de café parece não alterar o efeito da cafeína administrada na sua forma anidra. Embora, a cafeína complementada a partir de uma xícara de café seja menos eficaz do que quando consumida na forma anidra, o consumo de café antes da suplementação anidra não interfere no efeito ergogênico observado a partir de doses baixa e moderadas.

A fim de avaliar o efeito do consumo usual de café sobre o desempenho de corredores, foi realizado um estudo utilizando 3g de café na forma de infusão, contendo cerca de 150-200mg de cafeína (WILES et al., 1992). Os autores destacaram que essa dose foi utilizada com intuito de mimetizar os hábitos da vida real de um atleta antes da competição. Os participantes correram 1500 metros contra-relógio na esteira. Foi constatada redução no tempo de execução dos 1500 metros em comparação com o café descafeinado (WILES et al., 1992). Os participantes que receberam café com cafeína também realizaram o *sprint* de 400 metros mais rapidamente e atingiram maiores valores de consumo de oxigênio (WILES et al., 1992).

Em outra investigação mais recente, foi avaliado o efeito do café, contendo dose moderada de cafeína (6 mg/kg). Neste estudo, ciclistas consumiram café com cafeína ou café descafeinado 60 min antes do exercício. O único achado significativo foi a redução da PSE no grupo que consumiu café com cafeína em comparação com o grupo que recebeu café descafeinado (DEMURA et al., 2007).

O efeito de diferentes quantidades de cafeína sobre o desempenho de *endurance* foi analisado em ciclistas treinados que realizaram 6 *sprints* a 80% da potência máxima após o consumo de 3 doses de cafeína: 5, 9 e 13 mg/kg (PASMAN et al., 1995). Todos os 3 tratamentos com cafeína promoveram aumento do desempenho em comparação com o grupo placebo. Além disso, não houve diferença estatística entre os três tratamentos com cafeína, sugerindo que o aumento de desempenho provocado pela cafeína não apresenta caráter dose-dependente. Em linha com esses achados, Lieberman et al. (2002) não observaram vantagem em consumir uma dose absoluta de 300mg de cafeína em oposição a dose de 200mg para o desempenho de *endurance*. No entanto, a dose de 200mg resultou em aumento significativo no desempenho em comparação com a dose de 100mg. Além disso, a dose de 100 mg não apresentou desempenho similar em relação ao placebo (LIEBERMAN et al., 2002). De acordo com Graham e Spriet (1995) houve aumento do desempenho em exercícios de *endurance* utilizando uma dose baixa (3 mg/kg) e moderada (6 mg/kg) de cafeína, mas não para uma dose elevada (9 mg/kg). Estes achados são importantes para a determinação da dose ideal de cafeína, contrariando o senso comum que muitas vezes acredita que "se pouco é bom, mais é melhor".

Em estudo anterior publicado por Graham e Spriet (1991), corredores de elite realizaram 4 testes, dois de ciclismo até a exaustão e dois de corrida até a exaustão (85% VO_{2max}) recebendo uma dose elevada de cafeína (9 mg/kg). Foi observado aumento do tempo para exaustão, tanto na corrida, como no ciclo ergômetro, após o consumo de cafeína (GRAHAM e SPRIET, 1991). Em outro estudo, Spriet et al. (1992) também observaram aumento do tempo para exaustão no ciclo ergômetro, utilizando dose de 9mg/kg de cafeína.

Recentemente McNaughton et al. (2008) relataram os efeitos de uma dose moderada de cafeína (6 mg/kg) no teste de desempenho contra-relógio realizado em ciclo ergômetro. O protocolo do teste também incluiu uma série de simulações de subida para melhor representar a realidade do treinamento de ciclistas. Os ciclistas que receberam cafeína apresentaram aumento do desempenho (4-5%) em comparação ao controle.

Outro estudo recente realizado por Desbrow et al. (2012) foi avaliado o efeito de duas doses diferentes de cafeína no teste de desempenho contra relógio em atletas do sexo masculino. O delineamento experimental foi randomizado e duplo-cego cruzado, no qual 16 ciclistas bem treinados ingeriram 3 ou 6 mg/kg de cafeína ou placebo, 90 min antes dos testes. Os ciclistas na

condição cafeína (3 mg/kg) apresentaram aumento no desempenho, entretanto os que receberam a dose dobrada (6 mg/kg) não apresentaram ganhos adicionais no desempenho.

Diante das evidências, é possível afirmar que o uso de cafeína em forma anidra, em comparação com uma xícara de café, parece ser mais eficiente para maximizar o desempenho de *endurance*. Além disso, doses de cafeína entre 3 e 6 mg/kg parecem suficientes para melhorar o desempenho de *endurance*.

CONCLUSÃO

A suplementação de cafeína é uma das estratégias ergogênicas mais investigadas na literatura científica. A cafeína pode ser considerada um importante auxílio ergogênico para a atividade de *endurance* e essa conclusão é suportada, principalmente, pelos estudos que utilizaram o tempo para exaustão como teste de desempenho. Porém, estudos mais recentes que utilizaram “testes contra o relógio” (time-trials) também evidenciaram o efeito ergogênico dessa substância.

A magnitude dos efeitos depende de diversos fatores como, a intensidade, a duração e o modo de exercício, a condição do atleta, o consumo regular de cafeína, a dose e a forma de administração. A literatura também sugere que a cafeína é mais poderosa quando consumida na forma anidra em comparação com o café na forma de infusão. Quanto ao tempo de administração, a maioria dos resultados positivos ocorreu quando a cafeína foi ingerida 60 min antes de exercício. No entanto, também tem sido demonstrado que a cafeína pode melhorar o desempenho quando consumida de 15 até 60 min antes do exercício. Com relação à dose, a maior parte dos estudos sugere que a cafeína é eficaz quando consumida em baixa a moderada doses (~3-6 mg/kg), além disso, parece não haver nenhum benefício adicional quando consumida em doses mais elevadas (≥ 9 mg/kg).

REFERÊNCIAS

- APPLEGATE, E.A.; GRIVETTI, L.E. Search for the competitive edge: a history of dietary fads and supplements. *Journal of Nutrition*, v.127, p.869-873, 1997.
- ASTORINO, T.A.; COTTRELL, T.; TALHAMI LOZANO, A.; ABURTO-PRATT, K.; DUHON, J. Effect of caffeine on RPE and perceptions of pain, arousal, and pleasure/displeasure during a cycling time trial in endurance trained and active men. *Physiology and Behavior*, v.106, p.211-217, 2012.
- BACKHOUSE, S.H.; BIDDLE, S.J.; BISHOP, N.C.; WILLIAMS, C. Caffeine ingestion, affect and perceived exertion during prolonged cycling. *Appetite*, v.57, p.247-252, 2011.
- BECK, T.W.; HOUSH, T.J.; SCHMIDT, R.J.; JOHNSON, G.O.; HOUSH, D.J.; COBURN, J.W.; MALEK, M.H. The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance, and anaerobic capabilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.20, p.506-510, 2006.
- BELL, D.G.; MCLELLAN, T.M. Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *Journal of Applied Physiology*, v.93, p.1227-1234, 2002.
- CARRILLO, J.A.; BENITEZ, J. Clinically significant pharmacokinetic interaction between dietary caffeine and medications. *Clinical Pharmacokinetics* v.39, p.127-153, 2000.
- DE PAULIS, T.; SCHMIDT, D.E.; BRUCHEY, A.K.; KIRBY, M.T.; MCDONALD, M.P.; COMMERS, P.; LOVINGER, D.M.; MARTIN, P.R. Dicinnamoylquinides in roasted coffee inhibit the human adenosine transporter. *European Journal of Pharmacology*, v.442, p.215-223, 2002.
- DEMURA, S.; YAMADA, T.; TERASAWA, N. Effect of coffee ingestion on physiological responses and ratings of perceived exertion during submaximal endurance exercise. *Perceptual Motor Skills*, v.105, p.1109-1116, 2007.

- DESBROW, B.; BIDDULPH, C.; DEVLIN, B.; GRANT, G.D.; ANOOPKUMAR-DUKIE, S. The effects of different doses of caffeine on endurance cycling time trial performance. *Journal of Sports Science*, v.30, p.115-120, 2012.
- ESSIG, D.; COSTILL, D.L.; VAN HANDEL, P.J. Effects of caffeine ingestion on utilisation of muscle glycogen and lipid during leg ergometer exercise. *International Journal of Sports Medicine*, v.1, p.86-90, 1980.
- FREDHOLM, B.B. Adenosine, adenosine receptors and the actions of caffeine. *Pharmacology and Toxicology*, v.76, p. 93-101, 1995.
- FREDHOLM, B.B.; BATTIG, K.; HOLMEN, J.; NEHLIG, A.; ZVARTAU, E.E. Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacology Reviews*, v.51, p.83-133, 1999.
- GANIO, M.S.; KLAU, J.F.; CASA, D.J.; ARMSTRONG, L.E.; MARESH, C.M. Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. *Journal of Strength Conditioning Research*, v.23, p.315-324, 2009.
- GOASDUFF, T.; DREANO, Y.; GUILLOIS, B.; MENEZ, J.F.; BERTHOU, F. Induction of liver and kidney CYP1A1/1A2 by caffeine in rat. *Biochemical Pharmacology*, v.52, p.1915-1919, 1996.
- GOLDSTEIN, E.R.; ZIEGENFUSS, T.; KALMAN, D.; KREIDER, R.; CAMPBELL, B.; WILBORN, C.; TAYLOR, L.; WILLOUGHBY, D.; STOUT, J.; GRAVES, B.S.; WILDMAN, R.; IVY, J.L.; SPANO, M.; SMITH, A.E.; ANTONIO, J. International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *Journal of International Society of Sports Nutrition*, v.27, p.5, 2010.
- GRAHAM, T.E.; SPRIET, L.L. Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.71, p.2292-2298, 1991.
- GRAHAM, T.E. Caffeine and exercise. *Metabolism, endurance and performance Sports Medicine*, v.31, p. 785-807, 2001.
- GRAHAM, T.E.; HIBBERT, E.; SATHASIVAM, P. Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. *Journal of Applied Physiology*, v.85, p.883-889, 1998.
- GRAHAM, T.E.; SPRIET L.L. Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *Journal of Applied Physiology*, v.78, p.867-874, 1995.
- GROSSMAN, A.; SUTTON, J.R. Endorphins: What are they? How are they measured? What is their role in exercise? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.17, p.74-81, 1985.
- HARLAND, B. Caffeine and nutrition. *Nutrition*, v.16, p.522-526, 2000.
- IVY, J.L.; COSTILL, D.L.; FINK, W.J.; LOWER, R.W. Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Medicine and Science in Sports Exercise*, v.11, p.6-11, 1979.
- KALMAR, J.M.; CAFARELLI, E. Effects of caffeine on neuromuscular function. *Journal of Applied Physiology*, v.87, p.801-808, 1999.
- KOT, M.; DANIEL, W.A. Caffeine as a marker substrate for testing cytochrome P450 activity in human and rat. *Pharmacol Reports*, v.60, p.789-797, 2008.
- LAURENT, D.; SCHNEIDER, K.E.; PRUSACZYK, W.K.; FRANKLIN, C.; VOGEL, S.M.; KRSSAK, M.; PETERSEN, K.F.; GOFORTH, H.W.; SHULMAN, G.I. Effects of caffeine on muscle glycogen utilization and the neuroendocrine axis during exercise. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, v.85, p.2170-2175, 2000.
- LIEBERMAN, H.R.; THARION, W.J.; SHUKITT-HALE, B.; SPECKMAN, K.L.; TULLEY, R. Effects of caffeine, sleep loss, and stress on cognitive performance and mood during US Navy seal training. *Psychopharmacology*, v.164, p.250-261, 2002.
- MAGKOS, F.; KAVOURAS, S.A. Caffeine use in sports, pharmacokinetics in man, and cellular mechanisms of action. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.45, p.535-562, 2005.

- McCALL, A.L.; MILLINGTON W.R.; WURTMAN, R.J. Blood-brain barrier transport of caffeine: Dose-related restriction of adenine transport. *Life Sciences*, v.31., p.2709-2715, 1982.
- McLELLAN, T.M.; BELL, D.G. The impact of prior coffee consumption on the subsequent ergogenic effect of anhydrous caffeine. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, v.14, p.698-708, 2004.
- McNAUGHTON, L.R.; LOVELL, R.J.; SIEGLER, J.C.; MIDGLEY, A.W.; SANDSTROM, M.; BENTLEY, D.J. The effects of caffeine ingestion on time trial cycling performance. *Journal Sports Medicine and Physical Fitness* v. 48, p.320-325, 2008.
- MOTL, R.W.; O'CONNOR, P.J.; TUBANDT, L.; PUETZ, T.; ELY, M.R. Effect of caffeine on leg muscle pain during cycling exercise among females. *Medicine and Science in Sports and Exercise* v.38, p.598-604, 2006.
- PASMAN, W.J., VAN BAAK, M.A.; JEUKENDRUP, A.E.; DE HAAN, A. The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. *International Journal of Sports Medicine*, v.16, p.225-230, 1995.
- SAWYNOK, J.; YAKSH, T.L. Caffeine as an analgesic adjuvant: a review of pharmacology and mechanisms of action. *Pharmacology Reviews* v.45, p. 43-85, 1993.
- SOKMEN, B.; ARMSTRONG, L.E.; KRAEMER, W.J.; CASA, D.J.; DIAS, J.C.; JUDELSON, D.A.; MARESH, C.M. Caffeine use in sports: Considerations for the athlete. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.22, p.978-986, 2008.
- SPRIET, L.L. Caffeine and performance. *International Journal of Sport Nutrition*, v.5, p.84-99, 1995.
- SPRIET, L.L.; GIBALA, M.J. Nutritional strategies to influence adaptations to training. *Journal of Sports Science*, v.22, p.127-141, 2004.
- SPRIET, L.L.; MACLEAN, D.A.; DYCK, D.J.; HULTMAN, E.; CEDERBLAD, G.; GRAHAM, T.E. Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. *American Journal of Physiology*, v.262, p.891-898, 1992.
- TANG-LIU, D.D.; WILLIAMS, R.L.; RIEGELMAN, S. Disposition of caffeine and its metabolites in man. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, v.224, p.180-185, 1983.
- WILES, J.D.; BIRD, S.R.; HOPKINS, J.; RILEY, M. Effect of caffeinated coffee on running speed, respiratory factors, blood lactate and perceived exertion during 1500-m treadmill running. *British Journal Sports Medicine*, v.26, p.116-120, 1992.
- WILLIAMS, M.H. *The Ergogenics Edge. Pushing the limits of sports performance*. Champaign: Human Kinetics; 1998.
- WOMACK, C.J.; SAUNDERS, M.J.; BECHTEL, M.K.; BOLTON, D.J.; MARTIN, M.; LUDEN, N.D.; DUNHAM, W.; HANCOCK, M. The influence of a CYP1A2 polymorphism on the ergogenic effects of caffeine. *Journal of International Society of Sports Nutrition*, v.9, p.7, 2012.