

# Cafeína e exercício físico aeróbio

## *Caffeine and aerobic physical exercise*

### ABSTRACT

ALTIMARI, L. R.; MELO, J. C.; TRINDADE, M. C. C.; CYRINO, E. S.; TIRAPEGUI, J. Caffeine and aerobic physical exercise. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.* = J. Brazilian Soc. Food Nutr., São Paulo, SP, v. 31, n. 1, p. 79-96, abr. 2006.

*Caffeine is present in several commercial products consumed daily, such as coffee, chocolate, teas and some soft drinks containing guarana. The use of this substance has become quite common in sports, mainly in the last years, particularly among athletes that dispute cycling competitions and middle- and long-distance runners. The ergogenic effect of caffeine on performance during aerobic exercise has been demonstrated after acute intake of doses ranging between 3 and 6 mg/kg of body weight. However, it does not seem quite clear yet which are the mechanisms of action involved in the improvement of performance in long-term exercise. In regards to the presumed caffeine-related diuretic effect, this has not been confirmed in practice, and for what it seems, it is related to use of megadoses of the substance. Recently, caffeine has been removed from list of prohibited substances by the World Agency Anti-Doping (WADA), which will probably lead to considerable increase in the use of this substance by athletes.*

**Keywords: Caffeine.  
Ergogenic. Supplementation.  
Aerobic exercise. Doping.**

**LEANDRO RICARDO  
ALTIMARI<sup>1,2,3</sup>; JULIANA  
CORDEIRO DE MELO<sup>1,3</sup>;  
MICHELE CAROLINE DE  
COSTA TRINDADE<sup>1,2</sup>;  
EDILSON SERPELONI  
CYRINO<sup>1</sup>; JULIO  
TIRAPEGUI<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup>Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício. Centro de Educação Física e Desportos. Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

<sup>3</sup>Departamento de Ciência do Esporte. Faculdade de Educação Física. Universidade de Campinas. São Paulo, Brasil.

**\*Endereço para correspondência:**  
Av. Prof. Lineu Prestes, 580, – Bloco 14 Conjunto das Químicas - Cidade Universitária CEP 05508-900 – São Paulo, SP – Brasil  
E-mail: tirapegu@usp.br

**Agradecimentos:**  
os autores agradecem à FAPESP, ao CNPq e à CAPES pelo apoio financeiro e bolsas outorgadas.

## RESUMEN

*La cafeína este presente en varios productos comerciales de consumo diario como el café, chocolate, té y algunas bebidas suaves como guaraná. La ingestión de cafeína se ha tornado bastante común en el medio deportivo en los últimos años, principalmente entre los atletas que disputan competiciones de ciclismo y los corredores de media y larga distancia. El efecto ergogénico de la cafeína durante ejercicios aerobios ha sido demostrado después de la ingestión de dosis agudas de cafeína entre 3 y 6mg/kg de peso corpóreo. Sin embargo, todavía no parece estar claro los mecanismos de acción de la cafeína implicados en la mejora del rendimiento en los ejercicios de larga distancia. En relación al supuesto efecto diurético provocado por el uso de cafeína, no ha sido confirmado en la práctica y existen indicaciones que esta relacionado al empleo de megadosis de esta sustancia. Recientemente la cafeína fue retirada de la lista de sustancias prohibida por la Agencia Mundial Antidoping (WADA) lo cual probablemente provocará un aumento considerable de su uso por atletas.*

**Palabras clave:** Cafeína.  
**Ergogénico. Suplementación.**  
**Ejercicio aerobio. Doping.**

## RESUMO

*A cafeína está presente em vários produtos comerciais consumidos diariamente, tais como o café, o chocolate, o mate, e algumas bebidas suaves à base de guaraná. O seu uso tem-se tornado bastante comum no meio esportivo, principalmente nos últimos anos, particularmente, por atletas que disputam provas de ciclismo e corredores de média e longa distância. O efeito ergogênico da cafeína sobre o desempenho físico em exercícios aeróbios, tem sido demonstrado após a ingestão aguda de doses de cafeína entre 3 e 6mg/kg de peso corporal. Contudo, ainda não parece estar claro quais os mecanismos de ação da cafeína estariam envolvidos na melhoria do desempenho físico em exercícios prolongados. Quanto ao suposto efeito diurético provocado pelo uso da cafeína, este não tem sido confirmado na prática, e ao que parece, está relacionado ao emprego de megadoses desta substância. Recentemente, a cafeína foi retirada da lista de substâncias proibidas pela Agência Mundial Anti-Doping (WADA), o que possivelmente implicará em um aumento considerável no uso desta substância pelos atletas.*

**Palavras-chave:** Cafeína.  
**Ergogênico. Suplementação.**  
**Exercício aeróbio. Doping.**

## INTRODUÇÃO

Em busca de sucesso esportivo de alto nível, treinadores, nutricionistas, médicos e cientistas têm utilizado inúmeros recursos ergogênicos, no intuito de potencializar o desempenho físico ou atenuar os mecanismos geradores de fadiga de seus atletas (JUHN, 2002; MAUGHAN, 1999).

A fadiga é apontada, como fator limitante do desempenho físico, e constitui um fenômeno complexo ou até mesmo um conjunto de fenômenos de interação simultânea com diferentes graus de influência, dependendo da natureza do exercício físico (DAVIS; BAILEY, 1997). Nesse sentido, a utilização de suplementos nutricionais como recursos ergogênicos tem se mostrado eficiente por retardar o aparecimento da fadiga e aumentar o poder contrátil do músculo esquelético e/ou cardíaco, aprimorando, portanto, a capacidade de realizar trabalho físico, ou seja, o desempenho atlético (APPLEGATE, 1999; COYLE, 2004; JUHN, 2003; MAUGHAN, 2002; PIPE; AYOTTE, 2002).

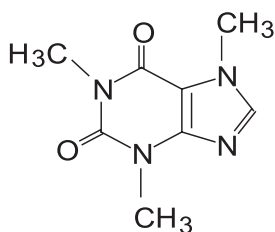
A cafeína pode ser encontrada em vários produtos comerciais consumidos diariamente (ALTIMARI et al., 2001; GRAHAM, 2001a; SPRIET; GIBALA, 2004). Esta tem sido utilizada com grande frequência como substância ergogênica de forma aguda, previamente à realização de exercícios físicos, com o intuito de protelar a fadiga e, conseqüentemente, aprimorar o desempenho físico, sobretudo em atividades de média e longa duração (ALTIMARI et al., 2005; JUHN, 2002; PALUSKA, 2003; SPRIET; GIBALA, 2004).

Até final do ano de 2003, a cafeína fazia parte da lista de substâncias proibidas pela Agência Mundial Anti-Doping (WADA), na classe de estimulantes (A). Mais recentemente, a WADA retirou a cafeína da lista de substâncias proibidas devido às dificuldades de se estabelecer um valor limítrofe, para caso positivo de doping, incluindo-a em uma lista de substâncias que são monitoradas desde 2004 (WORLD ANTI DOPING AGENCY, 2004).

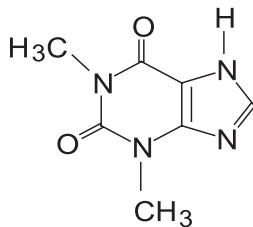
Com base nessas informações, o objetivo desta revisão é abordar os principais achados relacionados à utilização da cafeína como agente modulador do desempenho físico em exercícios físicos aeróbios.

## CAFEÍNA

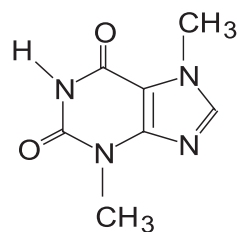
A cafeína (1,3,7 - trimetilxantina) é um derivado da xantina, quimicamente relacionada a outras xantinas: teofilina (1,3 – dimetilxantina) e teobromina (3,7 – dimetilxantina) que se diferenciam pela potência de suas ações farmacológicas sobre o sistema nervoso central (SNC) (Figura 1) (GEORGE, 2000). Nesse sentido, a cafeína é uma substância capaz de excitar ou restaurar as funções cerebrais e bulbares sem, contudo, ser considerada uma droga terapêutica, o que a torna comumente utilizada e livremente comercializada, além de apresentar uma baixa capacidade de indução à dependência (BUCCI, 2000; SINCLAIR; GEIGER, 2000).



CAFEÍNA  
1,3,7 trimetilxantina



TEOFILINA  
1,3 dimetilxantina



TEOBROMINA  
3,7 dimetilxantina

### Figura 1 - Estrutura química da cafeína e metilxantinas relacionadas

A cafeína pode ser encontrada em vários produtos consumidos na dieta tais como: o chocolate, o café, o guaraná, o mate, alguns refrigerantes e chás (ALTIMARI et al., 2001; GRAHAM, 2001a; SPRIET; GIBALA, 2004), e, também em alguns medicamentos utilizados como agente antagonizador do efeito calmante de certos fármacos (CLARKSON, 1993; SINCLAIR; GEIGER, 2000).

A tabela 1 apresenta a quantidade de cafeína presente em alguns alimentos populares consumidos diariamente, além de bebidas, refrigerantes e energéticos (SLAVIN; JOENSEN, 1995).

A cafeína é absorvida rapidamente e eficientemente, no trato digestório após administração oral. A mesma parece não afetar as funções gastrintestinais quando ingerida de forma conjugada a diferentes soluções líquidas, como o carboidrato (CHO) e a água (SINCLAIR; GEIGER, 2000; VAN NIEUWENHOVEN; BRUMMER; BROUNS, 2000). Ressalta-se ainda, que a ingestão de cafeína associada a bebidas carboidratadas pode favorecer a maior absorção e, conseqüentemente maior carreamento da mesma através da corrente sanguínea até os tecidos, podendo contribuir na melhora do desempenho físico (GRAHAM, 2001a). Esta substância pode alcançar o pico de concentração máxima na corrente sanguínea entre 15 e 120 minutos após a sua ingestão (SINCLAIR; GEIGER, 2000).

A administração desta substância pode ser feita de diversas formas, dentre as quais destacamos a administração oral, intraperitoneal, injeções subcutânea ou intramuscular e, também, através da aplicação de supositórios (WANG; LAU, 1998; SINCLAIR; GEIGER, 2000). Sua ação pode atingir todos os tecidos, pois o seu carreamento é feito via corrente sanguínea, sendo, posteriormente, degradada e excretada pela urina na forma de co-produtos (CLARKSON, 1993; SPRIET, 1995).

O metabolismo da cafeína ocorre em maior proporção no fígado, onde existe uma maior concentração de citocromo P450 1A2, enzima responsável pelo metabolismo desta substância (KALOW; TANG, 1993; SINCLAIR; GEIGER, 2000). Embora a maior parte do

**Tabela 1 - Concentração de cafeína em alimentos populares, bebidas, refrigerantes e energéticos**

<b>CAFEÍNA EM ALIMENTOS E BEBIDAS</b>			
<b>Café (xícara de 150ml)</b>	<b>Cafeína (mg)</b>	<b>Produtos com chá</b>	<b>Cafeína (mg)</b>
De máquina	110-150	Chá instantâneo (xíc. de 150ml)	12-28
De coador	64-124	Chá gelado (xíc. de 350ml)	22-36
Instantâneo	40-108		
Descafeinado	2-5		
Instantâneo descafeinado	2		
<b>Chá (granel ou saquinhos) (xícara de 150ml)</b>		<b>Chocolate</b>	
Infusão de um minuto	9-33	Feito a partir de mistura	6
Infusão de três minutos	20-46	Chocolate ao leite (28g)	6
Infusão de cinco minutos	20-50	Chocolate de confeitador (28g)	35
<b>CAFEÍNA EM REFRIGERANTES</b>		<b>CAFEÍNA EM ENERGÉTICOS</b>	
	<b>Cafeína (mg/350ml)</b>		<b>Cafeína (mg/250ml)</b>
Coca-Cola	46	Flash Power	80
Diet Coke	46	Flying Horse	80
Pepsi Cola	38,4	Dynamite	80
Diet Pepsi	36	Red Bull	80
Pepsi Light	36	On Line	80
Melo Yello	36	Blue Energy Xtreme	80

Fonte: adaptado de SLAVIN e JOENSEN (1995).

metabolismo da cafeína ocorra no fígado, outros tecidos, incluindo o cérebro e o rim, têm um importante papel na produção de citocromo P450 1A2, e assim têm participação no metabolismo da cafeína (GOABDUFF et al., 1996).

Apesar de apenas uma pequena quantidade de cafeína ser excretada (0,5 a 3%), sem alteração na sua constituição química, sua detecção na urina é relativamente fácil (CLARKSON, 1993). Vale ressaltar que alguns fatores como a genética, a dieta, o uso de alguma droga, o sexo, o peso corporal, o estado de hidratação, o tipo de exercício físico praticado e o consumo habitual de cafeína, podem afetar o metabolismo da cafeína e, conseqüentemente, influenciar na quantidade de cafeína total excretada pela urina (DUTHEL et al., 1991; SINCLAIR; GEIGER, 2000; SPRIET, 1995).

## **CAFEÍNA E EXERCÍCIO FÍSICO**

Diversas pesquisas têm demonstrado a utilização da cafeína como substância ergogênica, sobretudo em exercícios de média e longa duração, e isso foi resumido e

revisado por outros autores (ALTIMARI et al., 2000; ALTIMARI et al., 2005; BRAGA; ALVES, 2000; GEIGER, 2000; GRAHAM, 2001a; GRAHAM, 2001b; GRAHAM; RUSH; VAN SOEREN, 1994; JUHN, 2002; SINCLAIR; PALUSKA, 2003; SPRIET, 1995; SPRIET; GIBALA, 2004; TARNOPOLSKY, 1994).

A utilização indiscriminada de cafeína por parte de atletas, no início da década de 1980, com objetivo de melhorar o desempenho físico, fez com que esta substância fosse incluída na lista de substâncias proibidas pelo Comitê Olímpico Internacional (COI) (SPRIET, 1995; SINCLAIR; GEIGER, 2000). Contudo, o uso da cafeína somente tornou-se evidente a partir dos Jogos Olímpicos de Los Angeles (1984), quando alguns membros da equipe de ciclismo dos Estados Unidos declararam publicamente terem usado esse alcalóide como estimulante durante as competições (ROGERS, 1985).

A utilização dessa substância tem se tornado mais comum nos últimos anos, particularmente por atletas de ciclismo e corredores de média e longa distância (ALTIMARI et al., 2000; ALTIMARI et al., 2005; JEUKENDRUP; MARTIN, 2001; JUHN, 2002).

Até final do ano de 2003, a cafeína constava na lista de substâncias proibidas pela WADA, na classe de estimulantes (A). Entretanto, mais recentemente a WADA retirou a cafeína desta lista (WORLD ANTI DOPING AGENCY, 2004). A retirada da cafeína da lista de substâncias proibidas, ocorreu uma vez que vários estudos publicados na última década, demonstraram que o limite tolerável estipulado pelo COI (12mg/ml de cafeína na urina) não era atingido, mesmo após a ingestão de altas doses de cafeína (~8mg/kg de peso corporal). Em adição, ingestão de doses menores (~5mg/kg de peso corporal) era suficiente para melhorar o desempenho físico sem, contudo, ultrapassar o valor limítrofe para caso positivo de doping (SINCLAIR; GEIGER, 2000; SPRIET, 1995). Essas divergências fizeram com que a WADA, nos últimos anos, retomasse as discussões sobre a possibilidade de revisão do nível de ingestão tolerável para cafeína. Todavia, isso não foi possível devido às dificuldades de se estabelecer um valor limítrofe, as quais são decorrentes da diversidade dos hábitos de ingestão de produtos ricos em cafeína nos diferentes países, tornando inviável o controle desta substância. Desse modo, optou-se por incluir a cafeína em um programa de monitoramento, que será feito por meio de acompanhamento na incidência de detecção do uso de cafeína pelos atletas (WORLD ANTI DOPING AGENCY, 2004).

## **MECANISMOS DE AÇÃO E DESEMPENHO FÍSICO**

Acredita-se, que a cafeína possua mecanismos de ação central e periférica que podem desencadear relevantes alterações metabólicas e fisiológicas, as quais melhorariam o desempenho físico (FILLMORE et al., 1999; GRAHAM; RUSH; VAN SOEREN, 1994; GRAHAM; SPRIET, 1991; GRAHAM; SPRIET, 1995; SPRIET, 1995). Todavia, outros mecanismos podem estar associados à sua ação melhorando o desempenho físico em diferentes tipos de exercício (SPRIET, 1995).

Uma primeira teoria sugere que os efeitos ergogênicos da cafeína durante o exercício físico tanto aeróbio quanto anaeróbio, estão relacionados ao efeito direto da cafeína em alguma porção do SNC, afetando a percepção subjetiva de esforço e/ou a propagação dos sinais neurais entre o cérebro e a junção neuromuscular (DAVIS et al., 2003; SPRIET, 1995). Acredita-se, ainda que, a ação estimulante da cafeína no SNC, envolve a estimulação do sistema nervoso simpático, aumentando a liberação e, conseqüentemente, a ação das catecolaminas (RACHIMA-MAOZ; PELEG; ROSENTHAL, 1998; SPRIET, 1995; YAMADA; NAKAZATO; OHGA, 1989). Contudo, essa hipótese é ainda extremamente especulativa, haja vista as grandes limitações que envolvem esse tipo de investigação.

Em adição, outra hipótese pressupõe o efeito direto da cafeína sobre co-produtos do músculo esquelético. As possibilidades incluem: alteração de íons, particularmente sódio e potássio; inibição da fosfodiesterase (PDE), possibilitando um aumento na concentração de adenosina monofosfato cíclica (AMPC); efeito direto sobre a regulação metabólica de enzimas semelhantes às fosforilases (PHOS); e aumento na mobilização de cálcio através do retículo sarcoplasmático e, conseqüentemente aumento dos níveis intracelulares de cálcio nos músculos, facilitando a estimulação-contração do músculo esquelético, aumentando a eficiência da contração (DAVIS et al., 2003; SINCLAIR; GEIGER, 2000; SPRIET, 1995). Estas possibilidades têm sido levantadas a partir de investigações *in vitro*, em que altas concentrações de cafeína são empregadas na tentativa de demonstrar seus efeitos (ISSEKUTZ, 1984; YAMADA; NAKAZATO; OHGA, 1989). Entretanto, acredita-se que a concentração de cafeína necessária para inibir a PDE e a PHOS e, conseqüentemente, desencadear uma série de reações metabólicas é bem superior às utilizadas naqueles estudos (SPRIET, 1995).

Aparentemente, a cafeína pode agir diretamente sobre o músculo, potencializando sua capacidade de realizar exercícios físicos, particularmente de alta intensidade e curta duração (LOPES et al., 1983). A hipótese, atualmente aceita para essa ocorrência estabelece que a cafeína age sobre o retículo sarcoplasmático, aumentando sua permeabilidade ao cálcio, tornando este mineral prontamente disponível para o processo de contração muscular. Assim, é provável que a cafeína possa influenciar a sensibilidade das miofibrilas ao cálcio (PINTO; TARNOPOLSKY, 1997; ROY et al., 1994). Segundo Pagala e Taylor (1998), o mecanismo de ação do cálcio induzido pela ação da cafeína, parece agir de forma diferenciada nas fibras musculares do tipo I e II, visto que as fibras de contração lenta (tipo I), são mais sensíveis à ação da cafeína do que as fibras musculares de contração rápida (tipo II).

Por último, outra hipótese tem sido proposta na tentativa de explicar o efeito ergogênico da cafeína, particularmente durante o exercício físico de média e longa duração (GRAHAM; RUSH; VAN SOEREN, 1994; PALUSKA, 2003; SPRIET, 1995; TARNOPOLSKY, 1994). Esta diz respeito ao aumento na oxidação das gorduras e redução na oxidação de CHO. Acreditava-se, que a cafeína poderia gerar um aumento na mobilização dos ácidos graxos livres (AGLs) dos tecidos e/ou nos estoques intramusculares (YAMADA; NAKAZATO; OHGA, 1989). Esse efeito, supostamente, ocorreria de maneira indireta por meio do aumento na produção de catecolaminas na circulação, particularmente a epinefrina, ou

diretamente antagonizando os receptores de adenosina (DAVIS et al., 2003), um importante regulador do metabolismo lipídico, que normalmente inibem a mobilização dos AGLs, aumentando a oxidação da gordura muscular e reduzindo a oxidação de CHO (COSTILL; DALSKY; FINK, 1978; GRAHAM; RUSH; VAN SOEREN, 1994; SPRIET, 1995).

Bellet, Kershbaum e Fink (1968) foram os primeiros a documentar o efeito positivo da caféina sobre o metabolismo a partir da estimulação na mobilização de AGLs. Tal efeito, associado à economia na depleção de glicogênio muscular, acarretou melhora do desempenho físico em exercícios prolongados, o que foi confirmado por outros estudos (COSTILL; DALSKY; FINK, 1978; ESSIG; COSTILL; VAN HANDEL, 1980; IVY et al., 1979; POWERS et al., 1983). Posteriormente, muitos foram os estudos que procuraram investigar os possíveis efeitos deste ergogênico sobre o desempenho físico em exercícios de média e longa duração (Tabela 2).

**Tabela 2 - Efeito ergogênico da caféina sobre o desempenho físico em exercícios de média e longa duração**

(continua)

Referência	Tipo de Exercício	N	População	Dose de caféina	Efeito ergogênico
ALVES et al. (1995)	Ciclismo até exaustão (80% VO <sub>2max</sub> )	8 M	Treinados	10mg/kg	Não
BELL et al. (1998)	Ciclismo até exaustão (85% VO <sub>2max</sub> )	12 M	Ativos e saudáveis	5mg/kg	Não
BELL e McLELLAN (2003)	Ciclismo até exaustão (80% VO <sub>2max</sub> )	9 M	Ativos e saudáveis	2,5 e 5mg/kg	Sim
BERGLUND et al.(1982)	Corrida até exaustão (11,5 e 23,1km/h)	9 M 5 F	Treinados	6mg/kg	Sim
BUTTS e CROWELL (1985)	Ciclismo até exaustão (75% VO <sub>2max</sub> )	13 M 15 F	Ativos e saudáveis	300mg	Não
CADARETTE et al. (1983)	Corrida até exaustão (75% VO <sub>2max</sub> )	8 M 5 F	Ativos e saudáveis	4,4mg/kg	Sim
CASAL e LEON (1995)	Corrida 45min (75% VO <sub>2max</sub> )	9 M	Treinados	400mg	Sim
COHEN et al. (1996)	Corrida 21km	5 M 2 F	Treinados	5 e 9mg/kg	Não
COLE et al. (1996)	Ciclismo até exaustão (Escala Borg-15)	10 M	Ativos e saudáveis	6mg/kg	Sim
CONWAY et al. (2003)	Ciclismo até exaustão (80% VO <sub>2max</sub> )	9 M	Treinados	6mg/kg	Não

M = Masculino; F = Feminino.



**Tabela 2 - Efeito ergogênico da caféina sobre o desempenho físico em exercícios de média e longa duração**

(continuação)

Referência	Tipo de Exercício	N	População	Dose de caféina	Efeito ergogênico
COSTILL et al. (1978)	Ciclismo até exaustão (75% VO <sub>2max</sub> )	7 M 2 F	Treinados	330mg	Sim
COX et al. (2002)	Ciclismo 120min (70% VO <sub>2max</sub> )	12 M	Treinados	6mg/kg	Sim
DANIELS et al. (1998)	Ciclismo 55min (65% VO <sub>2max</sub> )	3 M 7 F	Treinados	6mg/kg	Não
DENADAI e DENADAI (1998)	Ciclismo 10% abaixo do limiar anaeróbio	8 M	Ativos e saudáveis	5mg/kg	Sim
ENGELS e HAYMES (1992)	Caminhada 60min (30% VO <sub>2max</sub> )	8 M	Ativos e saudáveis	5mg/kg	Sim
ENGELS et al. (1999)	Ciclismo 60min (30 e 50% VO <sub>2max</sub> )	7 M 1 F	Ativos e saudáveis	5mg/kg	Não
ESSIG et al. (1980)	Ciclismo 30min (65-75% VO <sub>2max</sub> )	7 M	Ativos e saudáveis	5mg/kg	Sim
FALK et al. (1989)	Ciclismo até exaustão após marcha de 40km (90% VO <sub>2max</sub> )	23 M	Treinados	5mg/kg	Não
FERRAUTI et al. (1997)	Partida de tênis (240min)	8 M 8 F	Treinados	5mg/kg	Sim
FISHER et al. (1986) (75% VO <sub>2max</sub> )	Corrida 60min	8 M	Ativos e saudáveis	5mg/kg	Sim
FLINN et al. (1990)	Ciclismo até exaustão (incremental 50W a cada 3min)	9 M	Treinados	10mg/kg	Sim
GAESSER e RICH (1985)	Ciclismo até exaustão (incremental 50W a cada 3min)	8 M	Ativos e saudáveis	5mg/kg	Não
GRAHAM e SPRIET (1991)	Corrida até exaustão (85% VO <sub>2max</sub> )	7 M	Treinados	9mg/kg	Sim
GRAHAM e SPRIET (1995)	Corrida até exaustão (85% VO <sub>2max</sub> )	6 M	Treinados	3 e 6mg/kg	Sim
GRAHAM et al. (1998)	Corrida até exaustão (85% VO <sub>2max</sub> )	9 M	Ativos e saudáveis	4mg/kg	Sim
GREER et al. (2000)	Ciclismo até exaustão (80% VO <sub>2max</sub> )	8 M	Ativos e saudáveis	6mg/kg	Sim

M = Masculino; F = Feminino.

**Tabela 2 - Efeito ergogênico da cafeína sobre o desempenho físico em exercícios de média e longa duração**

(continuação)

Referência	Tipo de Exercício	N	População	Dose de cafeína	Efeito ergogênico
HUNTER et al. (2002)	Ciclismo 100km	8 M	Treinados	6mg/kg	Não
IVY et al. (1979)	Ciclismo 120min (60% VO <sub>2max</sub> )	7 M 2 F	Treinados	250mg	Sim
KAMINSKY et al. (1998)	Caminhada/corrída até exaustão (30, 50 e 70% VO <sub>2max</sub> )	14 M	Ativos e saudáveis	330mg	Não
KOVACS et al. (1998)	Ciclismo 60min (75% VO <sub>2max</sub> )	15 M	Treinados	2,3 e 4,5mg/kg	Sim
MACINTOSHI e WRIGHT (1995)	Natação 1.500m (nado livre)	7 M 4 F	Ativos e saudáveis	6mg/kg	Sim
McNAUGHTON (1986)	Corrida até exaustão (70-75% VO <sub>2max</sub> )	12 M	Treinados	15mg/kg	Sim
MOTL et al. (2003)	Ciclismo 60min (60% VO <sub>2max</sub> )	16 M	Ativos e saudáveis	10mg/kg	Sim
PASMAN et al. (1995)	Ciclismo até exaustão (80% W <sub>max</sub> )	9 M	Treinados	5, 9 e 13mg/kg	Sim
PAULA FILHO e RODRIGUES (1985)	Ciclismo até exaustão (50 e 75% VO <sub>2max</sub> )	6 M	Ativos e saudáveis	500mg	Sim
POWERS et al. (1983)	Ciclismo até exaustão (incremental 30W a cada 3min)	7 M	Treinados	5mg/kg	Não
RODRIGUES et al. (1990)	Ciclismo até exaustão (incremental 300kg.m.min <sup>-1</sup> a cada 3min)	6 M	Treinados	5mg/kg	Não
RYU et al. (2001)	Ciclismo até exaustão (60 e 80% VO <sub>2max</sub> )	14 M	Treinados	5mg/kg	Sim
SASAKI et al. (1987a)	Corrida até exaustão (80% VO <sub>2max</sub> )	5 M	Treinados	300mg	Sim
SASAKI et al. (1987b)	Corrida até exaustão (62-67% VO <sub>2max</sub> )	7 M	Ativos e saudáveis	800mg	Não
SPRIET et al. (1992)	Ciclismo até exaustão (80% VO <sub>2max</sub> )	8 M	Treinados	9mg/kg	Sim
TARNOPOLSKY et al. (1989)	Corrida 90min (70% VO <sub>2max</sub> )	6 M	Treinados	6mg/kg	Não

M = Masculino; F = Feminino.

**Tabela 2 - Efeito ergogênico da cafeína sobre o desempenho físico em exercícios de média e longa duração**

(conclusão)

Referência	Tipo de Exercício	N	População	Dose de cafeína	Efeito ergogênico
TRICE e HAYMES (1995)	Ciclismo 120min (85-90% VO <sub>2max</sub> )	8 M	Treinados	5mg/kg	Sim
VAN BAAK e SARIS (2000)	Ciclismo até exaustão (incremental 50W a cada 2,5min)	15 M	Ativos e saudáveis	5mg/kg	Sim
VAN SOEREN et al. (1993)	Ciclismo 60min (50% VO <sub>2max</sub> )	14 M	Ativos e saudáveis	5mg/kg	Sim
VAN SOEREN e GRAHAM (1998)	Ciclismo até exaustão (85-90% VO <sub>2max</sub> )	6 M	Treinados	6mg/kg	Sim
VANAKOSKI et al. (1988)	Ciclismo 45min (80% VO <sub>2max</sub> )	7 M	Treinados	7mg/kg	Não
WEMPLE et al. (1997)	Ciclismo 180min (60 e 85% VO <sub>2max</sub> )	4 M 2 F	Treinados	8,7mg/kg	Não

M = Masculino; F = Feminino.

Pesquisas recentes têm indicado que a ação da cafeína nos estoques de glicogênio, parece ocorrer independentemente da ação da epinefrina (SINCLAIR; GEIGER, 2000). Assim sendo, o que tem sido observado, por alguns pesquisadores, é que a ação da cafeína parece estar diretamente relacionada à antagonização dos receptores de adenosina que, normalmente inibem a mobilização dos AGLs (DAVIS et al., 1989). Aparentemente, este fator poderia contribuir no aumento da oxidação da gordura muscular, reduzindo a oxidação de CHO e, dessa forma, melhorar o rendimento nos exercícios físicos prolongados, em consequência de uma redução na disponibilidade de CHO (GRAHAM; RUSH; VAN SOEREN, 1994), visto que a acentuada depleção de CHO tem sido apontada como um fator limitante para o desempenho físico (JEUKENDRUP; JENTJENS, 2000).

Entretanto, essa economia na utilização de CHO (glicogênio muscular) durante o exercício físico prolongado, em função da ingestão de cafeína, parece nem sempre ocorrer (LAURENT et al., 2000; RODRIGUES et al., 1990). Isso parece estar evidente principalmente quando as reservas de glicogênio muscular se encontram altas (LAURENT et al., 2000).

Recentemente, Graham et al. (2000) examinando o efeito da cafeína sobre o metabolismo dos AGLs e do CHO no músculo de humanos através de biópsia, evidenciaram uma possível ação direta da cafeína sobre o sistema nervoso simpático, entretanto, não foi constatada nenhuma alteração no metabolismo dos AGLs e CHO. Desse modo, sugere-se que outros tecidos estejam envolvidos na ação da cafeína, contribuindo para a melhora

no desempenho em exercícios de média e longa duração (GRAHAM et al., 2000; GREER; FRIARS; GRAHAM, 2000).

Os recentes achados citados anteriormente vêm contribuir para uma indefinição ainda maior em relação as hipóteses da ação da cafeína sobre o metabolismo das gorduras e do CHO, sugerindo a necessidade de novas pesquisas, no sentido de esclarecer a verdadeira ação desta substância sobre o metabolismo aeróbio.

Em um estudo de revisão, Altimari et al. (2000) observaram que a cafeína pode promover uma melhora na eficiência metabólica dos sistemas energéticos durante o esforço físico de média e longa duração, contribuindo para melhora do desempenho físico. Os resultados encontrados a partir desta revisão demonstraram que 75% dos trabalhos revisados apresentaram efeito ergogênico. Esses mesmos autores observaram que as concentrações de cafeína utilizadas nestes estudos, variaram entre 3 e 10mg/kg de peso corporal, sendo as dosagens de 4, 5 e 6mg/kg de peso corporal as mais utilizadas (64%), com eficiência ergogênica de 80%, 75% e 80% para cada dose, respectivamente. Esses achados são confirmados por outros trabalhos que apontam a cafeína como um eficiente agente ergogênico em exercícios físicos de média e longa duração (BRAGA; ALVES, 2000; GRAHAM, 2001a; JUHN, 2002; JUHN, 2003).

Vale destacar que a tolerância à cafeína (habituação ou não à cafeína) pode influenciar a análise dos resultados apresentados pelos diversos estudos disponíveis na literatura (ALTIMARI et al., 2000). Essa habituação tem demonstrado ser de grande relevância quando da utilização desta substância, como meio de melhorar o desempenho físico. A habituação é atingida a partir da uma ingestão diária superior a 100mg, ou seja, o correspondente a aproximadamente 2 xícaras de café (ALTIMARI et al., 2001). Essa quantidade, ingerida diariamente, pode neutralizar as respostas metabólicas desencadeadas pela ingestão de cafeína. Recentes estudos sugerem que o uso crônico (diário) desta substância pode agir de forma decisiva nas alterações do metabolismo da cafeína e na resposta da epinefrina durante o exercício (GRAHAM; RUSH; VAN SOEREN, 1994).

Os possíveis mecanismos que têm resultado em alterações metabólicas pelo consumo crônico de cafeína, parecem estar relacionados com a auto-regulação de receptores  $\beta$ -adrenergéticos, alterações na fixação-tradução, mediadas por receptores, ou inibição da fosfodiesterase (GRAHAM, 2001b; GRAHAM; RUSH; VAN SOEREN, 1994). Segundo Fisher et al. (1986), indivíduos habituados ao uso de cafeína, após interromperem o uso, exibem alterações significantes no metabolismo e melhora no desempenho físico após ingestão aguda de cafeína. Tais modificações não têm sido observadas em indivíduos habituados e, que mantêm ininterruptamente o uso de cafeína.

A utilização da cafeína tem gerado uma série de dúvidas acerca de sua possível ação diurética, uma vez que acarretaria aumento no volume de urina, e, portanto, uma maior perda hídrica, o que poderia afetar negativamente o desempenho físico, particularmente nos esforços de longa duração. Entretanto, o suposto efeito diurético

provocado pelo uso dessa substância não tem sido confirmado na prática (ALTIMARI et al., 2000; ARMSTRONG, 2002). Alguns estudos têm demonstrado que a ingestão de pequenas doses de cafeína antes de exercícios físicos prolongados não parece afetar negativamente o desempenho físico nesses esforços, visto que o comprometimento do estado de hidratação corporal, parece estar relacionado somente ao emprego de megadoses desta substância (ARMSTRONG, 2002; REHRER, 2001; WEMPLE; LAMB; BRONSTEIN, 1994; WEMPLE; LAMB; MCKEEVER, 1997).

A ingestão de altas doses de cafeína (~10-15mg/kg de peso corporal) não são recomendadas, pois podem causar efeitos colaterais, principalmente em pessoas suscetíveis e que utilizam esta substância em excesso (CLARKSON, 1993; FERDHOLM, 1985; SINCLAIR; GEIGER, 2000). A cafeína pode prejudicar a estabilidade de membros superiores, induzindo-os a trepidez e tremor, resultantes da tensão muscular crônica (CLARKSON, 1993; SPRIET, 1995), e ainda induzir a insônia, nervosismo, irritabilidade, ansiedade, náuseas e desconforto gastrointestinal (JACOBSON; KULLING, 1989; STEPHENSON, 1977). Todas as possibilidades citadas, anteriormente, devem ser consideradas quando da utilização desta substância por parte dos atletas, pois tais ocorrências poderão comprometer o desempenho físico (ALTIMARI et al., 2001).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os achados apontam a cafeína como um eficiente agente ergogênico em exercícios físicos aeróbios de média e longa duração. O efeito ergogênico da cafeína sobre o desempenho físico tem sido demonstrado após a ingestão aguda de doses de cafeína entre 3 e 6mg/kg de peso corporal. Contudo, ainda não parece estar claro quais os mecanismos de ação da cafeína estariam envolvidos na melhoria do desempenho físico em exercícios aeróbios, uma vez que estudos recentes têm apresentado resultados conflitantes quanto às hipóteses até aqui sustentadas, o que sugere a realização de novas pesquisas no sentido de esclarecer a verdadeira ação desta substância sobre o metabolismo aeróbio.

Com relação ao suposto efeito diurético provocado pelo uso da cafeína, nada tem sido confirmado na prática. Ao que parece, o comprometimento do estado de hidratação corporal parece estar relacionado somente ao emprego de megadoses desta substância.

As evidências do efeito ergogênico da cafeína sobre o desempenho físico em exercícios de média e longa duração, associado à recente retirada da cafeína da lista de substâncias proibidas pela WADA, possivelmente implicará em um aumento considerável no uso desta substância por parte dos atletas. Assim, são necessários alguns cuidados quando da utilização desta substância, uma vez que a ingestão desorientada pode contribuir para o aparecimento de efeitos colaterais que poderão comprometer o desempenho físico.

## REFERÊNCIAS/REFERENCES

- ALTIMARI, L. R.; CYRINO, E. S.; ZUCAS, S. M.; BURINI, R. C. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico. *Paul J. Phys. Educ.*, v. 14, p. 141-158, 2000.
- ALTIMARI, L. R.; CYRINO, E. S.; ZUCAS, S. M.; OKANO, A. H.; BURINI, R. C. Cafeína: ergogênico nutricional no esporte. *Braz. J. Sci. Mov.*, v. 9, p. 57-64, 2001.
- ALTIMARI, L. R.; MELO, J. C.; TRINDADE, M. C. C.; TIRAPEGUI, J. O.; CYRINO, E. S. Efeito ergogênico da cafeína na performance em exercícios de média e longa duração. *Portug. J. Sport, Sci.*, v. 5, p. 87-101, 2005.
- ALVES, M. N.; FERRARI-AUAREK, W. M.; PINTO, K. M. C.; SÁ, K. R.; VIVEIROS, J. P.; PEREIRA, H. A. A.; RIBEIRO, A. M.; RODRIGUES, L. O. C. Effects of caffeine on tryptophan on rectal temperature, metabolism, total exercise time, rate of perceived exertion and heart rate. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, v. 28, p. 705-709, 1995.
- APPLEGATE, E. Effective nutritional ergogenic aids. *Int. J. Sports Nutr.*, v. 9, p. 229-239, 1999.
- ARMSTRONG, L. E. Caffeine, body fluid-electrolyte balance, and exercise performance. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, v. 12, p. 189-206, 2002.
- BELL, D. G.; JACOBS, I.; ZAMECNIK, J. Effects of caffeine, efedrine and their combination on time to exhaustion during high-intensity exercise. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, v. 77, p. 427-433, 1998.
- BELL, D. G.; McLELLAN, T. M. Effect of repeated caffeine ingestion on repeated exhaustive exercise endurance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 35, p. 1348-1354, 2003.
- BELLET, S.; KERSHBAUM, A.; FINK, E. M. Response of free fatty acids to coffee and caffeine. *Metabolism*, v. 17, p. 702-707, 1968.
- BERGLUND, B.; HEMMINGSSON, P. Effects of caffeine ingestion on exercise performance at low and high altitudes in cross-country skiers. *Int. J. Sports Med.*, v. 3, p. 234-236, 1982.
- BRAGA, L. C.; ALVES, M. P. A Cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de endurance. *Braz. J. Sci. Mov.*, v. 8, p. 33-37, 2000.
- BUCCI, L. R. Selected herbals and human exercise performance. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 72, p. 624S-636S, 2000.
- BUTTS, N. K.; CROWELL, D. Effect of caffeine ingestion on cardiorespiratory endurance in men and women. *Res. Q. Exerc. Sport*, v. 56, p. 301-305, 1985.
- CADARETTE, B.; LEVINE, L.; BERUBE, C.; POSNERB, B.; EVANS, W. Effects of varied dosages of caffeine on endurance exercise to fatigue. In: KNUTTGEN, H. G.; VOGEL, J.; POORTMANS, J. (Ed.). *Biochemistry of exercise*. Champaign: Human Kinetics, 1983. p. 871-876.
- CASAL, D. C.; LEON, A. S. Failure of caffeine to affect substrate utilization during prolonged running. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 17, p. 174-179, 1985.
- CLARKSON, P. M. Nutritional ergogenic aids: caffeine. *Int. J. Sports Nutr.*, v. 3, p. 103-111, 1993.
- COHEN, B. S.; NELSON, A. G.; PREVOST, M. C.; THOMPSON, G. D.; MARX, B. D.; MORRIS, G. S. Effects of caffeine ingestion on endurance racing in heat and humidity. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, v. 73, p. 358-363, 1996.
- COLE, K. J.; COSTILL, D. L.; STARLING, R. D.; GOODPASTER, B. H.; TRAPPE, S. W.; FINK, W. J. Effects of caffeine ingestion on perception of effort and subsequent work production. *Int. J. Sports Nutr.*, v. 6, p. 14-23, 1996.
- CONWAY, K. J.; ORR, R.; STANNARD, S. R. Effect of a divided caffeine dose on endurance cycling performance, postexercise urinary caffeine concentration, and plasma paraxanthine. *J. Appl. Physiol.*, v. 94, p. 1557-1562, 2003.

COSTILL, D. L.; DALSKY, G.; FINK, W. Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 10, p. 155-158, 1978.

COX, G. R.; DESBROW, B.; MONTGOMERY, P. G.; ANDERSON, M. E.; BRUCE, C. R.; MACRIDES, T. A.; MARTIN, D. T.; MOQUIN, A.; ROBERTS, A.; HAWLEY, J. A.; BURKE, L. M. Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *J. Appl. Physiol.*, v. 93, p. 990-999, 2002.

COYLE, E. F. Fluid and fuel intake during exercise. *J. Sports Sci.*, v.22, p. 39-55, 2004.

DANIELS, J. W.; MOLÉ, P. A.; SHAFFRATH, J. D.; STEBBINS, C. L. Effects of caffeine on blood pressure, heart rate, and forearm blood flow during dynamic leg exercise. *J. Appl. Physiol.*, v. 85, p. 154-159, 1998.

DAVIS, J. M.; BAILEY, S. P. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 29, p. 45-57, 1997.

DAVIS, J. M.; ZHAO, Z.; STOCK, H. S.; MEHL, K. A.; BUGGY, J.; HAND, G. A. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, v. 284, p. 399-404, 2003.

DENADAI, B. S.; DENADAI, M. L. Effects of caffeine on time to exhaustion in exercise performance below and above the anaerobic threshold. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, v. 31, p. 581-585, 1998.

DUTHEL, J. M.; VALLON, J. J.; MARTIN, G.; FERRET, J. M.; MATHIEU, R.; VIDEMAN, R. Caffeine and sport: role of physical exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 23, p. 980-985, 1991.

ENGELS, H. J.; HAYMES, E. M. Caffeine ingestion on metabolic responses to prolonged walking in sedentary males. *Int. J. Sports Nutr.*, v. 2, p. 386-396, 1992.

ENGELS, H. J.; WIRTH, J. C.; CELIK, S.; DORSEY, J. L. Influence of caffeine on metabolic and cardiovascular functions during sustained light intensity cycling and at rest. *Int. J. Sports Nutr.*, v. 9, p. 361-370, 1999.

ESSIG, D. A.; COSTILL, D. L.; VAN HANDEL, P. J. Effects of caffeine ingestion on utilization of muscle glycogen and lipid during leg ergometer cycling. *Int. J. Sports Med.*, v. 1, p. 86-90, 1980.

FALK, B.; BURSTEIN, R.; ASHKENAZI, I.; SPILBERG, O.; ALTER, J.; ZYLBER-KATZ, E.; RUBINSTEIN, A.; BASHAN, N.; SHAPIRO, Y. The effect of caffeine ingestion on physical performance after prolonged exercise. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, v. 59, p. 168-173, 1989.

FERDHOLM, B. B. On the mechanism of action of theophylline and caffeine. *Acta. Med. Scand.*, v. 217, p. 149-153, 1985.

FERRAUTI, A.; WEBER, K.; STRUDER, H. K. Metabolic and ergogenic effects of carbohydrate and caffeine. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, v. 37, p. 258-266, 1997 .

FILLMORE, C. M.; BARTOLI, L.; BACH, R.; PARK, Y. Nutrition and dietary supplements. *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.*, v. 10, p. 673-703, 1999.

FISHER, S. M.; MCMURRAY, R. G.; BERRY, M.; MAR, M. H.; FORSYTHE, W. A. Influence of caffeine on exercise performance in habitual caffeine users. *Int. J. Sports Med.*, v. 7, p. 276-280, 1986.

FLINN, S.; GREGORY, J.; MCNAUGHTON, L. R.; TRISTRAM, S.; DAVIES, P. Caffeine ingestion prior to incremental cycling to exhaustion in recreational cyclists. *Int. J. Sports Med.*, v. 11, p. 188-193, 1990.

GAESSER, G. A.; RICH, R. G. Influence of caffeine on blood lactate response during incremental exercise. *Int. J. Sports Med.*, v. 6, p. 207-211, 1985.



- GEORGE, A. J. Central nervous system stimulants. *Baillieres Best Pract. Res. Clin. Endocrinol Metab.*, v. 14, p. 79-88, 2000.
- GOABDUFF, T.; DREANO, Y.; GUILOIS, B.; MENEZ, J. F.; BERTHOU, F. Induction of liver and kidney CYP 1A1/1A2 by caffeine in rat. *Biochem. Pharmacol.*, v. 52, p. 1915-1919, 1996.
- GRAHAM, T. E. Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. *Sports Med.*, v. 31, p. 785-807, 2001a.
- GRAHAM, T. E. Caffeine, coffee and ephedrine: impact on exercise performance and metabolism. *Can. J. Appl. Physiol.*, v. 26, p. 103S-119S, 2001b.
- GRAHAM, T. E.; HELGE, J. W.; MACLEAN, D. A.; KIENS, B.; RICHTER, E. A. Caffeine ingestion does not alter carbohydrate or fat metabolism in human skeletal muscle during exercise. *J. Physiol.*, v. 15, p. 837-847, 2000.
- GRAHAM, T. E.; HIBBERT, E.; SATHASIVAM, P. Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. *J. Appl. Physiol.*, v. 85, p. 883-889, 1998.
- GRAHAM, T. E.; RUSH, J. W.; VAN SOEREN, M. H. Caffeine and exercise: metabolism and performance. *Can. J. Appl. Physiol.*, v. 19, p. 111-138, 1994.
- GRAHAM, T. E.; SPRIET, L. L. Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. *J. Appl. Physiol.*, v. 71, p. 2292-2298, 1991.
- GRAHAM, T. E.; SPRIET, L. L. Metabolic, catecholamine and exercise performance responses to varying doses of caffeine. *J. Appl. Physiol.*, v. 78, p. 867-874, 1995.
- GREER, F.; FRIARS, D.; GRAHAM, T. E. Comparison of caffeine and theophylline ingestion: exercise metabolism and endurance. *J. Appl. Physiol.*, v. 89, p. 1837-1844, 2000.
- HUNTER, A. M.; ST CLAIR GIBSON, A.; COLLINS, M.; LAMBERT, M.; NOAKES, T. D. Caffeine ingestion does not alter performance during a 100-km cycling time-trial performance. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, v. 12, p. 438-452, 2002.
- ISSEKUTZ, B. J. R. Effect of beta-adrenergic blockade on lactate turnover in exercising dogs. *J. Appl. Physiol.*, v. 57, p. 1754-1759, 1984.
- IVY, J. L.; COSTILL, D. L.; FINK, W. J.; LOWER, R. W. Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 11, p. 6-11, 1979.
- JACOBSON, B. H.; KULLING, F. A. Health and ergogenic effects of caffeine. *Br. J. Sports Med.*, v. 23, p. 34-40, 1989.
- JEUKENDRUP, A. E.; JENTJENS, R. Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise. *Sports Med.*, v. 29, p. 407-426, 2000.
- JEUKENDRUP, A. E.; MARTIN, J. Improving cycling performance: how should we spend our time and money. *Sports Med.*, v. 31, p. 559-569, 2001.
- JUHN, M. S. Ergogenic aids in aerobic activity. *Curr. Sports Med. Rep.*, v. 1, p. 233-238, 2002.
- JUHN, M. S. Popular sports supplements and ergogenic aids. *Sports Med.*, v. 33, p. 921-939, 2003.
- KALOW, W.; TANG, B. The use of caffeine for enzymatic assays: A critical appraisal. *Clin. Pharmacol. Ther.*, v. 53, p. 503-514, 1993.
- KAMINSKY, L. A.; MARTIN, C. A.; WHALEY, M. H. Caffeine consumption habits do not influence the exercise blood pressure response following caffeine ingestion. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, v. 38, p. 53-58, 1998.
- KOVACS, E. M.; STEGEN, J. H. C. H.; BROUNS, F. Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. *J. Appl. Physiol.*, v. 85, p. 709-715, 1998.



- 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. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, v. 85, p. 2167-2169, 2000.
- LOPES, J. M.; AUBIER, M.; JARDIM, J.; ARANDA, J. V.; MACKLEM, P. T. Effect of caffeine on skeletal muscle function before and after fatigue. *J. Appl. Physiol.*, v. 54, p. 1303-1305, 1983.
- MACINTOSHI, B. R.; WRIGHT, B. M. Caffeine ingestion and performance of a 1.500 meter swim. *Can. J. Appl. Physiol.*, v. 20, p. 168-177, 1995.
- MAUGHAN, R. J. Nutritional ergogenic aids and exercise performance. *Nutr. Res. Rev.*, v. 12, p. 255-280, 1999.
- MAUGHAN, R. The athlete's diet: nutritional goals and dietary strategies. *Proc. Nutr. Soc.*, v. 61, p. 87-96, 2002.
- McNAUGHTON, L. R. The influence of caffeine ingestion on incremental treadmill running. *Br. J. Sports Med.*, v. 20, p. 109-112, 1986.
- MOTL, R. W.; O'CONNOR, P. J.; DISHMAN, R. K. Effect of caffeine on perceptions of leg muscle pain during moderate intensity cycling exercise. *J. Pain.*, v. 4, p. 316-321, 2003.
- PAGALA, M. K.; TAYLOR, S. R. Imaging caffeine induced Ca<sup>2+</sup> transients in individual fast-twitch and slow-twitch rat skeletal muscle fibers. *Am. J. Physiol.*, v. 274, p. 623-632, 1998.
- PALUSKA, S. A. Caffeine and exercise. *Curr. Sports Med. Rep.*, v. 2, p. 213-219, 2003.
- PASMAN, W. J.; VAN BAAK, M. A.; JEUKENDRUP, A. E.; DE HAAN, A. The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. *Int. J. Sports Med.*, v. 16, p. 225-230, 1995.
- PAULA FILHO, U.; RODRIGUES, L. O. C. Estudo do efeito da cafeína em diferentes níveis de exercício. *Braz. J. Sci. Sports*, v. 6, p. 139-146, 1985.
- PINTO, S.; TARNOPOLSKY, M. Neuromuscular effects of caffeine in males and females. *Can. J. Appl. Physiol.*, v. 22, p. S48, 1997. Supplement.
- PIPE, A.; AYOTTE, C. Nutritional supplements and doping. *Clin. J. Sport Med.*, v. 12, p. 245-249, 2002.
- POWERS, S. K.; BYRD, R. J.; TULLEY, R.; CALLENDER, T. Effects of caffeine ingestion on metabolism and performance during graded exercise. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, v. 50, p. 301-307, 1983.
- RACHIMA-MAOZ, C.; PELEG, E.; ROSENTHAL, T. The effects of caffeine on ambulatory blood pressure in hypertensive patients. *Am. J. Hypertens*, v. 11, p. 1426-1432, 1998.
- REHRER, N. J. Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Med.*, v. 31, p. 701-715, 2001.
- RODRIGUES, L. O.; RUSSO, A. K.; SILVA, A. C.; PICARRO, I. C.; SILVA, F. R.; ZOGAIB, P. S.; SOARES, D. D. Effects of caffeine on the rate of perceived exertion. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, v. 23, p. 965-968, 1990.
- ROGERS, C. C. Caffeine. *Sports Med.*, v. 13, p. 38-40, 1985.
- ROY, B.; TARNOPOLSKY, M.; MACDOUGALL, J. D.; HICKS, A. Caffeine and neuromuscular fatigue in endurance athletes. *Can. J. Appl. Physiol.*, v. 19, p. S41, 1994. Supplement.
- RYU, S.; CHOI, S. K.; JOUNG, S. S.; SUH, H.; CHA, Y. S.; LEE, S.; LIM, K. Caffeine as a lipolytic food component increases endurance performance in rats and athletes. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, v. 47, p. 139-146, 2001.
- SLAVIN, N.; JOENSEN, H. K. Caffeine and Sport Performance. *Phys. Sports Med.*, v. 13, p. 191-193, 1995.
- SASAKI, H.; MAEDA, J.; USUI, S.; ISHIKO, T. Effect of caffeine ingestion on performance of prolonged strenuous running. *Int. J. Sports Med.*, v. 8, p. 261-265, 1987a.

- SASAKI, H.; TAKAOKA, I.; ISHIKO, I. Effect of sucrose or caffeine ingestion on running performance and biochemical responses to of endurance running. *Int. J. Sports Med.*, v. 8, p. 203-207, 1987b.
- SINCLAIR, C. J. D.; GEIGER, J. D. Caffeine use in sport: a pharmacological review. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, v. 40, p. 71-79, 2000.
- SPRIET, L. L. Caffeine and performance. *Int. J. Sports Nutr.*, v. 5, p. 84-99, 1995.
- SPRIET, L. L.; GIBALA, M. J. Nutritional strategies to influence adaptations to training. *Sports Sci.*, 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. *Am. J. Physiol.*, v. 262, p. E891-898, 1992.
- STEPHENSON, P. E. Physiologic and psychotropic effects of caffeine on man. *J. Am. Diet Assoc.*, v. 71, p. 240-247, 1977.
- TARNOPOLSKY, M. A. Caffeine and endurance performance. *Sports Med.*, v. 18, p. 109-125, 1994.
- TARNOPOLSKY, M. A.; ATKINSON, S. A.; MACDOUGALL, J. D.; SALE, D. G.; SUTTON, J. R. Physiological responses to caffeine during endurance running in habitual caffeine users. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 21, p. 418-424, 1989.
- TRICE, I.; HAYMES, E. M. Effects of caffeine ingestion on exercise induced changes during high-intensity, intermittent exercise. *Int. J. Sports Nutr.*, v. 5, p. 37-44, 1995.
- TRICE, I.; JHONES, W. Y. Effects of caffeine ingestion on exercise-induced changes during high-intensity. *Int. J. Sport Nutr.*, v. 5, p. 39-45, 1997.
- VAN BAAK, M. A.; SARIS, W. H. M. The effect of caffeine on endurance performance after nonselective b-adrenergic blockade. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 32, p. 499-503, 2000.
- VAN NIEUWENHOVEN, M. A.; BRUMMER, R. J. M.; BROUNS, F. Gastrointestinal function during exercise: comparison of water, sport drink, and sports drink with caffeine. *J. Appl. Physiol.*, v. 89, p. 1079-1085, 2000.
- VAN SOEREN, M. H.; GRAHAM, T. E. Effects on metabolism, exercise endurance and catecholamine responses after withdrawal. *J. Appl. Physiol.*, v. 85, p. 1493-1501, 1998.
- VAN SOEREN, M. H.; SATHASIVAM, P.; SPRIET, L. L.; GRAHAM, T. E. Caffeine metabolism and epinephrine responses during exercise in users and non-users. *J. Appl. Physiol.*, v. 75, p. 805-812, 1993.
- VANAKOSKI, J.; KOSUNEN, V.; MERIRINNE, E.; SEPPALA, T. Creatine and caffeine in anaerobic and aerobic exercise: effects on physical performance and pharmacokinetic considerations. *Int. J. Clin. Pharmacol. Ther.*, v. 36, p. 258-262, 1998.
- WORLD ANTI DOPING AGENCY. The 2004 prohibited list international standard. Disponível em: <<http://www.wada-ama.org/en/t1.asp>>. Acesso em: 26 mar. 2004.
- WANG, Y.; LAU, C. E. Caffeine has similar pharmacokinetics and behavioral effects via the i.p. and p.o. routes of administration. *Pharmacol. Biochem. Behav.*, v. 60, p. 271-278, 1998.
- WEMPLE, R. D.; LAMB, D. R.; BRONSTEIN, A. C. Caffeine ingested in a fluid replacement beverage during prolonged exercise does not cause diuresis. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 26, p. S204, 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. *Int. J. Sports Med.*, v. 18, p. 40-46, 1997.
- YAMADA, Y.; NAKAZATO, Y.; OHGA, A. The mode of action of caffeine on catecholamine release from perfused adrenal glands of cat. *Br. J. Pharmacol.*, v. 98, p. 351-356, 1989.

Recebido para publicação em 19/07/04.

Aprovado em 15/12/05.