

Efeitos da cafeína na percepção do esforço, temperatura, peso corporal e frequência cardíaca de ciclistas sob condições de stress térmico

Effects of caffeine on perception of effort, temperature, body weight and heart rate in cyclists upon thermal stress

FERREIRA, G.M.H.; GUERRA, G.C.B.; GUERRA, R.O. Efeitos da cafeína na percepção do esforço, temperatura, peso corporal e frequência cardíaca de ciclistas sob condições de stress térmico. **R. bras. Ci e Mov.** 2006; 14(1): 33-40.

RESUMO - Acredita-se que a cafeína possua mecanismos de ação central e periférica, que podem desencadear importantes alterações metabólicas e fisiológicas, resultando na melhoria do desempenho atlético e na diminuição da sensação de fadiga. Por outro lado, algumas pesquisas já mostraram que a performance pode ser comprometida em condições ambientais de alto calor e umidade e, embora numerosos estudos já tenham avaliado o efeito desta metilxantina durante o exercício, poucos estudos enfocaram a ação concomitante da cafeína, exercício e o stress térmico sendo raros os experimentos realizados em condições reais de competição. Este estudo duplo-cego e randomizado teve por objetivo verificar a ação da cafeína em oito ciclistas bem treinados sobre a taxa de esforço percebido (RPE) a temperatura timpânica (Tt), o peso corporal (PC) e a frequência cardíaca (FC) com a ingestão de doses de 5 e 9 mg/kg de cafeína e placebo, em 3 provas de 45 km em condições de alto risco térmico. Os resultados não mostraram diferenças significativas entre as variáveis estudadas, entretanto a RPE foi menor com as doses de 9 mg/kg e 5 mg/kg que com placebo. Esta pesquisa indica que as condições de calor e umidade podem ser suficientes para mascarar o benefício ergogênico da cafeína, entretanto deve-se considerar, pela tendência dos dados, que a cafeína exerce alguma influência sobre a percepção subjetiva de esforço do atleta podendo levar à redução dos sinais de fadiga durante o exercício.

PALAVRAS-CHAVE: RPE, agentes ergogênicos, performance, calor e umidade.

FERREIRA, G.M.H.; GUERRA, G.C.B.; GUERRA, R.O. Effects of caffeine on perception of effort, temperature, body weight and heart rate in cyclists upon thermal stress. **R. bras. Ci e Mov.** 2006; 14(1): 33-40.

ABSTRACT - It is believed that caffeine possesses peripheral and central action mechanisms which may trigger metabolic and physiologic changes, resulting in enhanced athletic performance and reduced sensation of fatigue. On the other hand, some studies have shown that performance may be compromised in environmental conditions of extreme heat and high humidity. The purpose of this double-blind, random study is to verify the action of caffeine in eight highly-trained cyclists on the rate of perceived exertion (RPE) at tympanic temperature (Tt), on body weight (BW) and heart rate (HR) with the ingestion of doses of 5 and 9 mg/kg of caffeine and placebo, in three 45km time trials under high thermal risk conditions. The results do not show differences between the study variables, however RPE was lower with doses of 9mg/kg and 5 mg/kg than with the placebo. This research indicate that heat and humidity may be sufficient to mask the ergogenic benefit of caffeine, however it must be considered, for the data tendency, that caffeine has some effect on subjective perceived exertion, possibly leading to reduced signs of fatigue during exercise.

KEYWORDS: RPE, ergogenic aids, performance, heat and humidity.

Gardênia Maria Holanda Ferreira¹

Gerlane Coelho Bernardo Guerra²

Ricardo Oliveira Guerra³

¹ Grupo de Pesquisa Movimento e Saúde. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da UFRN.

² Departamento de Biofísica e Farmacologia da UFRN.

³ Grupo de Pesquisa Movimento e Saúde. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da UFRN.

Recebimento: 28/02/2005
Aceite: 12/10/2005

Introdução

A utilização de algumas substâncias com potencial ergogênico tem se mostrado eficiente por protelar o aparecimento da fadiga e aumentar o poder contrátil do músculo esquelético e/ou cardíaco, otimizando o desempenho físico¹.

A cafeína é um alcalóide pertencente ao grupo das metilxantinas (1,3,7-trimetilxantina). É uma substância lipossolúvel absorvida de modo rápido e eficiente, através do trato gastrointestinal, com 100% de biodisponibilidade, atingindo um pico de concentração plasmática entre 30 e 120 minutos. O Comitê Olímpico Internacional (COI) classifica a cafeína como uma droga restrita, positiva em concentrações de $\geq 12 \mu\text{g/ml}$ na urina².

Acredita-se que a cafeína possua mecanismos de ação central e periférica que podem desencadear importantes alterações metabólicas e fisiológicas, resultando na melhoria do desempenho atlético³. Em geral, seus efeitos sobre o organismo se traduzem em aumentar o estado de alerta e diminuir a sensação de fadiga, podendo aumentar a capacidade para realizar determinadas tarefas¹.

Muitos mecanismos têm sido propostos para explicar os efeitos ergogênicos da cafeína. Três hipóteses têm gerado mais discussão e investigação: a mobilização intracelular de cálcio; o aumento das catecolaminas e economia de glicogênio; e o antagonismo dos receptores de adenosina².

O potencial ergogênico da cafeína vem sendo testado em diferentes estudos e embora os resultados encontrados sejam promissores, ainda existem muitas controvérsias. Afinal este tipo de estudo é complexo, uma vez que os efeitos da cafeína podem variar dependendo do tipo, intensidade e duração do exercício investigado; do nível de aptidão física, da habituação ou não à cafeína, do estado nutricional, da associação da cafeína com outras substâncias, das variações de resposta individuais e especialmente às diferentes dosagens de cafeína empregadas e às condições ambientais onde são realizados estes estudos⁴.

Nos estudos realizados na área de fisiologia esportiva foram encontrados resultados diversos da ação ergogênica da cafeína em exercícios de longa duração, geralmente

observados em condições de laboratório. A resistência em exercícios prolongados após a ingestão de cafeína tem sido examinada em situações onde a fadiga ocorre entre 30 e 60 minutos e embora a maior parte dos estudos demonstre a ação ergogênica da cafeína nestas situações³, em alguns estudos, pouco ou nenhum efeito foi encontrado⁵.

Alguns estudos já mostraram que a performance pode ser comprometida em condições ambientais de alto calor e umidade. Comparado ao exercício em condições térmicas amenas, o exercício realizado sob estresse do calor e da umidade aumenta substancialmente as demandas fisiológicas e metabólicas, aumentando a sudorese que pode levar à desidratação se não houver reposição de líquidos^{6,7}.

A escala de Borg⁸, tem sido utilizada em muitas pesquisas para avaliar a correlação entre a ingestão de cafeína e a percepção subjetiva do esforço⁹⁻¹² e embora numerosos estudos já tenham avaliado o efeito desta metilxantina no metabolismo durante o exercício, apenas alguns pesquisadores enfocaram a ação concomitante da cafeína, exercício e o stress térmico^{5,13,14}. São raros os experimentos realizados em condições reais de competição⁵.

Este estudo teve por objetivo verificar a ação da cafeína sobre a taxa de esforço percebido (RPE) e correlacionar a temperatura timpânica (Tt), o peso corporal (PC) e a frequência cardíaca (FC) com a ingestão de doses de 5 e 9 mg/kg de cafeína e placebo durante provas ciclisticas em condições de calor e umidade.

Metodologia

Amostra

Oito membros da Federação Norte-Riograndense de Ciclismo do sexo masculino, categorizados como bem treinados, aclimatizados e não-usuários de cafeína, foram os sujeitos deste estudo (Tabela 1).

Os procedimentos e os potenciais riscos do estudo foram explicitados verbalmente e por escrito a cada atleta antes da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRN.

Tabela 1. Características Físicas dos sujeitos do estudo (n = 8).

Características físicas	Média ± DP
Peso (kg)	65,2 ±8,5
Altura (m)	1,69 ±0,1
Idade (anos)	23,9 ±8,6
VO _{2max} (mL·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	79,44 ±9,9
FC máx (bpm)	197 ±7,9

Protocolo Pré- experimental

Todos os atletas realizaram teste ergométrico para determinação da VO_{2 max} em esteira de acordo com o protocolo de Bruce, um mês antes do início das provas. Três dias antes de cada prova, foram realizadas reuniões com os atletas, para ratificação dos procedimentos, ocasião em que eram entregues fichas para o registro da dieta ingerida em todas as refeições até o momento das provas. Foram realizadas também reuniões com os voluntários envolvidos na coleta de dados para explicação do estudo e dos procedimentos de coleta e acondicionamento do material coletado.

Protocolo experimental

O estudo constou de três provas ciclísticas de 45 km, com intervalo de sete dias. As provas foram realizadas no período do verão, na cidade do Natal no Nordeste do Brasil, em condições climáticas que não excediam o calor máximo recomendado ¹⁵.

Para simular uma prova ciclística típica e estimular o esforço máximo, os sujeitos foram informados que haveria premiação baseada no rendimento individual. A largada de cada atleta nas provas ocorreu com intervalo de 1 minuto para evitar o efeito do vácuo. Todos os atletas receberam motivação psicológica durante todas as provas. O fato de o estudo ser duplo-cego remove qualquer viés relacionado ao encorajamento oferecido.

Os ciclistas podiam ingerir água *ad libitum* a cada 5 km. Os atletas foram orientados a manter suas condições de treinamento durante o experimento abstendo-se do exercício três dias antes das provas. Foram registrados pelo atleta os alimentos ingeridos nos 3 dias anteriores a cada prova, sendo solicitado que a dieta fosse habitual, entretanto sem cafeína neste período. Nenhum dos atletas fazia uso de medicamentos no período do experimento.

Uma hora antes de cada uma das provas foram administradas, em ordem aleatória, cápsulas de gelatina contendo placebo (amido), 5 ou 9 mg/kg de cafeína. As cápsulas foram ingeridas com 200 ml de água e em seguida, os atletas descansaram por uma hora antes do início da prova. A taxa de esforço percebido (RPE) foi avaliada ao final de cada prova através da escala de 20 pontos de Borg (Borg 1982). A frequência cardíaca (FC) foi verificada através do oxímetro AGA modelo 1000 em quatro ocasiões: antes da ingestão da cafeína, 1 hora após a ingestão da cafeína, imediatamente após a prova e 50 minutos após o final das provas. O peso corporal foi aferido através da balança digital Soehnle com capacidade para 200 kg, antes (após a ingestão das cápsulas) e imediatamente após cada prova. O cálculo da perda do peso corporal foi corrigido pela ingestão de água durante as provas: peso corrigido = peso inicial - volume ingerido (PC=PI-VI).

A temperatura timpânica foi registrada por termômetro digital de medição timpânica Pro-Check antes e imediatamente depois de cada prova. A temperatura ambiente e a temperatura do bulbo úmido (WBGT) foram mensuradas através do psicrômetro R. Fuess, no início e ao final das provas. O cálculo da umidade atmosférica foi realizado através da tabela psicométrica da Organização Mundial de Meteorologia (WMO).

Análise Estatística

Os dados estão apresentados como médias ± DP. A análise estatística foi realizada através do programa Statistica software for Windows (versão 5.0). Foi utilizado o teste de análise de variância (ANOVA one-way) para comparar o efeito das doses de cafeína e placebo com a RPE. O teste de análise de medidas repetidas (ANOVA two-way) foi usado para comparar o efeito das diferentes

doses de caféina com a FC, peso corporal e temperatura timpânica. A probabilidade $p < 0,05$ foi considerada significativa.

Resultados

A temperatura ambiente variou entre 28,5 e 32°C e a umidade relativa do ar oscilou entre 71 e 78% durante as provas.

Os níveis de percepção de esforço (RPE) não apresentaram diferenças significativas quando comparados com as doses ingeridas ($F_{(2,21)} = 2,28$; $p < 0,145$); entretanto a sensação de fadiga foi menor com as doses de 9 mg/kg ($14,8 \pm 1,6$) e 5 mg/kg ($14,8 \pm 2,3$) que com a dose placebo ($16,1 \pm 1,7$) (Figura 1).

O volume de água ingerido variou de 280 a 1550 ml com médias de 738 ± 317 (placebo); 771 ± 394 (5 mg/kg) e 772 ± 434 (9 mg/kg), entretanto não foram observadas

diferenças na quantidade de água ingerida nas três provas entre os participantes. As médias do percentual de perda do peso corporal ajustadas pela ingestão da água variaram de 3,63% (placebo), 3,49% (5 mg/kg) e 3,41% (9 mg/kg), não havendo diferença significativa entre elas ($F_{(2,21)} = 16$; $p < 0,853$).

A temperatura timpânica inicial variou de 34,9 a 36,7°C e ao final de 35,6 a 37,6°C, porém não foram observadas diferenças significativas ($F_{(2,21)} = 1,25$; $p < 0,307$), quando comparadas às diferenças entre as temperaturas inicial e final de acordo com as doses de caféina de 5 mg/kg ($1,6 \pm 0,5^\circ\text{C}$); 9 mg/kg ($1,0 \pm 0,4^\circ\text{C}$) e placebo ($0,7 \pm 0,6^\circ\text{C}$).

Os dados relativos à FC não mostraram diferenças significativas nos períodos avaliados conforme pode ser observado na tabela 2. (Tabela 2)

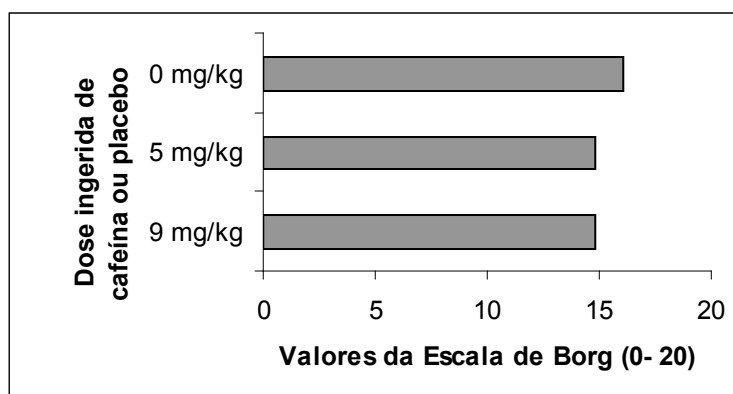


Figura 1. Taxa de Esforço percebido após prova ciclística de 45 km de acordo com a dose ingerida de caféina ou placebo.

Tabela 2. Respostas dos parâmetros de FC para as várias doses de caféina antes (A) no início (I) término (T) e 50 minutos pós-prova (P). Valores de média $\pm$ DP.

DOSE (mg/kg)	A	I	T	P
0	67,5 $\pm$ 16	65,3 $\pm$ 14	110,5 $\pm$ 10	87,1 $\pm$ 19
5	70,5 $\pm$ 10	63,2 $\pm$ 13	111,0 $\pm$ 22	82,2 $\pm$ 13
9	71,5 $\pm$ 12	63,7 $\pm$ 10	111,9 $\pm$ 12	89,8 $\pm$ 14

Discussão

A dificuldade de interpretação das pesquisas sobre os efeitos da cafeína na atividade esportiva pode ser, em parte, explicada pela falta de padronização dos estudos. Numerosos investigadores têm analisado os efeitos ergogênicos da cafeína no desempenho, potência e resistência de atletas, empregando variados protocolos e desenhos de estudo, com doses substancialmente diferentes, formulações e técnicas de ingestão entre populações distintas ².

Além disso, outra grande dificuldade é determinar se o benefício derivado da ingestão de cafeína antes do evento esportivo, seria devido a efeitos centrais ou periféricos, o que se torna difícil em estudos realizados em humanos, uma vez que a cafeína tem potencial para afetar vários tecidos simultaneamente ^{3,16}. É também possível que a cafeína seja benéfica somente em certos esportes e em condições precisas ⁴.

Apesar da ampla evidência na literatura de que a cafeína, ingerida antes do exercício, aumenta a performance do atleta, nossos resultados não refletem estes achados prévios, uma vez que este estudo mostrou que os efeitos ergogênicos da cafeína podem ser pouco relevantes quando o exercício é realizado em condições reais de competição sob a influência de risco térmico. Ao mesmo tempo, os resultados encontrados neste estudo são respaldados com os achados de pesquisas que reportam a diminuição, por vezes não significativa, da taxa de percepção do esforço com a ingestão de cafeína ⁹⁻¹².

Os efeitos da cafeína sobre o SNC são variados e de grande extensão, provavelmente incluindo alteração da atividade simpática, recrutamento motor e percepção da dor e da fadiga ³.

Cox et al. ¹⁰, observaram a RPE com diferentes doses de cafeína e carboidratos em atletas durante 2 horas de exercício em bicicleta ergométrica a 70% da $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e concluíram que a taxa subjetiva de esforço ao final de 120 minutos foi menor nos protocolos com ingestão de cafeína comparados com placebo.

Também Bell e McLellan ⁹ analisaram a RPE 1, 3 e 6 horas após a ingestão de cafeína (5 mg/kg) ou placebo em usuários e não usuários. Os autores encontraram redução na taxa de esforço após a ingestão da cafeína

tanto em usuários como em não usuários quando comparada ao placebo. Entretanto, a menor RPE foi primeiramente observada em não usuários.

A cafeína pode diminuir a sensação de fadiga durante o exercício e promover o desejo de prolongar a atividade física ¹⁷. O aumento das concentrações de cortisol e β -endorfinas em resposta ao exercício, potencialmente altera a percepção de dor e promove euforia ^{11,12}. Assim, a cafeína pode encorajar uma atividade física intensa apesar da exaustão física e do desconforto. Embora cafeína produza alterações psicológicas durante o exercício, mais investigações são necessárias para identificar como estas alterações estão relacionadas com suas propriedades ergogênicas ².

Um recente estudo de O' Connor et al. ¹², examinou o efeito de doses de 5 e 10 mg/kg de cafeína na percepção da dor muscular em exercício de moderada intensidade em jovens estudantes saudáveis, constatando que a cafeína tem efeito dose-dependente na redução da dor muscular durante o exercício em bicicleta. Os autores justificam a grande e a moderada hipotalgesia observadas respectivamente com as doses de 5 e 10 mg/kg, sugerindo que a cafeína possa antagonizar periférica e/ou centralmente os receptores A1 ou A2a de adenosina em neurônios envolvendo a nocicepção. Estes podem ter efeitos antinociceptivos que reduzem a dor e incrementam a força muscular. É plausível que a hipotalgesia muscular durante um exercício de grande intensidade, como é o caso neste estudo, possa resultar na diminuição da fadiga de atletas de elite durante uma competição que envolve resistência. Entretanto, a diminuição da sensação de fadiga nos ciclistas deste estudo não foi dose-dependente.

Os parâmetros de FC para as várias doses de cafeína antes (A) no início (I) término (T) e 50 minutos pós-prova (P) também não mostraram diferenças com a ingestão das diferentes doses de cafeína. Raramente as consequências cardiovasculares da ingestão de cafeína têm sido consideradas, talvez porque estudos recentes tenham mostrado alterações muito pequenas na frequência cardíaca e na pressão arterial. Existem muitos fatores associados à cafeína que poderiam ser importantes na regulação cardiovascular, incluindo o antagonismo dos receptores de adenosina e o aumento da atividade simpática ³.

Em relação à perda de peso corporal, resultados muito semelhantes aos nossos foram encontrados por Cohen et al.⁵, que investigaram os efeitos da ingestão da cafeína (0, 5 e 9 mg/kg) em condições de risco térmico (25 a 28° C) durante uma maratona de 21 km. Os autores observaram médias de perda do peso corporal de 4,2%; 3,9% e 3,9% para a ingestão de 0, 5 e 9 mg/kg de cafeína respectivamente, atribuindo essa perda de massa corporal de aproximadamente 4%, à desidratação, que teria magnitude suficiente para limitar o efeito ergogênico da cafeína.

Em um indivíduo aclimatizado, a perda de água por sudorese pode alcançar o máximo de aproximadamente 3 litros por hora durante o exercício intenso no calor. Maratonistas de elite experimentam com frequência perdas líquidas acima de 5 litros durante uma competição, tal perda representa de 6 a 10% de seu peso corporal. Quando a perda de água alcança 4 a 5 % do peso corporal observa-se um nítido distúrbio na capacidade de realizar trabalho físico e nas funções fisiológicas. É evidente que a desidratação reduz a capacidade do sistema termorregulador em atender ao stress metabólico e térmico no exercício¹⁸.

Craig e Cummings apud Cohen et al.⁵ reportam que uma perda de massa corporal de 1,9% diminui o rendimento em 22% e uma perda de 4,3% de massa corporal causa 48% de redução na performance.

Os resultados obtidos no presente estudo são condizentes com outras investigações^{5,14} que demonstram que a cafeína, mesmo quando utilizada em ambientes de altas temperaturas, não promove o aumento da temperatura central e perda do peso corporal durante o exercício. Stebbins et al.¹⁴, pesquisaram os efeitos da cafeína (6 mg/kg) e do alta temperatura ambiental (38°C) nas respostas hemodinâmicas e na temperatura corporal durante 35 minutos de exercício submáximo em bicicleta não observando diferenças na temperatura retal. Falk e colaboradores¹³, também não encontraram diferenças significantes nos dados de peso e temperatura quando investigaram o efeito 5 e 7,5 mg/kg de cafeína no balanço hídrico e termorregulatório durante o exercício. Similarmente, Kovacs et al.¹⁹ que quantificaram a perda do peso corporal, a taxa de suor e a temperatura corporal, também não encontraram nenhum impacto com a ingestão da cafeína.

Os efeitos do stress térmico nas respostas fisiológicas foram estudadas por Tatterson et al.²⁰ na performance de 11 ciclistas de elite durante 30 minutos, tanto com alta temperatura (32°C), como em ambiente termoneutro (23°C) com uma umidade relativa de 60% em cada circunstância. O rendimento dos ciclistas que se exercitaram em alta temperatura foi significativamente menor (6,5%) quando comparados com aqueles que se exercitaram em ambiente termoneutro. Entretanto, a temperatura corporal foi similar para as duas diferentes provas. O estudo concluiu que o stress térmico está associado a uma redução da performance durante o exercício em homens altamente treinados.

De acordo com Stebbins et al.¹⁴, a utilização da cafeína em ambientes com altas temperaturas parece aumentar a produção de metabólitos musculares que causam resposta cardiovascular reflexa, porém os raros estudos que investigam os efeitos da cafeína na dinâmica cardiovascular durante o exercício suprimiram poucas evidências de que a cafeína tem efeito sobre a função cardiovascular¹⁷.

Uma alta temperatura corporal interna por si só causa fadiga em indivíduos treinados durante exercício prolongado em ambiente quente, além disso, o tempo para a exaustão nestes meios é inversamente proporcional à temperatura inicial e diretamente relacionado com a medida de calor¹⁸.

Conclusão

Este estudo indica que as condições de calor e umidade podem ser suficientes para mascarar o benefício ergogênico da cafeína, entretanto deve-se considerar, pela tendência dos dados, que a cafeína exerce alguma influência sobre a percepção subjetiva de esforço do atleta podendo levar à redução dos sinais de fadiga durante o exercício. Faz-se necessário dar continuidade às pesquisas sobre a ação da cafeína em condições de competição sob o stress do calor e da umidade, a fim de estabelecer a significância prática da utilização desta metilxantina durante eventos esportivos nestas condições térmicas.

Referencias Bibliográficas

1. Guerra RO, Bernardo GC, Gutiérrez CV. Cafeína y Deporte. *Archivos de Medicina del Deporte* 1999; XVI:355-8.
2. Paluska SA. Caffeine and exercise. *Curr Sports Med Rep* 2003; 2:213-9.
3. Graham TE. Caffeine and exercise. metabolism, endurance and performance. *Sports Med* 2001; 31:785-807.
4. Nehlig A, Debry G. Caffeine and Sports Activity: A Review. *Int J Sports Med* 1994; 15:215-23.
5. Cohen BS, Nelson AG, Prevost MC, Thompson GD, Marx BD, Morris GS. Effects of caffeine ingestion on endurance racing in heat and humidity. *Eur J Appl Physiol* 1996; 73:358-63.
6. Anderson ME, Hickey MS. Effects of caffeine on the metabolic and catecholamine responses to exercise in 5 and 28 degrees. *C. Med Sci Sports Exerc* 2004; 26:453-8.
7. Cheuvront SN, Haymes E.M. Thermoregulation and marathon running: biological and environmental influences. *Sports Med* 2001; 31: 743-62.
8. Borg G. Psychological bases of physical exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 17:377-81.
9. Bell DG, McLellan TM. Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *J Appl Physiol* 2002; May:1227-34.
10. Cox GR, Desbrow B, Montgomery PG, Bruce CR, Macrides TA, Martin DT, Moquin A, Roberts A, Burke LM, Anderson ME, Hawley JA. Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *J Appl Physiol* 2002; 93:990-9.
11. Motl RW, O Connor PJ., Dishman R.K. Effect of caffeine on perceptions of leg muscle pain during moderate intensity cycling exercise. *Pain* 2003; 4:316-21.
12. O' Connor PJ., Mod R, Broglio S, Ely M. Dose dependent effect of caffeine on reducing leg muscle pain during cycling exercise in unrelated to systolic blood pressure. *Pain* 109 (3), 291-298. *Pain* 2004; 109:291-8.
13. Falk B, Burstein R, Rosenblum J, Shapiro Y, Zylber-Katz E, Bashan N. Effects of caffeine ingestion on body fluid balance and thermoregulation during exercise. *Can J Physiol Pharmacol* 1990; 68:889-92.
14. Stebbins CL, Daniels JW, Lewis W. Effects of caffeine and high ambient temperature on haemodynamic and body temperature responses to dynamic exercise. *Clin Physiol* 2001; 21:528-33.
15. American College of Sports Medicine. Prevention of thermal injuries during distance running. *Phys Sports Med* 1984; 28 :43-51.
16. Spriet LL, Gibala MJ. Nutritional strategies to influence adaptations to training. *J Sports Sci* 2004; 22:127-41.
17. Plaskett CJ, Cafarelli E. Caffeine increases endurance and attenuates force sensation during submaximal isometric contractions. *J Appl Physiol* 2001; 91:1535-44.
18. Gonzalez A.J., Teller C., Anderson S.L., Jensen F.B., Hyldig T., Nielsen B. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J Appl Physiol* 1999; 86:1032-9.
19. Kovacs EM, Stegen J, Bourns F. Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion and performance. *J Appl Physiol* 1998; 85:709-15.
20. Tattersson AJ, Hahn AG, Martin D.D., Febbraio MA. Effects of heat stress on physiological responses and exercise performance in elite cyclists. *J Sci Med Sport* 2000; 3:186-93.