

ARTIGO DE REVISÃO

CAFEÍNA E A ATIVIDADE FÍSICA PROLONGADA:
REVISÃO DA LITERATURA

Luiz Antonio dos Anjos

Department of Physical Education, University of Illinois,
Urbana, Illinois 61801, USA.

RESUMO

ANJOS, L.A. Cafeína e a atividade física prolongada: revisão da literatura. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, vol.1, nº 1, pp.27-36, 1987.

A cafeína é consumida em larga escala em todo o mundo e por isso seus efeitos no organismo humano têm sido muito estudados por fisiologistas e mais recentemente por fisiologistas do exercício, devido ao seu potencial em servir como substância ergogênica da atividade física, através de seus efeitos no sistema nervoso central e sua capacidade de elevação dos níveis séricos dos ácidos graxos livres e das catecolaminas. Entretanto, a relação entre a cafeína e a performance física é ainda controversa já que vários estudos têm revelado resultados conflitantes. Tais resultados podem ser causados pelas diferenças dos protocolos utilizados nos estudos, tais como o tipo e a intensidade do exercício e a falta de controle das características fisiológicas dos indivíduos sendo testados, além da não observação dos hábitos de consumo de bebidas contendo cafeína e do nível nutricional e de aptidão física desses indivíduos. Esse artigo aborda esses problemas e faz uma revisão da literatura médico-esportiva sobre o efeito da cafeína na performance física.

Unitermos: Cafeína, ácidos graxos livres, exercício de longa duração, substância ergogênica.

INTRODUÇÃO

A cafeína é uma das substâncias mais consumidas no mundo (58). Seu efeito sobre o ser humano vem sendo estudado há

muito tempo (59). porém, só recentemente a possível influência da cafeína como substância ergogênica para melhoria da performance física (16) tem sido investigada cientificamente. Na literatura mundial, alguns estudos mostram que a cafeína melhorou a performance e outros onde nenhum efeito positivo foi encontrado, por isso, o assunto é ainda controverso. O objetivo desse artigo é discutir os efeitos da cafeína no organismo humano e revisar os artigos da literatura sobre o efeito da cafeína no exercício. O metabolismo da cafeína e seus efeitos no organismo são apresentados inicialmente, seguidos de uma discussão das bases teóricas e a metodologia empregada nos estudos sobre o efeito da cafeína na performance física de longa duração, finalizando com uma revisão da literatura médico-esportiva sobre essa relação e uma discussão sobre o uso e abuso da cafeína como estimulante em competições esportivas internacionais.

METABOLISMO DA CAFEÍNA

A cafeína é um composto pertencente à família das xantinas (1,3,7 trimethylxantina) que é encontrada não só no café como também em refrigerantes, cola, chás, e alguns medicamentos (29). A quantidade de cafeína encontrada no café varia muito dependendo do tipo do café, sua moagem, e modo de preparo (2,58). Uma xícara de café contém entre 85 e 100mg

de cafeína; uma xícara de chá cerca de metade dessa quantidade; enquanto refrigerantes do tipo cola contém entre 30 e 65 mg de cafeína(9).

Após a ingestão, a cafeína é rapidamente absorvida atingindo o máximo de sua contração no plasma entre 30 minutos a uma hora(19,59). Após absorção, a cafeína se distribui rapidamente e globalmente no corpo(59). Ela é primordialmente excretada na urina, após metabolização(29). Sua meia vida é bastante variável dependendo da idade, sexo, e se a pessoa fuma ou não(19). Num adulto, fumante, a meia vida da cafeína é de menos que 3 horas, entre 3 a 7 horas num adulto não fumante, estende-se a até 13 horas em mulheres, podendo chegar a até 3 ou 4 dias em recém nascidos(1). Para o adulto a dose fatal oral da cafeína é estimada em torno de 10 gramas, se ingerida em meia hora(58,59). Nos EUA, a cafeína é considerada uma substância GRAS (Reconhecida como segura, 29), tanto assim que até 1980 somente 8 fatalidades relacionadas à ingestão de cafeína haviam sido descritas na literatura médica mundial (1).

EFEITOS DA CAFEÍNA

A cafeína tem muitos efeitos sobre o organismo. Os mais marcantes são o aumento do metabolismo basal (aumento do consumo de O_2 pelo organismo), a liberação de catecolaminas e sua ação nos sistemas nervoso central e cardiovascular (39,53,54). Com relação ao esforço físico, dois desses fatores têm sido considerados como importantes: seu efeito na liberação de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) na circulação(5,18,48,53,61) e na elevação dos níveis plasmáticos de ácidos graxos livres (AGL) (1,4,14,27,63), além de seu efeito no sistema nervoso central(59). Especula-se ainda a possibilidade da cafeína agir diretamente nas propriedades contráteis do músculo(46), mas se isso ocorre, o mecanismo de ação ainda não está elucidado.

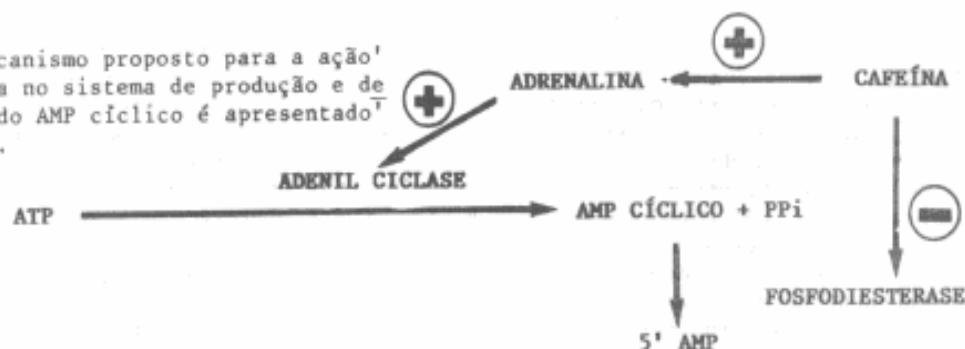
BELLET e colaboradores(5) mostraram que a quantidade de catecolaminas excretada na urina foi significativamente maior após a ingestão de café contendo 220mg de cafeína do que após água

como controle. A elevação dos níveis plasmáticos de catecolaminas também foi observado por ROBERTSON e colaboradores(53). Esses autores demonstraram que os níveis de adrenalina se elevam significativamente 15 minutos após a ingestão de 250mg de cafeína em relação aos níveis encontrados após placebo. Noradrenalina no plasma só se elevou após 30 minutos. O nível de aptidão física dos indivíduos pode alterar a liberação e eliminação das catecolaminas(41), fato esse já documentado por LEBLANC e colaboradores após cafeína(44). Além disso o nível de resposta das catecolaminas após cafeína parece ser atenuado em indivíduos habituados a beber cafeína(22).

BELLET e colaboradores(4) observaram que os níveis plasmáticos dos AGL elevam-se após a ingestão de 250mg de cafeína, alcançando o pico de concentração somente 3-4 horas após a ingestão de cafeína, decaindo logo após. Nesse estudo, café decafeinado e água foram utilizados como controles. O café decafeinado não produziu elevações significativas dos níveis plasmáticos de ácidos graxos livres, mas esses níveis foram intermediários entre os níveis encontrados após cafeína e água pura. COCCHI e colaboradores observaram níveis significativamente maiores dos AGL após jejum de 12 horas em indivíduos que bebem café frequentemente (5 xícaras por dia, entre 250 a 300 mg de cafeína por dia) em comparação com indivíduos que bebem café decafeinado ou que não bebem café algum(14). O mais interessante foi a documentação de que os níveis dos AGL nos indivíduos que bebem 3 xícaras de café decafeinado por dia serem significativamente menores do que nos indivíduos que não bebem café algum. Nesse estudo os homens apresentaram níveis dos AGL sistematicamente maiores do que as mulheres. Além desses fatores, o grau de resposta na elevação dos níveis dos AGL causada pela cafeína também depende do nível de aptidão física dos indivíduos em estudo(42).

O efeito da cafeína na elevação dos níveis dos AGL é geralmente atribuída à elevação dos níveis de monofosfato de adenosina cíclico $3',5'$ (AMP cíclico)

(45). O mecanismo proposto para a ação da cafeína no sistema de produção e de gradação do AMP cíclico é apresentado na figura.



Influência da cafeína no mecanismo de formação e destruição do AMP cíclico. O AMP cíclico é formado a partir do ATP através da enzima adenil ciclase e é metabolizado até 5'AMP através da enzima fosfodiesterase. A cafeína estimula a secreção de adrenalina que estimula a enzima adenil ciclase. Além disso, a cafeína também inibe a enzima fosfodiesterase diminuindo a metabolização do AMP cíclico. O sinal + significa estímulo, enquanto o sinal - significa inibição.

A adrenalina estimula a enzima adenil ciclase tendo como efeito a maior produção de AMP cíclico a partir do ATP. Por outro lado, a cafeína inibe a enzima fosfodiesterase responsável pela de gradação do AMP cíclico, diminuindo sua degradação. Como a cafeína estimula a secreção de catecolaminas, o efeito final então serão níveis elevados de AMP cíclico tanto por aumento na sua produção como em diminuição na sua degradação.

O AMP cíclico é um importante estimulante da lipólise que ocorre no tecido adiposo(45). Com níveis elevados de AMP cíclico, a degradação de triglicerídeos será estimulada com maior liberação de ácidos graxos livres e glicerol pelo tecido adiposo(17). Deve-se notar, porém, que a inibição da fosfodiesterase tem sido questionada como mecanismo de ação responsável pela elevação significativa do AMP cíclico após cafeína, por dois motivos: 1) inibidores potentes da "phosphodiesterase" não produzem os mesmos efeitos que a cafeína e 2) a dose de cafeína para tal inibição em animais de laboratório é tamanha, que poderia ser letal para o animal(30,60). O outro possível mecanismo de ação proposto para a cafeína é o conceito de bloqueio dos receptores de adenosina pela cafeína(30). FAIN e SHEPERD(25) afirmam que o grande aumento do AMP cíclico após metilxantinas pode ser em decorrência do bloqueio da inibição da adenil ciclase pela adenosina, hipótese que ainda não foi testada experimentalmente em estudos envolvendo a cafeína como substância ergogênica para a ati-

vidade física.

O AMP cíclico pode também, por outro lado, estimular a glicogenólise hepática através do desencadeamento de reações em cascata com aumento na liberação da glicose hepática e consequentemente elevação dos níveis séricos de glicose(45), efeito esse que seria antagonista ao aumento da lipólise. CHERASKIN e colaboradores demonstraram que 250mg de cafeína elevaram significativamente os níveis de glicose em 21 indivíduos comparados com uma dose de lactose dada a outro grupo com o mesmo número de indivíduos que serviu como controle(13). Outros investigadores não observaram essa elevação dos níveis séricos de glicose após a ingestão de cafeína(17,38). KNAPIK e colaboradores(42) observaram que indivíduos não treinados tenderam a ter níveis plasmáticos de glicose maiores do que os indivíduos treinados durante uma hora de corrida numa esteira rolante. É prática comum nesses estudos a realização dos testes pela manhã com o indivíduo em jejum. O jejum de 12 horas é suficiente para consumir uma porção apreciável do glicogênio armazenado no fígado(esgotável num jejum de 24 horas, 11,56), especialmente se a dieta do indivíduo tiver sido baixa em carboidratos nos dias que antecederam o estudo, o que poderá alterar a capacidade de armazenamento do glicogênio hepático e muscular(6,7,33,40). O uso do glicogênio durante o exercício de longa duração parece depender da quantidade armazenada no músculo, o que está diretamente ligada à quantidade de

carboidratos na dieta e da quantidade de exercícios nos dias precedentes aos estudos (7,33,36,40), além, logicamente, da duração e intensidade do exercício. CHERASKIN e colaboradores (13) observaram que uma dieta pobre em carboidratos nos dias precedendo seus estudos fez com que a utilização dos AGL fosse maior do que uma dieta rica em carboidratos nos dias antecedendo aos testes. Em outro estudo KOTS e colaboradores (43) estudaram 12 indivíduos bem treinados ($\dot{V}O_{2\text{máx}} = 56,2 \text{ ml}(\text{Kg} \cdot \text{min})^{-1}$, durante cicloergometria à intensidade de 70% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, após cafeína acompanhada de uma dieta rica ou pobre em carboidratos (80 ou 10% das calorias totais, respectivamente) e observaram um aumento do efeito metabólico da cafeína, isto é, redução do consumo de glicogênio muscular, após a dieta pobre em carboidratos de 2-3 dias, o que não foi observado após a dieta rica em carboidratos.

Um efeito da cafeína observado praticamente em todos os estudos é a melhora da percepção do esforço físico (3,10,12,17,24,27). Após a cafeína, a grande maioria dos indivíduos reporta menor sensação do esforço físico do que após a bebida controle.

Desses estudos pode-se concluir que o controle das características fisiológicas (42,50), o hábito de ingestão de bebidas contendo cafeína (14,22), e o estudo nutricional (40,43) e de aptidão física (42) dos indivíduos sendo testados são fatores que devem ser levados em consideração em estudos envolvendo o uso de cafeína como bebida ergogênica para a atividade física, o que nem sempre ocorre.

RAZOAMENTO PARA O USO DA CAFEÍNA PARA MELHORA DA PERFORMANCE

Exercícios físicos que duram até 30 segundos dependem primordialmente do ATP e creatinina-fosfato armazenados no músculo esquelético (28,40,47). Se o exercício dura alguns minutos, o metabolismo anaeróbico torna-se cada vez mais importante como gerador de energia para a contração muscular, e se o exercício se prolonga por mais tempo, a oxigenação

de gordura torna-se progressivamente importante fornecedor de energia para o exercício (34). Sabe-se também que a utilização dos AGL pelo músculo é proporcional aos níveis plasmáticos dos AGL (15,16). Há na literatura estudos onde se sugere que a aparição da fadiga estaria relacionada com o esgotamento das reservas musculares de glicogênio (6,15,16,64). Com isso em mente pode-se fazer a hipótese de que quanto maior for a disponibilidade de ácidos graxos livres, maior será a capacidade dos músculos exercitarem por mais tempo (3). COSTILL e seu grupo (15,16,17,24) demonstraram diminuição na utilização de glicogênio pelo músculo em exercício, quando os níveis plasmáticos de ácidos graxos livres estão aumentados. Usando uma refeição rica em gordura e administrando heparina, eles conseguiram aumentar os níveis plasmáticos dos AGL 3,2 vezes o nível de repouso (16). Essa observação fez com que vários investigadores estudassem a performance física após a ingestão de cafeína pelo fato desta elevar os níveis séricos dos AGL. Há de se ter em mente que com a concentração de cafeína empregada em estudos envolvendo a atividade física (geralmente em torno de 5 mg/Kg do peso corporal) os níveis dos AGL plasmáticos chegam a somente 50% dos níveis de repouso (29), muito aquém, portanto, dos níveis descritos por COSTILL (16).

O outro problema é quanto ao uso do quociente respiratório (QR) como medida indireta do metabolismo. O QR é a razão entre o volume de CO_2 expelido e o volume de O_2 a nível celular. Ao nível dos pulmões essa razão costuma ser chamada de razão de troca respiratória (R). Os carboidratos, quando oxigenados, apresentam R igual a 1 (veja exemplo da glicose abaixo):



Já as gorduras sempre apresentam R menor que 1 (veja o exemplo do ácido palmítico abaixo):



$$(R=16/23=0,7)$$

Deve-se ressaltar que o R expressa uma estimativa global de combustível

sendo usado pelo organismo e que em estudos de cafeína essa estimativa pode estar errada já que é sabido que a cafeína tem efeito acelerante da frequência respiratória(1,31,32,53,54). GOLLNICK e MATOBA(28) afirmam que condições de hiperventilação fazem com que o R não reflita os eventos metabólicos que ocorrem nos tecidos. HALDI e colaboradores na década de 1940 concluíram de seus resultados que as mudanças no R após ingestão de cafeína poderiam ser devido ao efeito da cafeína no centro respiratório e não refletiam mudanças no combustível usado pelo organismo(31,32).

REVISÃO DA LITERATURA

Na literatura mundial são poucos os estudos que testaram os efeitos da cafeína na performance física. Entretanto, a comparação entre esses estudos é difícil devido aos diferentes protocolos usados, por exemplo, a intensidade (51), o tipo de exercício usado (12), o uso de bebida controle, os hábitos alimentares de consumo de cafeína(14,39), o estado nutricional(43) e o nível de treinamento dos indivíduos sendo testados (42,44).

COSTILL e colaboradores foram os pesquisadores que mais estudos realizaram na tentativa de elucidar o efeito da cafeína na performance física(16,17,24,38). Em 1978, estudando nove ciclistas de competição, eles mostraram que houve uma tendência dos atletas a apresentarem um valor de R menor após a ingestão de cafeína do que a bebida controle quando eles exercitaram a uma intensidade de 80% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (17). A cafeína foi acrescentada ao café decafeinado na bebida experimental e o próprio café decafeinado serviu como bebida controle. Usando um protocolo semelhante, acrescentado de biópsia muscular antes e após 30 minutos de exercício numa bicicleta ergométrica a uma intensidade de 65-75% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, o mesmo grupo(24) mostrou uma redução de uso do glicogênio muscular de 42% após cafeína em comparação com a bebida controle, apesar da grande variância dos resultados individuais, características das biópsias muscula-

res. Usando uma cápsula de gelatina sem(bebida controle) e com cafeína(bebida experimental), POWERS e colaboradores(52) não observaram melhora na performance durante exercício com aumento progressivo de carga na bicicleta ergométrica em indivíduos bem treinados aerobicamente($\dot{V}O_{2\text{máx}}=56 \text{ ml}(\text{Kg} \cdot \text{min})^{-1}$), mas que eram ciclistas recreacionais. Não houve diferença nos níveis plasmáticos de ácido láctico entre os dois testes. GAESSER e RICH (26), porém, observaram níveis de ácido láctico significativamente maiores após cafeína do que após a bebida controle, durante cicloergometria sub-máxima (até 80% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$). Os níveis plasmáticos de ácido láctico não foram significativamente diferentes após o esforço máximo e nem houve retardamento do limiar anaeróbico. Os níveis elevados do ácido láctico após cafeína, poderiam ser em decorrência do efeito da cafeína em estimular a glicogenólise. Entretanto, como os próprios autores comentam, a concentração necessária para esse efeito *in vitro* é muito superior à concentração usada no estudo. Os níveis plasmáticos de ácido láctico refletem tanto a entrada quanto a remoção do composto da circulação, o que não foi estudado ainda com detalhes durante o exercício e com o uso de cafeína.

Em nosso meio, PAULA Fº e RODRIGUES (49), estudaram 6 indivíduos entre 20 e 49 anos, exercitando numa bicicleta ergométrica com ou sem cafeína a três níveis distintos de intensidade (50, 75 e 85% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ de cada sujeito). Foi observado um aumento significativo do tempo de exercício até a exaustão nas intensidades até 75% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, mas não na intensidade de 85% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. KNAPIK e colaboradores(42) estudaram cinco corredores treinados e cinco indivíduos não treinados($\dot{V}O_{2\text{máx}} = 62,4$ e $46,5 \text{ ml}(\text{Kg} \cdot \text{min})^{-1}$, respectivamente) exercitando numa esteira rolante três vezes durante uma hora, à 60% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ de cada indivíduo após a ingestão de limonada sem cafeína(bebida controle) ou com cafeína na dosagem de 5 e 9 $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ do peso corporal(bebidas experimentadas). O ácido láctico aumentou

significativamente somente nos indivíduos não treinados e somente nas duas corridas após cafeína, o que sugere uma ativação da glicogenólise pela cafeína nos indivíduos não treinados. HURLEY e colaboradores (37) sugeriram que, durante o exercício, o músculo treinado é capaz de aumentar a capacidade de lipólise no próprio músculo, levando a uma maior utilização do triglicérido armazenado no músculo, o que acarretaria numa menor mobilização do glicogênio armazenado no músculo desses indivíduos.

Recentemente, CASAL e LEON (12) mostraram que os níveis dos AGL eram bem semelhantes após 45 minutos de uma corrida na esteira a 75% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, tanto após café decafeinado com (bebida experimental) ou sem cafeína (bebida controle, 972 e 882 A.E.q.l^{-1} , respectivamente) em maratonistas bem treinados ($\dot{V}O_{2\text{máx}} = 61,1 \text{ ml(Kg.min)}^{-1}$, cujo tempo de maratona era inferior a 3 horas. O mais interessante é que, após água pura, os níveis dos AGL eram ainda maiores (1122 A.E.q.l^{-1}). Os autores especularam que a falta de melhora na performance dos indivíduos estudados poderia ter sido pelo fato de eles terem usado a corrida como exercício, o que acarreta numa utilização maior da massa muscular corporal em comparação com a cicloergometria utilizada por COSTILL e colaboradores (17,24,38). CASAL e LEON concluíram que a lipólise que ocorre naturalmente com o treinamento através da liberação de adrenalina talvez seja mais importante do que o estímulo da cafeína para aumentar a lipólise em indivíduos altamente treinados, fato esse já observado em estudos sem cafeína por DESPRÉS e colaboradores (21) e após cafeína por LEBLANC e colaboradores (44).

BERLUNG e HEMMINGSSON (8) foram os únicos investigadores a demonstrar uma melhora na performance em atividade física que não fosse a cicloergometria. Esses investigadores observaram uma melhora significativa do tempo de corrida numa competição de 21 Km de esqui "cross-country", após cafeína tanto em baixa (300m) quanto em alta altitude (2900m).

CAFEÍNA E DOPING

A possibilidade de melhora da performance pela cafeína fez com que ela entrasse para a lista de substâncias proibidas em competições internacionais (55). O problema seria a que nível se deveria caracterizar o uso como droga estimuladora, já que o café é largamente usado em todo mundo. DELBEKE e DEBACKERE (20) mediram a quantidade de cafeína na urina de 85 indivíduos que bebiam café e em 775 ciclistas. A quantidade média de cafeína foi significativamente menor nos ciclistas. Em nenhum dos bebedores de café a excreção de cafeína na urina foi superior a $15/8 \text{ ml}^{-1}$, o que necessitaria de pelo menos 300mg de cafeína (3-5 xícaras de café) ingeridas uma hora antes da competição. Esses investigadores sugeriram essa quantidade ($15/8 \text{ ml}^{-1}$) como limite no exame de urina para se determinar se algum atleta consumia cafeína como estimulante antes de uma competição (20). É exatamente esse o nível usado pelo International Olympic Committee. Nos Jogos Olímpicos de Los Angeles em 1984, alguns membros da equipe de ciclismo dos Estados Unidos utilizaram declaradamente a cafeína como estimulante para as competições (55), o que segundo eles não ajudou a melhorar a performance individual deles.

Com relação à saúde, dados recentes até desaconselham o hábito de beber substâncias contendo cafeína devido ao potencial de desencadeamento de arritmias cardíacas (23), assim como a elevação dos níveis de colesterol e apolipoproteína B observada em bebedores diários de 2-3 xícaras de café (64).

CONCLUSÕES

A cafeína eleva os níveis plasmáticos dos AGL e de catecolaminas, enquanto que a resposta da glicemia à cafeína ainda não está claramente definida já que varia de estudo para estudo, devido provavelmente ao não controle de fatores fisiológicos dos indivíduos sendo testados e ao uso de protocolos diferentes nesses estudos. Ainda não

é totalmente claro qual o mecanismo exato da elevação dos níveis séricos dos AGL. Sabe-se, contudo, que deve envolver o estímulo da lipólise pelo AMP cíclico.

Com relação ao esforço físico parece ser que a cafeína pode ter um efeito ergogênico, melhorando a performance física, principalmente em cicloergometria de longa duração. Em atividades que utilizam uma massa muscular maior (ex.: corrida), onde os atletas provavelmente já utilizariam os AGL com eficiência (57), o efeito da cafeína parece não ocorrer.

A melhora da percepção do esforço físico parecer um efeito incontestável da cafeína, comprovada em vários estudos independentes.

Deve-se tomar muito cuidado ao se usar os valores de R como indicadores de combustível energético sendo usado pelo músculo em atividade após cafeína, pois sabe-se que essa substância acelera a frequência respiratória o que faz com que os valores de R não reflitam necessariamente o que está ocorrendo a nível celular.

É a opinião do autor que o hábito de ingestão de bebidas contendo cafeína, o estado nutricional, o estado de aptidão física, e fatores fisiológicos podem alterar a resposta à cafeína e portanto deveriam ser levados em consideração em estudos onde a cafeína é empregada como substância ergogênica para a melhora da performance física em atividades de longa duração.

ABSTRACT

ANDOS, L.A. Caffeine and performance in long duration activities: a review. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, vol.1, nº 1, pp 27 - 36, 1987.

Caffeine is one of the most consumed substance in the world. Physiologists have studied its effects on humans for a long time, but only recently have exercise physiologists become interested in its potential as an ergogenic aid to improve performance. This interest is based on the effects of caffeine on the central nervous system and on the liberation of catecholamines in the circulation as well as its lipolytic effect. However, various researchers have found conflicting results in studies involving caffeine and

performance. This controversy can be due to differences in the experimental designs among them such as: the type and intensity of the exercise, the physiological characteristics of the subjects being tested, and the non-consideration of the consumption of caffeine-containing beverages and the nutritional and physical fitness status of the subjects. The purpose of this article is to review the medical and sports literature of the effect of caffeine on performance in long duration activities.

Uniterms: Caffeine, free fatty acids, long-duration exercise, ergogenic aid.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACHESON, K.J.; ZAHORSKA-MARKIEWCZ, B.; PITTET, Ph; ANANTHARAMA, K. and JEQUIER, E. Caffeine and coffee: their influence on metabolic rate and substrate utilization in normal weight and obese individuals. *Am. J. Clin. Nutr.* 33(5):989-997, 1980.
2. Anônimo. Caffeine Food Technology 87-91, April 1983.
3. ARONSON, V. Protein and Miscellaneous ergogenic aids. *Phys. Sportsmed.* 14(5):199-202, 1986.
4. BELLET, S.; KERSHBAUM, A. and FINCK, M.E. Response of free fatty acids to coffee and caffeine. *Metabolism* 17(8):702-707, 1968.
5. BELLET, S.; ROMAN, L.; DECASTRO, O.; KIM, K.E. and KERSHBAUM, A. Effect of coffee ingestion on catecholamine release. *Metabolism* 18(4):288-291, 1969.
6. BERGSTROM, J. and HULTMAN, E. A study of the glycogen metabolism during exercise in man. *Scand J. Clin. Invest.* 19:218-228, 1967.
7. BERGSTROM, J.; HERMANSEN, L.; HULTMAN, E. and SALTIN, B. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol. Scand.* 71(1-2):140-150, 1967.
8. BERLUNG, B. and HEMMINGSSON, P. Effects of caffeine ingestion on exercise performance at low and high altitudes in cross-country skiers. *Int. J. Sports Med.* 3(4): 234-236, 1982.
9. BUNKER, M.L. and McWILLIAMS, M. Caffeine content of common beverages. *J. Am. Diet. Assoc.* 74(1):28-32, 1979.
10. CADARETT, B.S.; LEVINE, L.; BERUBE, C.L.; POSNER, B.M. and EVANS, W.J. Effects of varied dosages of caffeine on endurance to fatigue. In Knuttgen, James A. Vogel, and Jacques Poortmans (eds) *Biochemistry of Exercise*, 870, 876, Human Kinetics, Champaign, IL, USA, 1983.

11. CAHILL, G.F. Starvation in man. *N.Engl.J. Med.* 282(12):668-675.
12. CASAL, D.C. and LEON, A.S. Failure of caffeine to affect substrate utilization during prolonged running. *Med.Sci.Sports Exerc.* 17(1):174-179, 1985.
13. CHERASKIN, S.; RIGNSDOORF, W.M.; SETYAADIMADJA, A.T. and BARRETT, R.A. Effect caffeine of verus placebo supplementation on blood glucose concentration. *Lancet* 1299-1300, June 17, 1967.
14. COCCHI, M.; SINISCALCHI, C.; ROGATO, F. and VALERINI, A. Free fatty acid levels in habitual coffee drinkers in relation to quantities consumed, sex, e age. *Ann. Nutr. Metab.* 27:477-480, 1983.
15. COSTILL, D.L. Energy supply in endurance activities. *Int.J.Sports Med. Suppl.* 5:19-21, 1984.
16. COSTILL, D.L.; COYLE, E.; DALSKY, G.P.; EVANS W.; FINK, W.J and HOOPES, D. Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *J. Appl. Physiol. Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 43(4):695-699, 1977.
17. COSTILL, D.L.; DALSKY, G.P. and FINK, W.J. Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Med.Sci.Sports* 10(3):155-158, 1978.
18. COYLE, E.F. Ergogenic aids. *Clin.Sports Med.* 3(3):731-742, 1984.
19. CURATOLO, P.W. and ROBERTSON, D. The health consequences of caffeine. *Ann.Int.Med.* 98(Part 1):641-653, 1983.
20. DELBEKE, F.T. and DEBACKERE, M. Caffeine: Use and abuse in sports. *Int.J.Sports Med.* 5(4):179-182, 1984.
21. DESPRÉS, J.P.; BOUCHARD, C.; BUKOWIECKI, L.; SAVARD, R. and LAPIEN, J. Effects of sex, fatness and training status on human fat cell lipolysis. *Biochem.Exerc.* 13: 326-330, 1983.
22. DICKISON, A.L.; HAYMES, E.M.; SPARKS, K.E.; DALSKY, G.P.; WELSH, D.G. and CHAMBERS, H. Effects of moderate caffeine ingestion on factores contributing to the quality of endurance performance. (Abst.) *Med. Sci. Sports Exerc.* 16(2):171, 1984.
23. DOBMEYER, D.J.; STINE, R.A.; LEIER, C.V.; GREENBERG, R. and SCHAAL, S. The arrhythmogenic effects of caffeine in human beings. *N.Engl. J.Med.* 308(14):814-816, 1983.
24. ESSIG, D.; COSTILL, D.L. and VAN HANDEL, P.J. Effects of caffeine ingestion on utilization of muscle glycogen and lipid during leg ergometer cycling. *Int.J.Sports Med.* 1(2):86-90, 1980.
25. FAIN, J.N. and SHEPHERD, R.E. Hormonal regulation of lipolysis: Role of cyclic nucleotides, adenosine, and free fatty acids. In David M. Klachko, Ralph R. Anderson, e Murray Heimberg (eds), *Hormones and Energy Metabolism. Adv. Exper. Med. and Biol.* 111, Plenum Press, New York, NY, USA, 43 - 77, 1979.
26. GAESSER, G.A. and RICH, R.G. Influence of caffeine on blood lactate response during incremental exercise. *Int.J.Sports Med.* 6(4):207-211, 1985.
27. GILLES, D. and MACLAREN, D. Effects of caffeine and glucose ingestion on metabolic and respiratory functions during prolonged exercise. *J.Sports Sci.* 2:35-46, 1984.
28. GOLLNICK, P.D. and MATOBA, H. Role of carbohydrate in exercise. *Clin.Sports Med.* 3(3): 583-593, 1984.
29. GRAHAM, D.M. Caffeine: Its identity, dietary sources, intake, and biological effects. *Nutr.Rev.* 36(4):97-102, 1978.
30. GROSSMAN, E.M. Some methodological issues in the conduct of caffeine research. *Fd.Chem Toxic.* 22(3):245-249, 1984.
31. HALDI, J.; BACHMAUNN, G.; ENSOR, C. and WYNN, W. The effects of various amounts of caffeine on the gaseous exchange quotient in man. *J.Nutr.* 21(3):307-320, 1941.
32. HALDI, J.; BACHMAUNN, G.; ENSOR, C. and WYNN, W. The effects on respiratory metabolism produced by equal amounts of caffeine in the form of coffee, tea and the pure alkaloid. *J.Nutr.* 27(4):287-293, 1944.
33. HERMANSEN, L. HULTMAN, E. and SALTIN, B. Muscle glycogen during prolonged severe exercise. *Acta Physiol Scand.* 71(1-2):129-139, 1967.
34. HICKSON, R.C.; RENNIE, M.J.; CONLEE, R.K.; WINDER, W.W. and HOLLOSZY, J.O. Effects of increased plasma fatty acids on glycogen utilization and endurance. *J.Appl.Physiol. Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 43(5): 829-833, 1977.
35. HOWARD, H. and DECOMBAZ, J. Nutrient intake and energy regulation in physical exercise. *Experimentia (Suppl.)* 44:77-88, 1983.
36. HULTMAN, E. and SJÖHOLM, H. Substrate utilization. *Biochem.Exerc.* 13:63-75, 1983.
37. HURLEY, B.F.; NEMETH, P.M.; MARTIN, W.H.; HAGBERG, J.M.; DALSKY, G.P. and HOLLOSZY, J.O. Muscle triglyceride utilization during exercise: effect of training. *J.Appl.Physiol*

- 60(2):562- 567, 1986.
38. IVY, J.L.; COSTILL, D.L.; FINK, W.J. and Lower, R.W. Influence of caffeine and carbohydrate feeding on endurance performance. *Med.Sci. Sports* 11(1):6-11, 1979.
 39. IZZO, J.L.; GHOSAL, A.; KWONG, T.; FREEMAN, R.B. and JAENIKE, J.R. Effects of caffeine habituation and age on the cardiovascular and sympathoadrenal responses to caffeine ingestion. (Abst.) *Clin.Res.* 28:639A, 1980.
 40. KARLSSON, J. and SALTIN, D. Diet, muscle glycogen, and endurance performance. *J.Appl. Physiol.* 31(2):203-206, 1971.
 41. KJAER, M.; CHRISTENSEN, N.J.; SONNE, B.; RICHTER E.A. and GALBO, H. Effect of exercise on epinephrine turnover in trained and untrained male subjects. *J.Appl.Physiol* 59(4):1061 - 1067, 1985.
 42. KNAPIK, J.J.; JONES, B.H.; TONER, M.M.; DANIELS, W.L. and EVANS, W.J. Influence of caffeine on serum substrate changes during running in trained and untrained individuals. *Biochem.Exerc.* 13:514-519, 1983.
 43. KOTS, Ya.M., VINOGRADOVA, O.L. and DANICHEVA, E.D. Metabolic effect of caffeine during muscular work, depending on the carbohydrate reserves levels. *Human Physiology* 10(2):310-316, 1984.
 44. LeBLANC, J.; JOBIN, M.; CÔTÉ, J.; SAMSON, P. and LABRIE, A. Enhanced metabolic response to caffeine in exercise-trained human subjects. *J. Appl. Physiol.* 59(3):832-837, 1985.
 45. LEHNINGER, A.L. Principles of biochemistry. Worth, New York, NY, USA, 1982.
 46. LOPES, J.M.; AUBIER, M.; JARDIM, J.; ARANDA, J. V. and MACKLEM, P.T. Effect of caffeine on skeletal muscle function before and after fatigue. *J.Appl.Physiol.Respirat. Environ.Exercise Physiol.* 54(5): 1303 - 1305, 1983.
 47. NEWSHOLME, E.A. The glucose/fatty acid cycle and physical exhaustion in human muscle: fatigue: physiological mechanisms, Pitman Medical, London, England, 89-101.
 48. PATWARDHAN, R.V.; DESMOND, P.V.; JOHNSON, R.E.; DUNN, G.D.; ROBERTSON, D.H.; HOYUMPA, A. M. and SCHENKER, S. Effects of caffeine on plasma free fatty acids, urinary catecholamines, and drug binding. *Clin. Pharmacol Ther* 28(3): 398-403, 1980.
 49. PAULA F.R.U. e RODRIGUES, L.O. Estudo do efeito da cafeína em diferentes níveis de exercício. *Rev.Bras.Ciências Esporte* 6(2): 139-146, 1985.
 50. PERKINS, R and WILLIAMS, M.H. Effect of caffeine upon maximal muscular endurance of females. *Med.Sci.Sports* 7(3):221 - 224, 1975.
 51. POWERS, S.K. and DOD, S. Caffeine and endurance performance. *Sports Med.* 2:165-174, 1985.
 52. POWERS, S.K.; BYRD, R.J.; TULLEY, R. and CALLEDER, T. Effects of caffeine on metabolism and performance during graded exercise. *Eur.J.Appl. Physiol.* 50(3) : 301-307, 1983.
 53. ROBERTSON, D.; FROLICH, J.C.; CARR, R.K.; WATSON, J.T.; HOLLIFIELD, J.W.; SHAND, D.G. and DATES, J.A. Effects of caffeine on plasma renin activity, catecholamines and blood pressure. *N.Engl. J.Med.* 298(4):181 - 186, 1978.
 54. ROBERTSON, D.; WADE, D.; WORKMAN, R. and WOODSLEY, R.L. Tolerance to the humoral and hemodynamic effects of caffeine in man. *J.Clin.Invest.* 64:1111-1117, 1981.
 55. ROGERS, C.C. Caffeine. *Phys. Sportsmed.* 13(3):38-40, 1985.
 56. SAUDEK, C.D. and FELLIG, P. The metabolic events of starvation. *Am J. Med.* 60:117 -126, 1978.
 57. SLAVIN, J.L. and JOENSEN, D.J. Caffeine and sports performance. *Phys. Sportsmed.* 13(5):191-193, 1985.
 58. SPILLER, M.A. The chemical components of coffee. In Gene A. Spiller(ed), *The Methylxanthine Beverages and Foods: Chemistry, Consumption, and Health Effects*, 91-147, Alan R.Liss, New York, NY, 1984.
 59. STEPHENSON, P.E. Physiologic and psychotropic effects of caffeine on man. *J.Am Diet Assoc.* 71:240-247, 1977.
 60. VAN HANDEL, P. Caffeine. In Melvin H. WILLIAMS (ed), *Ergogenic aids in sport, Human Kinetics*, Champaign, IL, USA, 128-163, 1983.
 61. VON BORSTEL, R.W. Biological effects of caffeine. *Food Technology* 40-46, Sept. 1983.
 62. WHITSETT, T.; MANION, C.V. and CHRISTENSEN, H. D. Cardiovascular effects of coffee and caffeine. *Am J. Cardiol.* 53: 918 - 922, 1984.
 63. WILCOX, A.R. The effects of caffeine and exercise on body weight, fat-pad weight and fat-cell size. *Med.Sci.Sports Exerc.* 14(4):317-321, 1982.
 64. WILLIAMS, C. Nutritional aspects of exercise-induced fatigue. *Proc.Nutr.Soc.* 44(2): 245-256, 1985.

65. WILLIAMS, P. T.; WOOD, P. D.; VRANIZAN, K. M., ALBERS, J. J., GARAY, S. C. and TAYLOR, C. Coffee intake and elevated cholesterol and apolipoprotein B levels in men. J. Am. Med. Assoc. 253(10):1407-1411, 1985.

Endereço do Autor - Author Address

Luiz Antonio dos Anjos
Rua Divisória, 30 casa 49 apt. 201
21331-Bento Ribeiro-Rio de Janeiro-RJ
Brasil