

INFLUÊNCIA DA INGESTÃO DE CAFEÍNA NAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES E HEMODINÂMICAS NO TREINAMENTO DE FORÇA: UMA REVISÃO CRÍTICA

João Marcos Silva¹, Claudia Eliza Patrocínio de Oliveira^{1,2}, Francielle de Assis Arantes²
Wanderson Matheus Lopes Machado¹, Sandro Fernandes da Silva¹, Osvaldo Costa Moreira^{1,3}

RESUMO

Introdução: A cafeína é um recurso nutricional bastante utilizado pela sua atividade ergogênica. Seus efeitos resultam na diminuição da fadiga oriunda do esforço físico, entretanto sua ingestão pode ocasionar eventos adversos, entre eles um aumento da atividade excitatória do sistema cardiovascular. **Objetivo:** Uma vez que a cafeína, como recurso nutricional ergogênico pode ser utilizada associada ao exercício físico, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão de literatura para apresentar e discutir os efeitos da ingestão de cafeína nas respostas cardiovasculares e hemodinâmicas durante o treinamento de força. **Materiais e Métodos:** Para cumprir com esse objetivo, foi realizada uma busca na base de dados do PubMed incluindo estudos que associavam esses três fatores (cafeína; respostas cardiovasculares; treinamento de força). **Resultados:** Como resultado, foi possível verificar que a cafeína influencia a resposta hemodinâmica modificando fatores como pressão arterial, frequência cardíaca, duplo produto e a variabilidade da frequência cardíaca, durante a realização do treinamento e no período de recuperação pós-exercício. Esses dados foram observados nas doses de 3-6mg/kg de peso corporal, ingerida de forma isolada, sem associação com outras substâncias, em amostras de homens, mulheres, normotensos e hipertensos, de diversas idades. No entanto, a magnitude dessas alterações não atingiu valores que implicassem em risco aos indivíduos. **Conclusão:** Portanto, por apresentar um número restrito de estudos, devemos observar com atenção a utilização de cafeína no treinamento de força para indivíduos que apresentam algum comprometimento no sistema cardiovascular, uma vez que, sua utilização promoveu exacerbação das respostas cardiovasculares e hemodinâmicas, durante e após o exercício.

Palavras-chave: Treinamento de força. Cafeína. Frequência cardíaca. Pressão arterial. Hemodinâmica.

ABSTRACT

Influence of caffeine intake on cardiovascular and hemodynamic responses in strength training: a critical review

Introduction: Caffeine is a nutritional resource widely used for its ergogenic activity. Its effects result in the reduction of fatigue resulting from physical exertion. However, its ingestion can cause adverse events, including an increase in the excitatory activity of the cardiovascular system. **Aim:** Since caffeine, as an ergogenic nutritional resource, can be used associated with physical exercise, the present study aimed to carry out a literature review to present and discuss the effects of caffeine intake on cardiovascular and hemodynamic responses during the strength training. **Materials and Methods:** To achieve this objective, a search was performed in the PubMed database including studies that associated these three factors (caffeine; cardiovascular responses; strength training). **Results:** As a result, it was possible to verify that caffeine influences the hemodynamic response by modifying factors such as blood pressure, heart rate, double product and heart rate variability, during training and in the post-exercise recovery period. These results were observed at doses of 3-6 mg/kg of body weight, taken alone, without association with other substances, in samples of men, women, normotensives and hypertensives, of different ages. However, the magnitude of these changes did not reach values that would imply a risk to individuals. **Conclusion:** Therefore, we must carefully observe the use of caffeine in strength training for individuals who have some impairment in the cardiovascular system, since its use promoted exacerbation of cardiovascular and hemodynamic responses, during and after exercise.

Key words: Strength training. Caffeine. Heart rate. Blood pressure. Hemodynamics.

1 - Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Lavras-UFLA, Lavras-MG, Brasil.

INTRODUÇÃO

O efeito do exercício nos distintos sistemas corporais é dependente de sua manipulação, e por isso, seu planejamento adequado permite aos praticantes alcançar o objetivo de forma segura e eficiente (ACSM, 2009; Garber e colaboradores, 2011).

Dentre as diversas formas de exercício físico, o treinamento de força (TF) promove impactos na promoção do desenvolvimento da força muscular, de adaptações cardiovasculares e de alterações morfológicas e metabólicas (Fragala e colaboradores, 2019; Lesinski, Prieske, Granacher, 2016; Lopez e colaboradores, 2021; Suchomel e colaboradores, 2018).

Dentre os efeitos cardiovasculares do TF, estudos recentes demonstram que esse tipo de exercício promove sobrecarga cardiovascular (Ferreira e colaboradores, 2020; Moreira e colaboradores, 2017a, 2017b).

Influenciada pela manipulação do protocolo de treino, a manutenção do débito cardíaco durante do esforço exige uma reposta homeostática controlada pelo sistema nervoso e de mecanismos celulares específicos de outros sistemas, resultando no aumento da força e da velocidade dos batimentos cardíacos e da dilatação e constrição dos vasos periféricos (Brito, Queiroz, Forjaz, 2014).

A combinação desses agentes aumenta a carga volumétrica circulatória, necessária à demanda energética da musculatura ativa, e dessa forma interfere nos valores das variáveis hemodinâmicas durante e após o exercício físico.

Assim, a avaliação de fatores como a pressão arterial e frequência cardíaca é um preditor para controlar a segurança do estresse imposto pelo exercício a esse sistema (Brito, Queiroz, Forjaz, 2014; Lamotte e colaboradores, 2010; Mayo, Kravitz, 1999).

Com intuito de auxiliar a melhora dos efeitos do exercício, o controle nutricional é uma estratégia empregada em associação ao treinamento físico.

Nesse contexto, a cafeína é um dos recursos nutricionais ergogênicos utilizados, a qual, manipulada na forma de suplemento possui como principal efeito agudo a atenuação da diminuição da capacidade de trabalho proveniente do esforço físico (ACSM, 2016; Graham, 2001; Keisler, Armsey, 2006; Kerksick e colaboradores, 2018; Martins e

colaboradores, 2020; Maughan e colaboradores, 2018).

O efeito ergogênico da cafeína na realização do TF compreende uma maior atividade do sistema nervoso central e de mecanismos celulares ativos no processo de contração muscular, entretanto seu impacto não se restringe somente ao desempenho, agindo de uma forma sistêmica ela influencia a atividade de vários órgãos, entre eles o sistema cardiovascular.

Em resposta a atuação excitatória da cafeína, efeitos adversos são observados no coração e nas artérias, e dessa forma uma sobrecarga adicional pode ser sobreposta, uma vez que na maioria dos casos a cafeína é administrada em conjunto com o exercício, momentos antes do início do mesmo (Benjamim e colaboradores, 2020, 2021; Buscemi e colaboradores, 2010; Cauli; Morelli, 2005; Ferreira, Silva, Bueno, 2021; Grgic e colaboradores, 2019; Kalmar, 2005; Lopes, Pliássova, Cunha, 2019; Martins e colaboradores, 2020; Papamichael e colaboradores, 2005).

Nesse sentido, o conhecimento das respostas cardiovasculares induzidas pela ingestão de cafeína durante o TF é importante porque os padrões específicos das respostas cardiovasculares podem ter sérias implicações para a segurança do exercício para todos os indivíduos, especialmente para aqueles indivíduos com função cardiovascular comprometida.

Assim, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão de literatura para apresentar e discutir os efeitos da ingestão de cafeína nas respostas cardiovasculares e hemodinâmicas durante o TF.

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo, teve-se o entendimento de revisão narrativa como sendo aquela que não utiliza critérios explícitos e sistemáticos para a busca e análise crítica da literatura e que, portanto, sua busca pelos estudos não precisa esgotar as fontes de informações, por meio da utilização de estratégias de busca sofisticadas e exaustivas.

Assim, a busca dos artigos foi realizada na base de dados PubMed, sem restrição de data. F

oram usadas na pesquisa, termos como: cafeína; treinamento de força; e resposta cardiovascular.

Foram considerados todos os artigos em inglês, com ênfase em seres humanos.

Após leitura do título e do resumo, todos os artigos não específicos a temática foram descartados.

A partir de então, procedeu-se a leitura do trabalho completo para obtenção de informações relevantes e claras, que pudessem contribuir e elucidar o objetivo proposto. Além disso, foram consultadas as listas de referências bibliográficas dos artigos selecionados, a fim de inserir estudos que, porventura, pudessem ter relevância para a discussão proposta no presente trabalho.

Cafeína: conceituação e principais efeitos

A cafeína (CAF) é uma molécula alcaloide lipossolúvel pertencente ao grupo das xantinas conhecida quimicamente como 1,3,7-trimetilxantina presente em alimentos e medicamentos como café, chás, refrigerante e chocolate e bebidas energéticas.

É uma substância altamente biodisponível, atingindo seu pico na concentração sanguínea minutos após sua ingestão (Higdon, Frei, 2006; Moreau, 2012; Pedroso, 1996).

Em termos biológicos a principal ação da CAF está relacionada com seus efeitos fisiológicos ao competir com os receptores celulares de adenosina, por ter uma composição química semelhante sua função está totalmente relacionada aos efeitos antagonísticos dela.

Uma vez que esses receptores estão presentes em praticamente todos os tecidos corporais, a CAF altera a atividade de vários sistemas incluindo o nervoso, o cardiovascular e o musculoesquelético (Cauli, Morelli, 2005; Davis e colaboradores, 2003; Kerksick e colaboradores, 2018; Lopes, Pliássova, Cunha, 2019; Meeusen, Roelands, Spriet, 2013; Papamichael e colaboradores, 2005; Turnbull e colaboradores, 2017).

Em relação aos efeitos agudos da CAF, sua manipulação como um suplemento alimentar é utilizada tanto no meio esportivo a fim de potencializar o desempenho físico, quanto por entusiastas da atividade física para auxiliar na melhora dos objetivos desejados, e dessa forma a literatura é bem esclarecida a respeito do seu comportamento dose resposta, eficácia e segurança.

Em concentrações de 3 a 6 mg/kg de peso corporal, a CAF atinge seu pico

plasmático entre 40 a 90 minutos após sua ingestão podendo ter uma meia vida de 3 a 6 horas e com isso sua utilização é realizada de forma aguda momentos antes da realização da atividade, fornecendo dessa forma o impacto necessário aos efeitos desejados (Graham, 2001; Higdon, Frei, 2006; Keisler, Armsey, 2006; Martins e colaboradores, 2020; Maughan e colaboradores, 2018; Tarnopolsky, 2010).

Cafeína e receptores celulares de adenosina no sistema nervoso e cardiovascular

A adenosina é um nucleotídeo purínico que desempenha um importante efeito fisiológico devido à presença de seus receptores (acoplados a proteína G) em praticamente todos os tipos de tecidos do organismo.

Através da sinalização de segundo mensageiros a ação desses receptores alteram a atividade de várias proteínas presentes na cascata de sinalização enzimática e dessa forma modifica o funcionamento celular (Borea e colaboradores, 2018; Trincavelli, Daniele, Martini, 2010).

A CAF em suas propriedades lipofílicas atravessa facilmente a barreira hematoencefálica, e ao competir com a adenosina aumenta a excitabilidade celular no sistema nervoso central (SNC), e por intensificar a taxa de disparo da sinapse nervosa, interfere diretamente na atividade do centro de controle autonômico e no estímulo das vias motoras eferentes.

Esse efeito é ocasionado pelo aumento do potencial da membrana, onde a mudança da atividade dos canais de K^+ diminui o efluxo dele, elevando o gradiente de concentração das cargas positivas no meio intracelular, e com isso uma menor magnitude do potencial de ação é necessária para atingir o limiar de disparo indispensável para despolarização e condução estímulo nervoso.

Um aumento da atividade no sistema nervoso simpático resulta também em uma maior produção dos hormônios adrenérgicos adrenalina e noradrenalina pela medula adrenal, excitando por sua vez vários tecidos corporais, principalmente os do sistema cardiovascular (Davis e colaboradores, 2003; Lopes, Pliássova, Cunha, 2019; Silva e colaboradores, 2020).

As respostas da CAF no sistema cardiovascular ocorrem em uma ação simultânea de fatores diretos e também pela

estimulação autonômica de uma maior atuação do sistema nervoso simpático e com isso incrementa o efeito cronotrópico e inotrópico cardíaco juntamente com a modulação do tônus vascular central e periférico.

Pela ação direta ela age nas células do coração do nodo sinoatrial e cardiomiócitos por mecanismos semelhantes ao SNC envolvidos no funcionamento dos canais de K⁺, além disso modula também os canais de Ca⁺ aumentando o influxo e sua disponibilidade no meio intracelular, ademais a CAF também influencia a resposta dos receptores β-adrenérgicos cardíacos, uma vez que a adenosina atenua sua ação, um efeito contrário é promovido.

Em resultado a somatória desses eventos, em conjunto a ação das catecolaminas, observa-se uma elevação tanto na frequência quanto a força de contratilidade cardíaca. Operando na musculatura vascular periférica a CAF modifica o tônus vascular e a produção de agentes vasodilatadores do endotélio, ambos controlados pela adenosina, integrado aos hormônios adrenérgicos resulta em efeito vasoconstritor periférico (Borea e colaboradores, 2018; Geldenhuys e colaboradores, 2017; Headrick e colaboradores, 2011, 2013; Mustafa e colaboradores, 2009).

Interação da cafeína nas respostas cardiovasculares no treinamento de força

Diante dos efeitos fisiológicos exercidos pela CAF para otimizar o desempenho durante o exercício, sua utilização segura nas doses recomendadas é testada também a melhora das diferentes manifestações da força muscular, como a potência muscular (Davis; Green, 2009; Grgic e colaboradores, 2019; Kerksick e colaboradores, 2018; Maughan e colaboradores, 2018; Setaro, 2020).

Entretanto, pela influência da CAF no comportamento do sistema cardiovascular, somados a sobrecarga proveniente do exercício físico, foram buscados na literatura científica, estudos que avaliaram a relação da CAF com as repostas cardiovasculares associados ao TF.

Ainda que em número limitado, foram encontrados estudos que avaliaram a relação entre ingestão de CAF, TF e repostas cardiovasculares, observando, especialmente, o comportamento de fatores como pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC) e

controle autonômico cardíaco (Astorino e colaboradores, 2013; Benjamim e colaboradores, 2021; Souza e colaboradores, 2014).

Em estudo de revisão de literatura realizado pelos mesmos autores (Benjamim e colaboradores, 2020), investigaram o impacto da ingestão de CAF antes dos exercícios no controle autonômico cardíaco pós-exercício pela análise da VFC.

Foram encontrados dados não conclusivos para esse efeito, apesar da maioria dos achados comprovarem uma ativação prolongada do controle cardíaco simpático e uma reativação parassimpática retardada no pós-exercício.

Embora a revisão citada não tenha incluído o TF, não é possível negligenciar o comportamento cardiovascular observado pelos estudos analisados frente à ingestão de CAF, uma vez que ainda se carece de dados para essa análise em associação ao TF (Benjamim e colaboradores, 2020).

Ao avaliar a função autonômica, por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), e a pressão arterial, Benjamin e colaboradores (2021), por meio de um ensaio clínico, com desenho cruzado, realizado com uma amostra de 30 indivíduos treinados, utilizou 300 mg de CAF, 45 minutos antes da realização dos exercícios de força, em um protocolo composto pelos exercícios leg press, agachamento, cadeira extensora, cadeira abdução e agachamento a 75% da carga máxima realizados em 4 séries de 10 repetições, confirmam que a ingestão de CAF antes do TF prejudicou a recuperação do controle vagal da FC e da pressão arterial sistólica (PAS) durante a recuperação pós-exercício.

Além disso, o grupo que ingeriu CAF também apresentou prejuízo na recuperação pós-exercício para as variáveis da VFC que indicavam as oscilações no intervalo entre batimentos cardíacos consecutivos (intervalos R-R), assim como naquelas que indicavam oscilações entre frequências cardíacas instantâneas consecutivas.

A hipótese fisiológica sugerida pelos autores propõe que um aumento da liberação de catecolaminas pode ser acentuado pela CAF contribuindo, dessa forma, para retardar a restauração da homeostasia cardiovascular (Benjamim e colaboradores, 2021).

Utilizando a CAF em doses de 4mg/kg de peso corporal 45 minutos antes do

treinamento, outro estudo analisou seu efeito na hemodinâmica após uma sessão de TF, expresso nos valores da PA, FC, volume sistólico, débito cardíaco e resistência vascular periférica.

Além disso, a PA foi verificada também de forma ambulatorial por 9 horas pós-treino. Puxada frontal, cadeira extensora, cadeira flexora, supino reto, rosca direta, leg press 45° e tríceps francês, em 3 séries de 10 repetições a 75% de RM foram realizados por 15 participantes saudáveis em duas sessões, com e sem o consumo de CAF.

Como resultado os autores observaram aumento da PAS e da pressão arterial diastólica (PAD) após a ingestão da CAF em comparação ao repouso, porém quando medida 15 minutos pós-exercício, em comparação ao placebo, os valores da PAS, pressão arterial média e resistência vascular periférica foram mais baixos para o grupo CAF.

Diferentemente, a medida ambulatorial pós-exercício, PA média e resistência vascular periférica foram aumentados. Dessa forma, os autores sugerem que os efeitos cardiovasculares da CAF são diferentes no pós-exercício, carecendo de mais estudos para investiga-los (Souza e colaboradores, 2014).

Um estudo feito em indivíduos pré-hipertensos e normotensos, investigou as alterações da PA, com ingestão de 6mg/kg de peso corporal de CAF, consumida 1 hora antes da realização de uma sessão de TF composta por 4 séries até a falha concêntrica nos exercícios supino reto e leg press 45°, remada bilateral e desenvolvimento com barra.

A carga utilizada foi de 70% de 1RM para os exercícios supino reto e desenvolvimento e 80% de 1 RM para o leg press 45° e remada bilateral. Foram aferidas a FC e a PA antes, durante e 75 minutos após as duas sessões de exercícios.

Somente PAS aumentou na sessão CAF, nas medias após sua ingestão, durante e no período de recuperação quando comparado a sessão sem CAF. Ao comparar os grupos, todas as variáveis analisadas foram maiores para os indivíduos pré-hipertensos em relação aos normotensos.

Dessa forma os autores concluem que a CAF inibe o efeito hipotensor pós-exercício, destacando o cuidado de sua utilização em indivíduos hipertensos (Astorino e colaboradores, 2013).

Em outro estudo do mesmo grupo, a ingestão de 6mg/kg de peso corporal de CAF

foi combinada a dois exercícios para avaliação da PA, FC e duplo produto (DP) em 4 momentos distintos: repouso, ao final do aquecimento e de cada um dos exercícios.

Após 1 hora da ingestão da CAF os participantes realizaram os exercícios supino reto e leg press a 60% de 1 RM até a falha muscular concêntrica. Em relação à condição placebo, a cafeína elevou os valores da PA, FC e por consequência DP no pós-exercício (Astorino e colaboradores, 2007).

Em relação ao sexo feminino, um estudo proposto por Goldstein e colaboradores (2010), em amostra de 15 mulheres treinadas, que ingeriram 6mg/kg de peso corporal de CAF, avaliou o efeito da ingestão de cafeína sobre as respostas cardiovasculares em um protocolo de resistência muscular.

Após a realização de um teste de 1RM no supino reto, procedia-se a realização de uma série com 60% de 1RM até a falha muscular concêntrica. A PA e a FC foram aferidas no repouso, após a ingestão da CAF e imediatamente ao término do protocolo de exercícios. Os autores relataram um aumento significativo da PAS no pós-exercício em comparação à condição placebo (Goldstein e colaboradores, 2010). Os autores não consideraram a possível influência dos hormônios sexuais femininos sobre hemodinâmica corporal e sua relação com as fases do ciclo menstrual, no entanto, afirmaram que, independentemente dessa análise a CAF contribuiu para alterar os valores da PA (Janse de Jonge, Thompson, Han, 2019).

Em uma avaliação de exercícios anaeróbicos combinando o teste de Wingate e os exercícios leg press e supino reto até a falha muscular concêntrica, observou-se que a suplementação de 5mg/kg de peso corporal de CAF induziu um aumento da PAS e da PAD, durante e após o exercício, quando comparada à suplementação com placebo. Por outro lado, as análises da FC nos momentos pós ingestão de cafeína, durante e após os exercícios não apresentaram diferenças significativas (Woolf, Bidwell, Carlson, 2008).

Em outro estudo, a FC de pico também respondeu de maneira antagônica ao estudo anterior, investigada no exercício leg press e supino reto em 3 séries até a falha a 10 RM, após a ingestão de 6mg/kg de CAF.

Ao final do estudo, os autores mencionaram um aumento da FC de pico no final da terceira série do exercício leg press,

confirmando a influência da CAF nos valores da FC (Green e colaboradores, 2007).

Nesse sentido, considerando os estudos analisados, as evidências científicas parecem apontar que a ingestão de CAF e sua associação com o TF potencializam o aumento da sobrecarga no sistema cardiovascular.

Dessa forma deve-se tomar cuidado ao utilizar a CAF como suplemento, especialmente em indivíduos com histórico de problemas cardiovasculares, como os hipertensos (Grgic e colaboradores, 2019).

CONCLUSÃO

Diante da utilização da CAF como suplemento ergogênico e seus efeitos fisiológicos em vários sistemas do organismo, é possível considerar que sua combinação com o TF contribui para uma sobrecarga cardiovascular, expressa, sobretudo, nos maiores valores de PA, DP, FC e VFC durante o esforço e no período de recuperação pós-exercício.

Os estudos analisados nessa revisão incluíram doses já estabelecidas de 3-6mg/kg de peso corporal, ingerida de forma isolada, sem associação com outra substância, realizando protocolos com diferentes volumes e intensidades e com amostra de ambos os sexos, normotensos e hipertensos, fato que demonstra a ampla aplicação da CAF como recurso ergogênico nutricional.

Apesar de um número limitado de estudos e de certa homogeneidade dos protocolos de ingestão de CAF, em virtude da exacerbação das respostas cardiovasculares e hemodinâmicas associadas à ingestão dessa substância, deve-se ter atenção para o consumo desse suplemento por parte de pessoas que apresentem algum comprometimento do sistema cardiovascular, uma vez que, a CAF se apresentou como um potencializador da sobrecarga cardiovascular durante e após o TF.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG (APQ-02915-21).

REFERÊNCIAS

1-ACSM. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine & Science*

in *Sports & Exercise*. Vol. 41. Num. 3. 2009. p. 687-708.

<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>

2-ACSM. Nutrition and Athletic Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 48. Num. 3. 2016. p. 543-568. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000052>

3-Astorino, T. A.; Rohmann, R. L.; Firth, K.; Kelly, S. Caffeine-induced changes in cardiovascular function during resistance training. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. Vol.17. Num.5. 2007. p. 468-477. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.17.5.468>

4-Astorino, T. A.; Martin, B. J.; Schachtsiek, L.; Wong, K. Caffeine ingestion and intense resistance training minimize postexercise hypotension in normotensive and prehypertensive men. *Research in sports medicine*. Vol.21. Num.1. 2013. p.52-65. <https://doi.org/10.1080/15438627.2012.738443>

5-Benjamim, C.; Kliszczewicz, B.; Garner, D. M.; Cavalcante, T.; da Silva, A.; Santana, M.; Valenti, V. E. Is Caffeine Recommended Before Exercise? A Systematic Review to Investigate Its Impact on Cardiac Autonomic Control Via Heart Rate and Its Variability. *Journal of the American College of Nutrition*. Vol.39. Num. 6. 2020. p. 563-573. <https://doi.org/10.1080/07315724.2019.1705201>

6-Benjamim, C.; Monteiro, L.; Pontes, Y.; Silva, A.; Souza, T.; Valenti, V. E.; Garner, D. M.; Cavalcante, T. Caffeine slows heart rate autonomic recovery following strength exercise in healthy subjects. *Revista portuguesa de cardiologia*. Vol.40. Num.6. 2021. p. 399-406. <https://doi.org/10.1016/j.repce.2020.07.021>

7-Borea, P. A.; Gessi, S.; Merighi, S.; Vincenzi, F.; Varani, K. Pharmacology of Adenosine Receptors: The State of the Art. *Physiological reviews*. Vol.98. Num.3. 2018. p. 1591-1625. <https://doi.org/10.1152/physrev.00049.2017>

8-Brito, L. C.; Queiroz, A. C. C.; Forjaz, C. L. M. Influence of population and exercise protocol characteristics on hemodynamic determinants of post-aerobic exercise hypotension. *Brazilian*

Journal of Medical and Biological Research. Vol. 47. Num. 8. 2014. p. 626-636.

9-Buscemi, S.; Verga, S.; Batsis, J. A.; Donatelli, M.; Tranchina, M. R.; Belmonte, S.; Mattina, A.; Re, A.; Cerasola, G. Acute effects of coffee on endothelial function in healthy subjects. *European journal of clinical nutrition*. Vol. 64. Num. 5. 2010. p. 483-489. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.9>

10-Cauli, O.; Morelli, M. Caffeine and the dopaminergic system. *Behavioural pharmacology*. Vol.16. Num. 2. 2005. p. 63-77. <https://doi.org/10.1097/00008877-200503000-00001>

11-Davis, J. K.; Green, J. M. Caffeine and Anaerobic Performance. *Sports Medicine*. Vol. 39. Núm. 10. 2009. p. 813-832. <https://doi.org/10.2165/11317770-000000000-00000>

12-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. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*. Vol. 284. Num. 2. 2003. p. 399-404. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00386.2002>

13-Ferreira, L.P.; Moreira, O.C.; Caldas, L.R.R.; Rezende, L.M.T.; Hughes, K.; Souza, E.O.; Carneiro-Júnior, M.A. Cardiovascular responses of beginner and advanced practitioners to different volume and intensity resistance exercise protocols. *Eu J Hum Mov*. Vol. 44. 2020. p. 80-94.

14-Ferreira, T. T.; Silva, J. V. F.; Bueno, N. B. Effects of caffeine supplementation on muscle endurance, maximum strength, and perceived exertion in adults submitted to strength training: a systematic review and meta-analyses. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 61. Num. 15. 2021. p. 2587-2600.

15-Fragala, M. S.; Cadore, E. L.; Dorgo, S.; Izquierdo, M.; Kraemer, W. J.; Peterson, M. D.; Ryan, E. D. Resistance Training for Older Adults: Position Statement from the National Strength and Conditioning Association. *Journal of strength and conditioning research*. Vol. 33. Num.8. 2019. p. 2019-2052. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003230>

16-Garber, C. E.; Blissmer, B.; Deschenes, M. R.; Franklin, B. A.; Lamonte, M. J.; Lee, I. M.; Nieman, D. C.; Swain, D. P.; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 43. Num. 7. 2011. p. 1334-1359. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f6fb>

17-Geldenhuys, W. J.; Hanif, A.; Yun, J.; Nayeem, M. A. Exploring Adenosine Receptor Ligands: Potential Role in the Treatment of Cardiovascular Diseases. *Molecules*. Vol. 22. Num. 6. 2017. p. 917. <https://doi.org/10.3390/molecules22060917>

18-Goldstein, E.; Jacobs, P. L.; Whitehurst, M.; Penhollow, T.; Antonio, J. Caffeine enhances upper body strength in resistance-trained women. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 7. Num. 18. 2010. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-18>

19-Graham, T. E. Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. *Sports Medicine*. Vol. 31. Num. 11. 2001. p. 785-807. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131110-0000>

20-Green, J. M.; Wickwire, P. J.; McLester, J. R.; Gendle, S.; Hudson, G.; Pritchett, R. C.; Laurent, C. M. Effects of caffeine on repetitions to failure and ratings of perceived exertion during resistance training. *International journal of sports physiology and performance*. Vol. 2. Num. 3. 2007. p. 250-259. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2.3.250>

21-Grgic, J.; Mikulic, P.; Schoenfeld, B. J.; Bishop, D. J.; Pedisic, Z. The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. *Sports medicin*. Vol. 49. Num.1. 2019. p. 17-30. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0997-y>

22-Headrick, J. P.; Peart, J. N.; Reichelt, M. E.; Haseler, L. J. Adenosine and its receptors in the heart: regulation, retaliation and adaptation. *Biochimica et biophysica acta*. Vol. 1808. Num. 5. 2011. p.1413-1428. <https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2010.11.016>

23-Headrick, J. P.; Ashton, K. J.; Rose'meyer, R. B.; Peart, J. N. Cardiovascular adenosine receptors: expression, actions and interactions. *Pharmacology & therapeutics*. Vol. 140. Num. 1. 2013. p. 92-111. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2013.06.002>

24-Higdon, J. V.; Frei, B. Coffee and Health: A Review of Recent Human Research. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 46. Num. 2. 2006. p. 101-123. <https://doi.org/10.1080/10408390500400009>

25-Janse de Jonge, X.; Thompson, B.; Han, A. Methodological Recommendations for Menstrual Cycle Research in Sports and Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 51. Num. 12. 2019. p. 2610-2617. <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000002073>

26-Kalmar, J. M. The Influence of Caffeine on Voluntary Muscle Activation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 37. Num. 12. 2005. p. 2113-2119. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000178219.18086.9e>

27-Keisler, B. D.; Armsey, T. D. Caffeine As an Ergogenic Aid. *Current Sports Medicine Reports*. Vol. 5. Num. 4. 2006. p. 215-219. <https://doi.org/10.1097/01.csmr.0000306510.57644.a7>

28-Kerksick, C. M.; Wilborn, C. D.; Roberts, M. D.; Smith-Ryan, A.; Kleiner, S. M.; Jäger, R.; Collins, R.; Cooke, M.; Davis, J. N.; Galvan, E.; Greenwood, M.; Lowery, L. M.; Wildman, R.; Antonio, J.; Kreider, R. B. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 15. Num. 1. 2018. p.01-57. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>

29-Lamotte, M.; Fleury, F.; Pirard, M.; Jamon, A.; Van de Borne, P. Acute cardiovascular response to resistance training during cardiac rehabilitation: effect of repetition speed and rest periods. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation: official journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*. Vol. 17. Num. 3. 2010. p. 329-336.

<https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e328332efd>

30-Lesinski, M.; Prieske, O.; Granacher, U. Effects and dose-response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 50. Num. 13. 2016. p. 781-795.

31-Lopes, J. P.; Pliássova, A.; Cunha, R. A. The physiological effects of caffeine on synaptic transmission and plasticity in the mouse hippocampus selectively depend on adenosine A1 and A2A receptors. *Biochemical Pharmacology*. Vol. 166. 2019. p. 313-321. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2019.06.008>

32-Lopez, P.; Radaelli, R.; Taaffe, D. R.; Newton, R. U.; Galvão, D. A.; Trajano, G. S.; Teodoro, J. L.; Kraemer, W. J.; Häkkinen, K.; Pinto, R. S. Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 53. Num. 6. 2021. p. 1206-1216. <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000002585>

33-Martins, G. L.; Guilherme, J.; Ferreira, L.; Souza-Junior, T. P.; Lancha, A. H. Caffeine and Exercise Performance: Possible Directions for Definitive Findings. *Frontiers in sports and active living*. Vol. 2. 2020. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.574854>

34-Maughan, R. J.; Burke, L. M.; Dvorak, J.; Larson-Meyer, D. E.; Peeling, P.; Phillips, S. M.; Rawson, E. S.; Walsh, N. P.; Garthe, I.; Geyer, H.; Meeusen, R.; van Loon, L.; Shirreffs, S. M.; Spriet, L. L.; Stuart, M.; Vernec, A.; Currell, K.; Ali, V. M.; Budgett, R.; Ljungqvist, A.; Engebretsen, L. IOC Consensus Statement: Dietary Supplements and the High-Performance Athlete. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. Vol. 28. Num. 2. 2018. p. 104-125. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2018-0020>

35-Mayo, J. J.; Kravitz, L. A Review of the Acute Cardiovascular Responses to Resistance Exercise of Healthy Young and Older Adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 13. Num. 1. 1999. p.90-96.

- 36-Meeusen, R.; Roelands, B.; Spriet, L. L. Caffeine, exercise and the brain. Nestle Nutrition Institute workshop series. Vol. 76. 2013. p. 1-12. <https://doi.org/10.1159/000350223>
- 37-Moreau, R. L. M. Cafeína e atividade física. São Paulo. Atheneu. 2012.
- 38-Moreira, O.C.; Oliveira, C.E.P.; Matos, D.G.; Silva, S.F.; Hickner, R.C.; Aidar, F.J. Cardiovascular response to strength training is more affected by intensity than volume in healthy subjects. Revista Andaluza de Medicina del Deporte. Vol. 11. Num. 3. 2017a. p.1-5.
- 39-Moreira, O. C.; Faraci, L. L.; Matos, D. G.; Mazini Filho, M. L.; Silva, S. F.; Aidar, F. J.; Hickner, R. C.; Oliveira, C. E. Cardiovascular Responses to Unilateral, Bilateral, and Alternating Limb Resistance Exercise Performed Using Different Body Segments. Journal of strength and conditioning research. Vol. 31. Num. 3. 2017b. p. 644-652. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001160>
- 40-Mustafa, S. J.; Morrison, R. R.; Teng, B.; Pelleg, A. Adenosine receptors and the heart: role in regulation of coronary blood flow and cardiac electrophysiology. Handbook of experimental pharmacology. Vol. 193. 2009. p. 161-188. https://doi.org/10.1007/978-3-540-89615-9_6
- 41-Papamichael, C. M.; Aznaouridis, K. A.; Karatzis, E. N.; Karatzi, K. N.; Stamatelopoulos, K. S.; Vamvakou, G.; Lekakis, J. P.; Mavrikakis, M. E. Effect of coffee on endothelial function in healthy subjects: the role of caffeine. Clinical Science. Vol. 109. Num. 1. 2005. p. 55-60. <https://doi.org/10.1042/CS20040358>
- 42-Pedroso, R. C. Dopagem por cafeína, diuréticos e esteróides anabólicos no esporte. São Paulo. Atheneu. 1996.
- 43-Setaro, L.; Mata, V.; Fialho, R. A. Suplementação de cafeína em exercícios anaeróbios. Advances in Nutrition Sciences. Vol.1. Num.1. 2020. p. 73-79.
- 44-Silva, M. A.; Lopes, C. A.; Spexoto, M. C. B.; Oliveira, D. M.; Rogatto, P. C. V.; Rogatto, G. P.; Rocha, R. A. M. Efeito ergogênico da cafeína sobre a fadiga e a dor durante o exercício: uma revisão sistemática. Itinerarius Reflectionis. Vol. 16. Num. 3. 2020. p. 01-19. <https://doi.org/10.5216/rir.v16i3.60468>
- 45-Souza, D.; Casonatto, J.; Poton, R.; Willardson, J.; Polito, M. Acute effect of caffeine intake on hemodynamics after resistance exercise in young non-hypertensive subjects. Research in sports medicine. Vol. 22. Num. 3. 2014. p. 253-264. <https://doi.org/10.1080/15438627.2014.915832>
- 46-Suchomel, T. J.; Nimphius, S.; Bellon, C. R.; Stone, M. H. The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. Sports medicine. Vol. 48. Num. 4. 2018. p. 765-785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- 47-Tarnopolsky, M. A. Caffeine and Creatine Use in Sport. Annals of Nutrition and Metabolism. Vol. 57. Num. 2010. p. 1-8. <https://doi.org/10.1159/000322696>
- 48-Trincavelli, M. L.; Daniele, S.; Martini, C. Adenosine Receptors: What We Know and What We are Learning. Current Topics in Medicinal Chemistry. Vol. 10. Num. 9. 2010. p. 860-877. <https://doi.org/10.2174/156802610791268756>
- 49-Turnbull, D.; Rodricks, J. V.; Mariano, G. F.; Chowdhury, F. Caffeine and cardiovascular health. Regulatory toxicology and pharmacology: RTP. Vol. 89. 2017. p. 165-185. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.07.025>
- 50-Woolf, K.; Bidwell, W. K.; Carlson, A. G. The Effect of Caffeine as an Ergogenic Aid in Anaerobic Exercise. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. Vol. 18. Num. 4. 2008. p. 412-429. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.18.4.412>
- 2 - Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa-MG, Brasil.
- 3 - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Viçosa-UFV, Campus Florestal, Florestal-MG, Brasil.

RBNE
Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

E-mail autores:

joao.silva54@estudante.ufla.br

cpatrocinio@ufv.br

francielle.arantes@ufv.br

sandrofs@ufla.br

osvaldo.moreira@ufv.br

Autor de correspondência:

Osvaldo Costa Moreira.

osvaldo.moreira@ufv.br

Rodovia LMG 818, Km 6.

Campus Universitário, Florestal-MG, Brasil.

CEP: 35690-000.

Recebido para publicação em 02/05/2022

Aceito em 03/06/2022