

Chá Mate Melhora Resistência à Natação e Reduz o Dano Oxidativo Induzido pelo Exercício em Ratos Submetidos à Única Sessão de Natação

Mate tea improves resistance swimming and reduces oxidative damage induced by exercise in rats after a swimming single session

Yerba mate mejora la resistencia a natación y reduce el daño oxidativo inducido por el ejercicio en ratas después de una sola sesión de la natación

Monique Patrício **Singulani**¹
Leandro Figueiredo dos **Santos**¹
Antonio Hernandes **Chaves Neto**²
Wagner Garcez de **Mello**¹
Samuel Rodrigues Lourenço de **Morais**¹
Rita Cássia Menegati **Dornelles**²
Ana Cláudia de Melo Stevanato **Nakamune**²

¹Programa Multicêntrico de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas - SBFis;

²Departamento de Ciências Básicas Faculdade de Odontologia de Araçatuba, UNESP- Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Brasil

Várias intervenções nutricionais são realizadas a fim de reduzir o impacto do EO induzido pelo exercício. Alguns estudos sugerem que o chá mate (CM) possui compostos que podem atuar como antioxidantes reduzindo o EO. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do CM sob o EO induzido após uma única sessão de exercício aeróbico. **Métodos:** Foram utilizados ratos machos Wistar (50 dias e 200g) distribuídos em quatro grupos experimentais: Controle (CON); Chá mate (CM); Natação (N); Natação+chá mate (N+CM). Os grupos CM e N+CM receberam o CM diluído em água destilada a 96°C, durante cinco dias, via orofaríngea (50 mg/kg de massa corporal, 0,5 mL). Ambos os grupos foram adaptados ao ambiente aquático previamente ao dia experimental, submetidos a uma única sessão de natação, com 5% do peso corporal acoplado à cauda, até que os animais atingissem a exaustão. Imediatamente após o estado de exaustão, o sangue periférico foi coletado para posteriores análises. **Resultados:** Os animais pertencentes ao grupo N+CM apresentaram melhora da resistência à natação quando comparado ao grupo N ($p < 0,0001$). Não foi observado aumento no dano oxidativo lipídico e produção de lactato plasmático no grupo N+CM, em relação ao grupo N, podendo ser atribuído ao aumento significativo das concentrações plasmáticas de ácido úrico demonstrado neste estudo. **Conclusão:** Portanto, os resultados indicam que o consumo de CM pode ser estratégia natural para melhorar a resistência aeróbica do exercício e reduzir o impacto do EO induzido pelo exercício aeróbico.

Palavras Chave: Estresse oxidativo, Peroxidação lipídica, Exercício aeróbico, Chá mate.

INTRODUÇÃO

Atualmente, há diversos estudos com o objetivo de avaliar o efeito de intervenções antioxidantes sobre o estresse oxidativo induzido tanto pelo exercício físico agudo quanto o exercício físico crônico¹. Sabe-se que enquanto o exercício de alta intensidade agudo promove dano oxidativo, por outro lado, o prática de exercícios (crônico) leva a adaptações benéficas, como por exemplo, a diminuição do estresse oxidativo^{2,3,4,1}. No entanto, as repostas do sistema antioxidante em resposta a prática de exercícios agudos de alta intensidade não estão totalmente esclarecidas^{5,6,7,4}.

Há uma enorme variedade de ervas naturais relacionadas com a redução do estresse oxidativo, como por exemplo, as sementes de uva⁸, soja⁹ e a erva mate (*Ilex paraguariensis*)¹⁰. A *Ilex paraguariensis* é uma planta da família aquifoliaceae, amplamente consumida e produzida no sul do Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai¹¹. Essa espécie de planta é exportada para os Estados Unidos, Europa e Ásia como uma droga natural ou extrato para diferentes medicamentos fitoterápicos, alimentos e preparação de cosméticos¹². As folhas dessa erva são usadas em diferentes bebidas como o chá mate (CM), “chimarrão” (mate) ou “tererê”¹². O CM é rico em compostos bioativos que exercem importantes atividades biológicas em benefício da saúde¹³. Os polifenóis presentes no CM modulam a expressão gênica de enzimas antioxidantes, neutralizam espécies reativas de oxigênio e previnem o aumento do estresse oxidativo^{14,15}. No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos do CM em resposta ao dano oxidativo induzido pelo exercício.

Baseado nos efeitos antioxidantes do CM, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do CM sobre o dano oxidativo avaliado por meio da peroxidação lipídica de hemácias de ratos submetidos a sessão única de exercício aeróbio.

MATERIAL E MÉTODO

1. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

1.1. Chá mate

O chá mate (CM) solúvel (Leão Jr Co., Curitiba, PR, Brasil) foi adquirido no comércio local. O mesmo lote do chá foi utilizado durante toda a fase experimental. O CM foi preparado diariamente na concentração de 4 mg/mL, diluído em água filtrada à 96°C. Após o resfriamento do CM, o mesmo foi utilizado para a suplementação dos animais e para análises laboratoriais.

1.2. Determinação dos Polifenóis totais

Os polifenóis totais presentes no CM foram determinados pelo método de *Folin-Ciocalteu*, com o uso de ácido gálico como padrão¹⁶. Esse método consiste na adição de 20µL de CM à solução de 2% de Na₂CO₃ (p/v) e adição de *Folin-Ciocalteu* 1:1 (v/v) dois minutos após. Após incubação por 30 minutos, a absorbância foi determinada a 750 nm (Hitachi U 1100). A concentração total foi expressa em polifenóis mg/g, utilizando a curva de ácido gálico como padrão.

1.3 Capacidade antioxidante total

A capacidade antioxidante total (CAT) foi avaliada de acordo com Benzie e Strain¹⁷. Esse método baseia-se na redução do complexo férrico tripiridiltriazine (Fe³⁺ - TPTZ) formando Fe²⁺ em ácido médio. A absorbância foi estimada a 595 nm e os resultados expressos em µmol/g de CM, utilizando como padrão a curva de sulfato de ferro.

1.4 Animais

Foram utilizados 40 ratos machos Wistar (50 dias de idade e peso aproximado de 170 g) obtidos do Biotério central da Faculdade de Odontologia de Araçatuba (UNESP, Araçatuba – SP), e alojados 4

animais pro gaiola e tratados com ração comercial (Presence Ratos e Camundongos) e água *ad libitum*. Os animais foram mantidos no biotério do departamento de Ciências básicas desta instituição, em ambiente com controle de umidade (55%), temperatura ($22\pm 2^\circ\text{C}$) e ciclo de luz claro-escuro (12h/12h), com início da fase escura às 19 horas. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comissão Local de Ética no Uso de Animais da presente instituição (CEUA/UNESP – Araçatuba)

2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E PROTOCOLO DE SUPLEMENTAÇÃO COM CHÁ MATE

Os animais foram distribuídos aleatoriamente em 4 grupos (n=10): Grupo não treinado (CON); Grupo não treinado e suplementado com chá mate (CM); Grupo natação (N) e Grupo natação e suplementado com chá mate (N+CM). Os grupos CM e N+CM receberam doses de chá mate diária (50 mg/kg) durante 5 dias por gavagem (0,5 mL). Os grupos CON e N receberam água filtrada via gavagem para mimetizar a mesma situação dos demais grupos.

3. PROTOCOLO DE EXERCÍCIO

Todos os animais pertencentes aos grupos experimentais deste estudo, não foram submetidos a nenhum tipo de prática de exercícios antes deste protocolo. Todos os animais foram adaptados ao meio aquático por 3 dias alternados na semana prévia ao teste de esforço máximo. No dia do teste de esforço máximo (6º dia), 4 horas após a administração do CM, os animais foram submetidos à natação sem sobrecarga pelo período de 5 minutos. Após o período de 5 minutos, foi acoplado a calda dos animais pertencentes aos grupos N e N+CM, esferas de aço com peso correspondente a 5% da massa corporal individual de cada animal. Os animais dos grupos N e N+CM nadaram até que se caracteriza-se o estado de exaustão,

que foi determinado quando o animal permanecesse por mais que 10 segundo imerso¹⁸. Cada animal realizou a prática de maneira isolada em tanques com água com temperatura controlada ($28\pm 2^\circ\text{C}$), a qual se manteve abaixo da temperatura que pudesse causar desconforto e queimaduras. Os animais pertencentes aos grupos CON e CM não foram submetidos ao teste de esforço máximo. Logo após a percepção do estado de exaustão dos animais, de maneira individualizada, os animais foram removidos do meio aquático e eutanasiados para a coleta do material biológico.

4. COLETA DO SANGUE PERIFÉRICO

Os animais foram decaptados imediatamente após o estado de exaustão e o sangue coletado em tubos contendo EDTA (para determinação do ácido úrico) ou Fluoreto (para determinação do lactato). As amostras sanguíneas foram centrifugadas ($740 \times g$, 15 minutos, 4°C – Beckman J-6M Induction Drive Centrifuge; Beckman Instruments Inc., Palo Alto, CA, USA) e o plasma armazenado à -20°C para a análise do ácido úrico e do lactato. Os eritrócitos foram lavados com solução salina (1:1) e centrifugadas ($1000 \times g$, 15 min, 4°C). Esse processo foi realizado por três vezes. Em seguida, os eritrócitos foram armazenados à -80°C para a análise da peroxidação lipídica.

5. AVALIAÇÃO DA MENSURAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ÁCIDO ÚRICO E LACTATO

O ácido úrico e o lactato foram avaliados em plasma contendo fluoreto. Ambas análises foram determinadas de acordo com as especificações dos respectivos kits comerciais (Katal Biotecnológica Ind. Com. Ltda, MG, Brasil) e quantificados por espectrofotometria (Hitachi U 1100).

6. AVALIAÇÃO DA PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA

A peroxidação lipídica foi avaliada nos eritrócitos por meio da determinação das substâncias

reativas ao ácido tiobarbitúrico (SRAT) como descrito por Buege e Aut²⁰. Esse método consiste na adição de 10% de ácido tricloroacético (v/v) para promover a precipitação de proteínas e acidificar as amostras. Essa mistura foi centrifugada (1000 x g, 3 min). As proteínas foram coletadas e 0,67% do ácido tiobarbitúrico (v/v) foi adicionado a reação. As amostras foram colocadas em banho aquecido (100°C, 15 min). A absorbância foi lida a 535 nm (Hitachi U 1100) e os resultados expressos em mmol de malondialdeído/mg de proteína, utilizando coeficiente de absorção molar apropriada ($\epsilon = 1,56 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$).

7. CONTEÚDO PROTEICO TOTAL

O conteúdo proteico dos eritrócitos foi mensurado de acordo como descrito por Lowry e colaboradores²¹, com o uso de albumina bovina sérica como padrão.

8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software GraphPad Prism (versão 5). Os dados foram expressos em média \pm erro padrão da média (EPM). A relação entre somente entre 2 grupos (N e N+CM) foi analisado pelo teste-*t*. As comparações intergrupos (CON vs CM; CON vs N; N vs N/CM; N/CM vs CM) foram analisados pelo teste one-way ANOVA seguido pelo pós teste de Tukey, considerando o valor de $p < 0,05$ como significância.

RESULTADOS

1. CONTEÚDO DE POLIFENÓIS

A conteúdo total de polifenóis na amostra de CM foi de 113,37 mg/g e, a atividade antioxidante total foi 537,67 $\mu\text{mol/g}$ de CM.

2. DESEMPENHO DOS ANIMAIS SUBMETIDOS À NATAÇÃO

Nossos dados demonstraram que o grupo N+CM obteve maior capacidade de resistência quando comparado ao grupo N (Figura 1), o qual não recebeu suplementação com CM. O grupo suplementado com CM (N+CM) permaneceu em exercício aproximadamente 291% por mais tempo quando comparado ao Grupo N ($92,33 \pm 20,20$ versus $23,60 \pm 13,40$), como demonstrado na Figura 1.

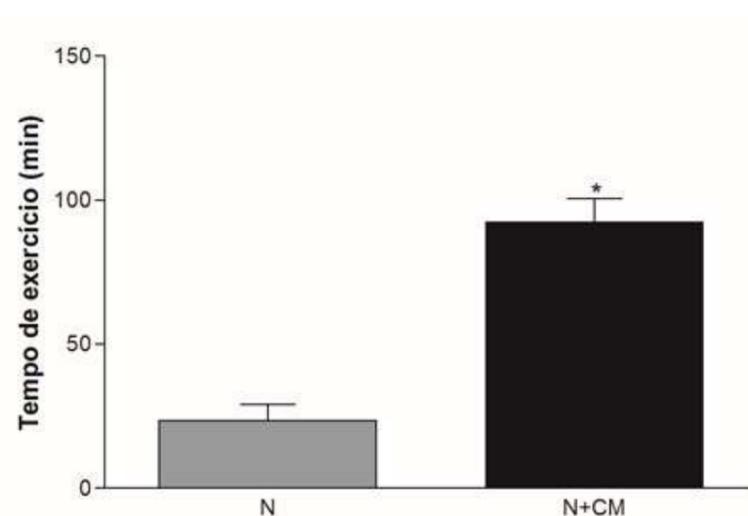


Figura 1. Tempo de exercício (teste de exaustão) grupos N e N+CM. Natação (N); Grupo natação e suplementado com chá mate (N+CM). * $p < 0,05$ comparado ao grupo N. Os resultados foram expressos pela média \pm EPM, $n=7$ por grupo. Teste *t*-student.

3. CONCENTRAÇÃO PLASMÁTICA DE LACTATO

Logo após o teste de exaustão, a concentração plasmática de lactato foi mensurada. A maior concentração plasmática de lactato foi observado no Grupo N (11,28 mmol/L) quando comparado aos grupos não treinados (CON (2,340 mmol/L) e CM (2,525 mmol/L)), como esperado. Interessantemente, o outro grupo exercitado, grupo N+CM, não demonstrou aumento do lactato plasmático semelhante ao Grupo N.

O grupo N+CM demonstrou pequeno aumento na concentração do lactato plasmático (4,346 mmol/L) após o teste de exaustão, apesar deste grupo ter nadado por período de tempo superior ao grupo N (Figura 2).

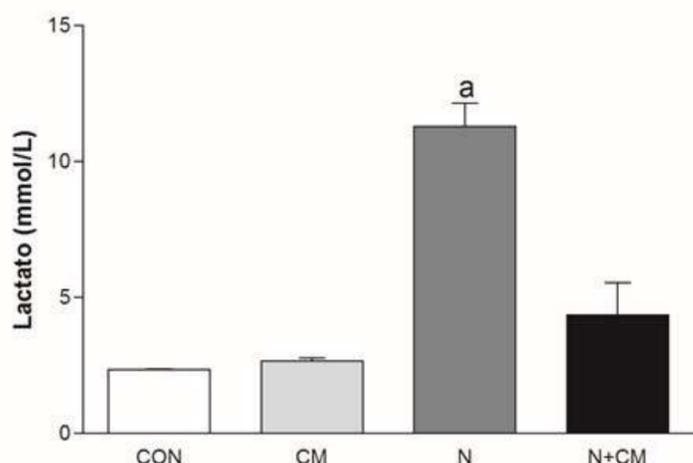


Figura 2-Efeitos do exercício e do CM (50 mg/kg) em relação as concentrações plasmáticas de lactato. Grupo não treinado (CON); Grupo não treinado e suplementado com chá mate (CM); Grupo natação (N) e Grupo natação e suplementado com chá mate (N+CM). ^a $p < 0.001$ vs. grupo CON; ^b $p < 0.05$ vs. grupo CM; ^c $p < 0.05$ vs. grupo N. Os resultados foram expressos pela média \pm EPM, $n=7$ por grupo, os resultados foram analisados pelo teste one-way ANOVA com pós-teste de Tukey.

4. CONCENTRAÇÃO PLASMÁTICA DE ÁCIDO ÚRICO

Os maiores valores de ácido úrico foram observados nos grupos submetidos à natação (N e N+CM) em relação aos demais grupos. Os Grupos N (2,635 mmol/L) e N+CM (2,740 mmol/L) demonstraram valores bem similares em relação à produção de ácido úrico. E também, não houve significância com os demais grupos CON (2,135 mmol/L) e CM (2,740 mmol/L) (Figura 3).

5. PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA NOS ERITRÓCITOS

A concentração de SRAT nos eritrócitos foram significativamente maiores nos animais pertencentes aos grupos submetidos à N (0,885 $\mu\text{mol/mg}$) e N+CM (0,775 $\mu\text{mol/mg}$) em relação aos grupos CON (0,389

$\mu\text{mol/mg}$) e CM (0,3818 $\mu\text{mol/mg}$), com significância apenas quando comparados ao grupo COM (Fig. 4). A suplementação com CM não foi capaz de reduzir as concentrações de SRAT nos eritrócitos tanto em animais treinados como em animais não treinados (Figura 4).

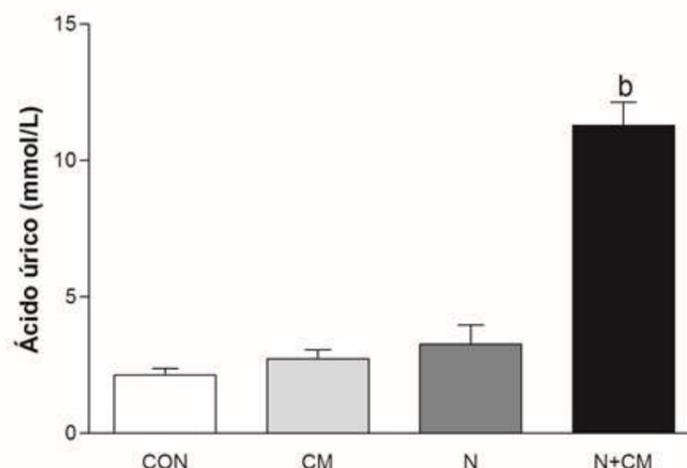


Figure 3- Efeitos do exercício e do CM (50 mg/kg) em relação as concentrações plasmática de ácido úrico. Grupo não treinado (CON); Grupo não treinado e suplementado com chá mate (CM); Grupo natação (N) e Grupo natação e suplementado com chá mate (N+CM). ^a $p < 0.05$ vs. grupo CON; ^b $p < 0.05$ vs. grupo CM. Os resultados foram expressos pela média \pm EPM, $n=7$ por grupo, os resultados foram analisados pelo teste one-way ANOVA com pós-teste de Tukey.

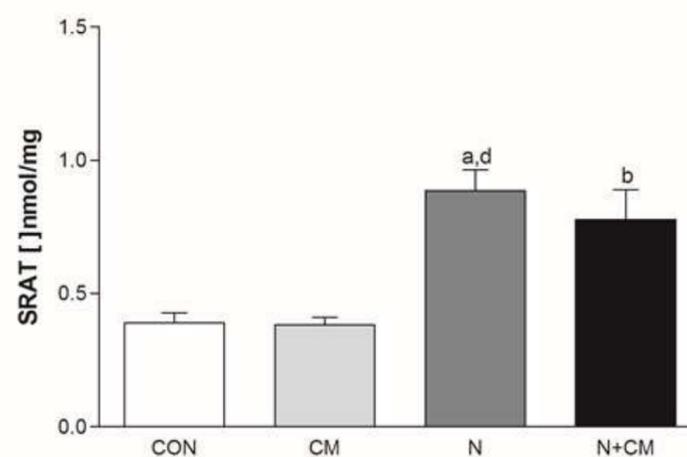


Figure 4- Efeitos do exercício e do CM (50 mg/kg) em relação as concentrações plasmática de TBARS. Grupo não treinado (CON); Grupo não treinado e suplementado com chá mate (CM); Grupo natação (N) e Grupo natação e suplementado com chá mate (N+CM). ^a $p < 0.05$ vs. grupo CON; ^b $p < 0.05$ vs. grupo CM. Os resultados foram expressos pela média \pm EPM, $n=7$ por grupo, os resultados foram analisados pelo teste one-way ANOVA com pós-teste de Tukey.

DISCUSSÃO

Sabe-se que a prática de exercícios é altamente benéfico para a manutenção do estilo de vida e promoção da longevidade²². O estresse induzido pela prática de exercícios pode resultar em diversas alterações como observado em cultura de células, promovendo efeitos tanto positivos como negativos na sinalização celular^{23,24}. Estudos prévios²² reportam que exercícios de alta intensidade resultam em aumento nas concentrações plasmáticas de SRAT, como observado no presente estudo. Nossos resultados indicaram que o CM foi capaz de reduzir o dano oxidativo induzido pela prática da natação. Observou-se modesta redução nas concentrações plasmáticas de SRAT dos animais que foram submetidos à natação e a suplementação com CM (Grupo N+CM), apesar desta diferença não ser significativa em relação ao grupo que somente nadou (Grupo N). No entanto, deve ser salientado que o tempo de exercício realizado pelo grupo N+CM foi três vezes maior quando comparado ao grupo N. Devido a grande diferença de tempo de exercício entre os grupos, esperava-se grande aumento nas concentrações de SRAT dos animais pertencentes ao grupo N+CM. No entanto, os valores foram similares aos observados no grupo N. Estes resultados indicam que o CM propiciou efeito protetor em relação ao dano oxidativo induzido por uma simples sessão de exercício aeróbio.

Os mecanismos envolvidos em relação ao CM sobre o dano oxidativo induzido pelo exercício aeróbio não estão totalmente esclarecidos. Os dados obtidos no presente estudo podem ser explicados pela alta concentração de polifenóis presente no CM, são capazes de quelar metais e sequestrar radicais livres²⁵.

Os animais que foram submetidos à natação (N e N+CM) demonstraram altos valores de ácido úrico. Esse aumento pode ser resultante da isquemia seguida

por reperfusão promovida pela atividade contrátil do músculo esquelético. Esse processo promove reduções monoelétrônicas que podem converter as moléculas de oxigênio em radicais superóxido e peróxido de hidrogênio. Essa via metabólica é relacionada com o processo de catabolismo de hipoxantinas com a formação de ácido úrico. O ácido úrico representa 60% da capacidade antioxidante do plasma e, o aumento do ácido úrico pode ter promovido efeito protetor adicional contra a peroxidação lipídica mensurada pela produção de SRAT, apesar do prolongado tempo de exercício²⁷.

O resultado mais interessante deste estudo foi em relação a concentração de lactato. Como era esperado, os animais que nadaram (N e N+CM) obtiveram grande aumento na concentração plasmática de lactato em relação a animais não exercitados (CON e CM). No entanto, grande e significativa aumento na concentração de lactato foi observado nos animais pertencentes ao grupo N, os quais não receberam a suplementação com CM. Há diversos estudos sobre os efeitos do aumento da concentração de lactato/H⁺ no músculo ou plasma em relação ao desempenho contrátil do músculo esquelético. Evidências sugerem que o acúmulo do lactato intramuscular ou de H⁺, resultam em declínio da força durante estímulos musculares que levam à fadiga²⁷.

É sugerido que os resultados obtidos em relação ao aumento no tempo de execução do exercício, menor aumento das concentrações plasmáticas de lactato, podem ser atribuídos as altas concentrações de cafeína presente na composição do CM. Embora a dosagem de cafeína utilizada neste estudo não ter sido mensurada, a sua presença no CM foi e tem sido amplamente demonstrada^{28,29,13}. A cafeína retarda as dores musculares e aumenta a força contrátil tanto do músculo esquelético quanto do músculo cardíaco, induzindo então melhores condições fisiológicas para a

realização de exercícios³⁰. Estudos futuros são necessários para avaliar quais compostos do *Ilex paraguariensis* estão intimamente relacionados com os resultados obtidos.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que o CM, administrado durante o período e dose utilizados, foi capaz de melhorar a resistência na realização de exercício aeróbio e de diminuir o dano oxidativo resultante desta prática. Sendo assim, o CM pode ser uma intervenção não-farmacológica para reduzir os danos oxidativos resultante da prática de exercícios aeróbicos em indivíduos não treinados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de desenvolvimento da UNESP (FUNDUNESP) E A Pró-Reitoria de Pesquisa da UNESP (PROPE) pelo suporte financeiro.

ABSTRACT

Several nutritional interventions are performed in order to reduce the impact of EO induced by exercise. Some studies suggest that mate tea (CM) have compounds, which can act as antioxidants reducing EO. The aim of this study was to evaluate the effect of CM induced under the EO after a single bout of aerobic exercise. **Methods:** We used male Wistar rats (50 days and 200g) distributed in four experimental groups: control (CON); mate tea (CM), Swimming (N); Swimming+mate tea (N + CM). The CM and N+CM groups received CM diluted in distilled water at 96 ° C for five days, oropharyngeal route (50 mg / kg body weight, 0.5 mL). Both groups were adapted to the aquatic environment prior to experimental day, after a single swimming session, with 5% of body weight attached to the tail, until the animals reached exhaustion. Immediately after the state of exhaustion, peripheral blood was collected for further analysis. **Results:** The animals of the group N + CM showed improved resistance swimming compared to group C ($p < 0.0001$). No increase in lipid

oxidative damage and production of lactate in group N + CM, compared to group N, may be attributed to the significant increase in plasma uric acid concentrations demonstrated in this study was observed. **Conclusion:** Therefore, the results indicate that consumption of CM may be natural strategy for improving aerobic exercise endurance and reduce the impact of EO induced by aerobic exercise.

Keywords: Oxidative stress, lipid peroxidation, Aerobic Exercise, Tea mate.

RESUMEN

Varias intervenciones nutricionales se realizan con el fin de reducir el impacto de EO inducida por el ejercicio. Algunos estudios sugieren que el té mate (CM) tienen compuestos que pueden actuar como antioxidantes que reducen EO. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los CM inducida bajo la EO después de una sola sesión de ejercicio aeróbico. **Métodos:** Se utilizaron ratas macho Wistar (50 días y 200 g) distribuidas en cuatro grupos experimentales: control (CON), yerba mate (CM), natación (N); Natación del Mate + N+CM. Los grupos CM y N+CM hay recibido CM diluyeron en agua destilada a 96 ° C durante cinco días, la vía orofaríngea (50 mg / kg de peso corporal, 0,5 mL). Ambos grupos fueron adaptados al medio acuático antes del día experimental, después de una sola sesión de natación, con un 5 % del peso corporal se adjunta a la cola, hasta que los animales llegaron al agotamiento. Inmediatamente después de que el estado de agotamiento, se recogió sangre periférica para su posterior análisis. **Resultados:** Los animales del grupo N + CM mostraron mejor resistencia nadando en comparación con el grupo C ($p < 0,0001$). No hay un aumento en el daño oxidativo de los lípidos y la producción de lactato en el grupo N+CM, en comparación con el grupo N, puede ser atribuido al aumento significativo en las concentraciones de ácido úrico en plasma demostrado en este estudio se observó. **Conclusión:** Por lo tanto, los resultados indican que el consumo de CM puede ser la estrategia natural para mejorar la resistencia aeróbica de ejercicio y reducir el impacto de EO inducido por el ejercicio aeróbico.

Palabras clave: *Estrés oxidativo, Peroxidación lipídica, Ejercicio aeróbico, Té Mate.*

REFERÊNCIAS

1. Belviranlı M, Gökbel H, Okudan N, Büyükbaş S. Effects of grape seed polyphenols on oxidative damage in liver tissue of acutely and chronically exercised rats. *Phytother Res.* 2012; 27: 672-7.
2. Ogonovszky H, Sasvári M, Dosek A, Ogonovszky H, Sasvári M, Dosek A et al. The effects of moderate, strenuous, and overtraining on oxidative stress markers and DNA repair in rat liver. *Can J Appl Physiol.* 2005; 30: 186–95.
3. Huang CC, Tsai SC, Lin WT. Potential ergogenic effects of L-arginine against oxidative and inflammatory stress induced by acute exercise in aging rats. *Exp Gerontol.* 2008; 43:571–7.
4. Huang CC, Lin TJ, Lu YF, Chen CC, Huang CY, Lin WT. Protective effects of L-arginine supplementation against exhaustive exercise-induced oxidative stress in young rat tissues. *Chin J Physiol.* 2009; 52: 306–15.
5. Sen CK, Bagchi D. Regulation of inducible adhesion molecule expression in human endothelial cells by grape seed proanthocyanidin extract. *Mol Cell Biochem.* 2001; 216: 1–7.
6. Kayatekin BM, Gönenç S, Açıkgöz O, Uysal N, Dayi A. 2002. Effects of sprint exercise on oxidative stress in skeletal muscle and liver. *Eur J Appl Physiol.* 2002; 87: 141–4.
7. Minato K, Miyake Y, Fukumoto S, Yamamoto K, Kato Y, Shimomura Y, et al. Lemon flavonoid, eriocitrin, suppresses exercise-induced oxidative damage in rat liver. *Life Sci.* 2003; 72: 1609–16.
8. Belviranlı M, Gökbel H, Okudan N, Büyükbaş S. Effects of grape seed polyphenols on oxidative damage in liver tissue of acutely and chronically exercised rats. *Phytother Res.* 2013; 27(5):672-7.
9. Pusparini DR., Suyatna FD., Mansyur M., Hidajat A. Effect of soy isoflavone supplementation on vascular endothelial function and oxidative stress in postmenopausal women: a community randomized controlled trial. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2013; 22(3):357-64.
10. Heck CI, de Mejia EG. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): a comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations. *J Food Sci* 2007; 72: 138-51.
11. Peralta IN, Cogoi L, Filip R, Anesini C. Prevention of hydrogen peroxide-induced red blood cells lysis by *Ilex paraguariensis* aqueous extract: participation of phenolic and xanthine compounds. *Phytotherapy* 2013; 27: 192-8.
12. Morais EC, Stefanuto A, Klein GA. Consumption of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) improves serum lipid parameters in healthy dyslipidemic subjects and provides an additional LDL-cholesterol reduction in individuals on statin therapy. *J Agric Food Chem.* 2009; 57: 8316-24.
13. Anesini C, Turner S, Cogoi L. Study of the participation of caffeine and polyphenols on the overall antioxidant activity of Yerba mate (*Ilex paraguariensis*). *Phytother Res.* 2012; 45: 299–304.
14. Bracesco N., Dell M., Rocha A., Behtash S., Menini T., Gugliucci A., Nunes E. Antioxidant activity of a botanical extract preparation of *Ilex paraguariensis*, prevention of DNA double-strand breaks in *Saccharomyces cerevisiae* and human low-density lipoprotein oxidation. *J Altern Complement Med.* 2003; 9:379.
15. Fernandes ES, Machado MO, Becker AM, Andrade F, Maraschin M, Silva EL. Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) enhances the gene modulation and activity of paraoxonase-2: In vitro and in vivo studies. *Nutrition* 2012; 28:1157-64.
16. Taga MS, Miller EE, Pratt DE. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *J Am Oil Chem Soc.* 1984; 61:928–31.
17. Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of ‘antioxidant power’: the FRAP assay. *Anal Biochem.* 1996; 239: 70-6.
18. Jung K A, Han D, Kwon EK, Lee CH, Kim YE. Antifatigue effect of *Rubus coreanus* Miquel extract in mice. *J Med Food* 2007; 10: 689-93.

19. Xu Y, Zhang P, Wang C, Shan Y, Wang D, Qian F et al. Effect of ginsenoside Rg3 on tyrosine hydroxylase and related mechanisms in the forced swimming-induced fatigue rats. *J Ethnopharmacol* .2013; 28:138-47.
20. Buege JA, Aust SD. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol* 1978; 52: 302-9.
21. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol Chem*.1951; 193: 265-75.
22. Ramos D, Martins EG, Viana-Gomes D, Casimiro-Lopes G, Salerno VP. Biomarkers of oxidative stress and tissue damage released by muscle and liver after a single bout of swimming exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013; 38:507-11.
23. Fisher-Wellman K., Bloomer RJ. Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history. *Dyn. Med*. 2009; 8:1–25.
24. Gomez-Cabrera MC, Borrás C, Pallardó FD, Satrio J, Ji LL, Viña J. Decreasing xanthine oxidase-mediated oxidative stress prevents useful cellular adaptations to exercise in rats. *J. Physiol*. 2005; 567: 113–120
25. Gugliucci A, Menini T. The botanical extracts of *Achyrocline satureoides* and *Ilex paraguariensis* prevent methylglyoxal-induced inhibition of plasminogen and antithrombin III. *Life Sci* 2002; 72: 279-92.
26. Boaventura BC, Di Pietro PF, Stefanuto A, Klein GA, Morais EC, Andrade F et al. Association of mate tea (*Ilex paraguariensis*) intake and dietary intervention and effects on oxidative stress biomarkers of dyslipidemic subjects. *Nutrition* 2012; 28: 657-64.
27. Cairns SP Lactic acid and exercise performance: Culprit or friend? *Sports Med*. 2006; 36, 279–91
28. Ito E, Crozier A, Ashihara H. Theophylline metabolism in higher plants. *Biochim Biophys Acta* 1997; 1336:323–30.
29. Athayde ML, Coelho GC, Schenkel EP. Caffeine and theobromine in epicuticular wax of *Ilex paraguariensis* A. St-Hil *Phytochem* 2000; 55:853–7.
30. Sinclair C, Geiger J. Caffeine use in sports. A pharmacological review. *J Sports Med Phys Fitness* 2000; 40: 71–9.

Correspondência**Samuel Rodrigues Lourenço de Morais**

Departamento de Ciências Básicas

Faculdade de Odontologia de Araçatuba,

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

UNESP, Brasil

samuelrodrigues@foa.unesp.br

Submetido em 06/01/2014**Aceito em 21/01/2014**