

EFEITOS DO EXTRATO AQUOSO DA *CAMELLIA SINENSIS*, ASSOCIADO AO EXERCÍCIO FÍSICO, NO MODELO EXPERIMENTAL DE HIPERCOLESTEROLEMIA

ANA LUIZA MUCCILLO-BAISCH^{*}
LAURA BORBA VILANOVA^{**}
GIANNI PERAZA^{***}

RESUMO

Este trabalho se propôs testar em ratos Wistar, respostas a hipercolesterolemia induzida pela suplementação da ração comercial com colesterol e gordura animal, tratados com extrato aquoso a 3% de chá verde, associado ao exercício físico. De todos os animais foram avaliadas as concentrações de colesterol, triglicerídeos, VLDL, glicose, valores do hemograma, ganho de peso corporal e dos órgãos, além dos efeitos sobre a atividade de peroxidação lipídica do tecido hepático. Sugere-se que alimentos ricos em polifenóis, como chá verde, em associação com exercício físico moderado regular, podem oferecer efeitos positivos sobre os níveis de colesterol, triglicerídeos e glicose.

PALAVRAS-CHAVE: *Camellia sinensis*, Hipercolesterolemia, Exercício Físico, Peroxidação Lipídica.

ABSTRACT

EFFECTS OF AQUEOUS EXTRACT OF *CAMELLIA SINENSIS*, ASSOCIATED WITH EXERCISE, IN THE EXPERIMENTAL MODEL OF HYPERCHOLESTEROLEMIA

This project is proposed to test in rats, responses to the hypercholesterolemia, induced by the supplementation of commercial diets with animal fat and cholesterol, treated with aqueous 3% of green tea associated with exercise. Of all the animals were evaluated concentrations of cholesterol, triglycerides, VLDL, glucose, blood values, weight gain and organ, and the effects on the activity of lipid peroxidation of liver tissue. It is suggested that foods rich in polyphenols, such as green tea, in combination with regular moderate exercise, may offer positive effects on levels of cholesterol, triglycerides and glucose.

KEY WORDS: *Camellia Sinensis*, Hypercholesterolemia, Physical Exercise, Lipid Peroxidation.

^{*} Pós-doutorado na Unité 441 Inserm, Pessac, França. Professor Associado – FURG. Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências da saúde – FURG. E-mail: anabaisch@gmail.com

^{**} Mestrado em Ciências da Saúde pela Universidade Federal do Rio Grande. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. E-mail: laura_vilanova@hotmail.com

^{***} Mestrado em Ciências Fisiológicas pela Universidade Federal do Rio Grande – FURG. E-mail: giperaza@gmail.com

INTRODUÇÃO

Atualmente, as pessoas têm maior interesse na promoção da saúde e, portanto, estão adotando estratégias para mantê-la através da prática regular do exercício e do consumo de uma dieta balanceada, para ter uma alimentação saudável. Como parte destas estratégias, cada vez mais vem sendo consumidos produtos naturais aos quais têm sido atribuídas muitas propriedades medicinais.

Extratos obtidos de plantas têm sido amplamente empregados como suplementos nutricionais responsáveis por efeitos benéficos à saúde¹. As doenças cardiovasculares representam um problema de saúde pública mundial, constituindo a principal causa de morbimortalidade, sendo os mais altos custos encontrados em assistência médica².

Logo, evidencia-se a preferência popular por alimentos saudáveis, juntamente com a prática de exercícios físicos moderados, sendo estes, freqüentemente prescritos como medida adicional no tratamento da hipercolesterolemia, a fim de alcançar melhor qualidade de vida³.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL VEGETAL

Neste estudo foi utilizado o vegetal *Camellia sinensis* conhecido popularmente como chá verde, na forma de folhas secas e trituradas, procedentes do município de São

O chá, uma das formas de utilização das plantas é uma das bebidas mais consumidas no mundo, sendo crescente o interesse pela mesma, devido a estudos que a indicam como fonte de flavonóides e outros, além da relação inversa entre seu consumo e o risco de doenças cardiovasculares e câncer⁴. O chá verde (*Camellia sinensis*) é hoje considerado um alimento funcional que, consumido diariamente, pode trazer benefícios, devido a seus componentes ativos, tais como flavonóides, indicados como antioxidantes, antiinflamatórios e anticarcinogênicos, sendo eficazes no combate de doenças crônicas como a hipercolesterolemia^{5,6}.

Sabendo-se da associação entre altos níveis de colesterol plasmático com as doenças cardiovasculares, este estudo se propôs a testar em modelo experimental, os efeitos da associação da prática do exercício moderado regular e da ingestão do extrato aquoso de *Camellia sinensis* na hipercolesterolemia induzida pela dieta.

Miguel Arcanjo (SP), Brasil, de origem comercial, tendo sido coletadas entre os meses de setembro de 2006 a abril de 2007.

PREPARO DO EXTRATO

O extrato aquoso da *Camellia sinensis* (EACs) foi preparado de acordo com o protocolo descrito por alguns autores⁷; a partir de 30g da matéria vegetal previamente seca e triturada, sob infusão em 500 ml de água em ebulição (aproximadamente 95°C), por 20 minutos. A seguir, o material foi coado, obtendo-se uma porção líquida denominada solução 1. Das folhas remanescentes fez-se novo extrato com 500 ml de água em ebulição, originando a solução 2. As duas soluções foram então combinadas (solução 1 e solução 2), filtradas, dando origem ao EACs a 3% (3g da folha de chá verde/100ml

de água).

A solução resultante apresentou concentração semelhante a do chá consumido popularmente. O extrato foi preparado todos os dias, de segunda-feira a sexta-feira, sendo neste último dia, preparado em quantidade suficiente para o consumo nos finais de semana. A determinação da concentração da solução obtida foi feita a partir da secagem em balança digital de umidade (AND Infrared Moisture Determination – AD-4714, Brasil), sendo expressa em miligramas por mililitro (média em torno de 9,46±0,15 mg/ml).

ANIMAIS DE EXPERIMENTAÇÃO

Foram utilizados 80 ratos machos da linhagem Wistar (*Rattus norvegicus albinus*), oriundos do Biotério Central da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), com idade de cinco meses, mantidos no Biotério do Instituto de Ciências Biológicas (ICB-FURG), em gaiolas plásticas, com temperatura, umidade e fotoperíodo controlados (22±1o C, 55%, 12h

claro/12h escuro). Os animais foram alimentados com ração comercial, usualmente utilizada pelo Biotério Central da FURG, na quantidade de 15g/animal/dia⁸ e água potável *ad libitum* até o início do experimento. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa na Área da Saúde da FURG (CEPAS/FURG) sob o número 24/2008.

DIETA HIPERCOLESTEROLÊMICA

A hipercolesterolemia foi induzida a partir da suplementação da ração comercial com 10% de gordura animal (banha; Majestade®, Brasil) e 1% de colesterol (VETEC®, Brasil). A dieta hipercolesterolêmica foi iniciada concomitantemente com a prática da natação, nos grupos

que praticaram exercício e com a administração do chá nos grupos que o ingeriram, sendo mantido o mesmo período de início e término da dieta nos grupos hipercolesterolêmicos, perfazendo um período de oito semanas.

GRUPOS EXPERIMENTAIS

Os ratos foram distribuídos, de forma aleatória, em oito grupos experimentais, com dez animais em cada grupo, como se segue. Os animais alimentados com a dieta comercial foram divididos em quatro grupos: dieta comercial (DC); dieta comercial e ingestão do extrato de *Camellia sinensis* (DCCs); dieta comercial e prática do exercício do nado (DCE); dieta comercial, ingestão do extrato de *Camellia sinensis* e prática do exercício do nado (DCCsE). Aqueles alimentados com a dieta

hipercolesterolêmica também foram divididos em quatro grupos: dieta hipercolesterolêmica (DH); dieta hipercolesterolêmica e o extrato de *Camellia sinensis* (DHCs); dieta hipercolesterolêmica e prática do exercício do nado (DHE); dieta hipercolesterolêmica, ingestão do extrato de *Camellia sinensis* e prática do exercício do nado (DHCsE). O extrato de *Camellia sinensis* foi dado em substituição a água de beber. Os outros grupos receberam água potável *ad libitum*.

EXERCÍCIO FÍSICO

O programa de natação, desenvolvido para a prática de exercício de intensidade moderada, representado pelo nado, foi adaptado de outros autores^{9, 10, 11}. Os ratos dos grupos que praticaram exercício foram colocados em tanque (100cm de comprimento x 100cm de largura x 58cm de profundidade) com uma coluna de 35cm de água, nível suficiente ao estímulo da natação, à temperatura de $31 \pm 1^\circ$ C. Esta atividade foi praticada de segunda a sexta-feira, com um período de descanso aos sábados e domingos. Na primeira semana, no primeiro dia, os animais nadaram durante 10 minutos, com aumento diário de 10 minutos até

atingir 50 minutos de exercício. Na segunda semana, o procedimento foi semelhante ao da primeira, com acréscimo de 2% do peso corporal de cada animal, utilizando uma espécie de mochila com pequenas esferas de chumbo, perfazendo o sobrepeso. Nas três semanas seguintes, o procedimento foi semelhante ao da segunda, porém a mochila de sobrepeso teve um aumento de 1% do peso corporal, sendo repetida esta percentagem de aumento a cada semana, até atingir o sobrepeso máximo de 5%. Da sexta a oitava semana, os animais praticaram o nado, num período de 50 minutos por dia, com o sobrepeso de 5%.

ANÁLISE BIOQUÍMICA

Para a determinação dos parâmetros bioquímicos uma amostra do sangue de cada animal

foi coletada ao final do período de experimentação e, imediatamente centrifugada a 3000 rpm, à

temperatura ambiente, por 15 minutos, tendo sido o soro obtido, estocado a -20°C. O sangue foi analisado posteriormente para os parâmetros de glicose, colesterol, triglicerídeos. Todas estas análises

foram feitas por automação (LABMAX 240, Hirose Eletronic System Co. Ltda, Japão) realizadas no Laboratório de Análises Clínicas do Hospital Universitário da FURG (Rio Grande, RS, Brasil).

PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA (LPO)

Ao final do período de experimentação, o fígado de todos os animais foi retirado, pesado e estocado a -80°C para as medidas dos níveis de peroxidação lipídica pelo método de TBARS¹². Alíquotas do tecido hepático foram homogeneizadas em solução tampão contendo 1,15% cloreto de potássio (KCl) e 35mm de butil hidroxil tolueno (BHT). Uma alíquota de cada homogeneizado foi adicionada à mistura de reação contendo 12,4mm de dodecil sulfato de sódio (SDS), 0,8% de ácido tiobarbitúrico (TBA), 20% de ácido acético ajustado a pH 3,5 com NaOH e água bidestilada. Uma

fração adicional de 67 mm de BHT (em etanol) foi acrescentada antes de aquecer a mistura em banho-maria à 95°C por 30 min. Após as amostras resfriarem, foi adicionada água deionizada e n-butanol. Em seguida, centrifugada por 10 minutos a 3000 rpm, tendo a camada orgânica não miscível removida e a fluorescência medida por espectrofotometria (Perkin-Elmer; excitação = 515 nm; emissão = 553 nm). Como padrão externo foi utilizada uma solução 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TMP). A LPO foi então expressa como nmol TMP/mg de peso úmido do tecido.

RESULTADOS

EFEITOS SOBRE O PESO CORPORAL

Entre os grupos que receberam a dieta comercial, não foram observadas diferenças significativas em relação aos demais grupos, exceto entre o grupo que ingeriu o extrato aquoso da *Camellia sinensis* e

praticou exercício do nado (DCCsE) e o grupo que apenas ingeriu o extrato isoladamente (DCCs). O ganho de peso foi 29,0±8,5 e 1,0±3,7g, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Peso corporal inicial, peso final e ganho ponderal dos grupos experimentais que foram alimentados com a dieta comercial.

Grupos (N)	Peso corporal (g)		Ganho de peso (g)
	Inicial	Final	
DC (10)	323,0±9,2	314,0±9,0	9,5±2,3
DCCs (10)	316,5±11,0	317,5±10,1	1,0±3,7
DCE (7)	317,5±8,9	330,7±7,4	13,6±3,6
DCCsE (10)	315,5±8,2	344,5±9,1	29,0±8,5*

Os valores estão expressos como média ± SEM. Para a significância estatística foi usado o teste de Tukey. *Estatisticamente significativo para $P \leq 0,05$ vs o DCCs.

DC, dieta comercial; DCCs, dieta comercial e extrato de *Camellia sinensis*; DCE, dieta comercial e prática do exercício; DCCsE, dieta comercial, extrato de *Camellia sinensis* e prática do exercício.

Os animais do grupo alimentado com a dieta hipercolesterolêmica (DH) apresentaram ganho de peso ao final do período de observação significativamente maior do que os animais do grupo que recebeu apenas a dieta comercial (DC). Os valores foram 47,0±2,9 e 9,5±2,3 g, respectivamente.

Ainda nos grupos alimentados com dieta hipercolesterolêmica os animais que praticaram o exercício do nado apresentaram um ganho ponderal menor, significativo para o grupo que praticou o exercício e ingeriu o chá verde (DHCsE).

Os resultados acima se encontram descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Peso corporal inicial, peso final e ganho ponderal dos grupos experimentais que foram alimentados com a dieta hipercolesterolêmica.

Grupos (N)	Peso corporal (g)		Ganho de peso (g)
	Inicial	Final	
DH (10)	288,0±7,9	335,0±10,4	47,0±2,9*
DHCs (10)	287,0±9,3	335,0±9,0	48,0±2,6
DHE (9)	301,1±9,0	337,8±10,9	36,7±4,6
DHCsE (10)	289,5±5,8	320,5±8,2	31,0±5,5*

Os valores estão expressos como média ± SEM. Para a significância estatística foi usado o teste de Tukey. *Estatisticamente significativo para $P \leq 0,05$ vs o DHE.

DH, dieta hipercolesterolêmica; DHCs, dieta hipercolesterolêmica e extrato de *Camellia sinensis*; DHE, dieta hipercolesterolêmica e prática do exercício; DHCsE, dieta hipercolesterolêmica, extrato de *Camellia sinensis* e prática do exercício.

EFEITOS SOBRE O PESO DOS ÓRGÃOS

Entre os grupos alimentados com a dieta comercial encontramos aumento significativo no peso dos fígados e corações no grupo que praticou o exercício do nado isoladamente (DCE) ou em associação com a ingestão do chá verde (DCCsE), quando comparados com o grupo controle (DC) (Tabela 3).

Tabela 3 – Peso dos fígados e dos corações dos grupos alimentados com a dieta comercial.

Grupos (N)	Fígados (g)	Coração (g)
DC (10)	7,78±0,21	0,92±0,03
DCCs (10)	8,88±0,30	0,87±0,03
DCE (7)	9,20±0,25*	1,05±0,04*
DCCsE (10)	9,80±0,32*	1,05±0,03*

Os valores estão expressos como média ± SEM. Para a significância estatística foi usado o teste de Tukey. *Estatisticamente significativa para $P \leq 0,05$ vs o DC.

DC, dieta comercial; DCCs, dieta comercial e extrato de *Camellia sinensis*; DCE, dieta comercial e prática do exercício; DCCsE, dieta comercial, extrato de *Camellia sinensis* e prática do exercício.

A dieta hipercolesterolêmica (DH) aumentou significativamente o peso dos fígados quando comparados ao grupo de dieta comercial (DC) com o exercício do nado (DHCsE), bem como, o grupo que praticou o exercício isoladamente (DHE) apresentaram um peso menor quando comparados com o grupo que recebeu apenas a dieta hipercolesterolêmica (Tabela 4).

Os fígados dos animais dos grupos alimentados com a dieta hipercolesterolêmica que ingeriram o extrato de *Camellia sinensis* (DHCs) isolado ou em associação com o exercício do nado (DHCsE), bem como, o grupo que praticou o exercício isoladamente (DHE) apresentaram um peso menor quando comparados com o grupo que recebeu apenas a dieta hipercolesterolêmica (Tabela 4). Nestes mesmos grupos não se encontrou diferenças significativas no peso dos corações.

Tabela 4 – Peso dos fígados e dos corações dos grupos alimentados com a dieta hipercolesterolêmica.

Grupos (N)	Fígados (g)	Coração (g)
DH (10)	11,27±0,42	0,95±0,02
DHCs (10)	9,16±0,22*	0,91±0,02
DHE (9)	9,94±0,30	0,97±0,03
DHCsE (10)	8,97±0,27*	0,93±0,02

Os valores estão expressos como média ± SEM. Para a significância estatística foi usado o teste de Tukey. *Estatisticamente significativa para $P \leq 0,05$ vs o DH

DH, dieta hipercolesterolêmica; DHCs, dieta hipercolesterolêmica e extrato de *Camellia sinensis*; DHE, dieta hipercolesterolêmica e prática do exercício; DHCsE, dieta hipercolesterolêmica, extrato de *Camellia sinensis* e prática do exercício.

EFEITOS SOBRE OS NÍVEIS DE GLICOSE

Nos grupos alimentados com a dieta comercial não se encontrou diferenças entre eles, exceto um aumento significativo no grupo que praticou o exercício do nado (DCE). Os valores são vistos na Tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros bioquímicos ao final do período de experimentação dos grupos alimentados com a dieta comercial.

Grupos	Colesterol mg/dL	Triglicerídeos mg/dL	Glicose mg/dL
DC (10)	92.90±2.25	99.90±5.37	132.9±6.77
DCCs (10)	91.30±2.80	94.90±3.29	135.3±5.07
DCE (7)	67.90±2.35*	88.80±4.77	156.2±6.64*
DCCsE (10)	63.80±2.08*	87.10±5.01	149.2±3.85

Os valores estão expressos como média ± SEM. Para a significância estatística foi usado o teste de Tukey. *Estatisticamente significativo para $P \leq 0,05$ vs o DC

DC, dieta comercial; DCCs, dieta comercial e extrato de *Camellia sinensis*; DCE, dieta comercial e prática do exercício; DCCsE, dieta comercial, extrato de *Camellia sinensis* e prática do exercício.

A dieta hipercolesterolêmica (DH) aumentou significativamente os níveis de glicose quando comparados ao grupo da dieta comercial (DC).

Nos grupos que foram alimentados com a dieta hipercolesterolêmica, os animais que ingeriram o chá verde isoladamente (DHCs), em associação com a prática

do exercício (DHCsE) ou que praticaram o exercício isoladamente (DHE) apresentaram valores significativamente menores quando comparados com os animais que receberam apenas a dieta hipercolesterolêmica (DH) a concentração de glicose evidenciada pela dieta enriquecida (Tabela 6).

Tabela 6 – Parâmetros bioquímicos ao final do período de experimentação dos grupos alimentados com a dieta hipercolesterolêmica.

Grupos	Colesterol mg/dL	Triglicerídeos mg/dL	Glicose mg/dL
DH (10)	174.60±25.09	156.10±7.35	209.3±3.35*
DHCs (10)	89.80±3.98*	130.40±8.12	100.4±2.97*
DHE (9)	89.11±2.74*	139.00±12.00	95.89±3.04*
DHCsE (10)	113.10±2.23*	90.90±13.39*	191.6±3.46*

Os valores estão expressos como média ± SEM. Para a significância estatística foi usado o teste de Tukey. *Estatisticamente significativo para $P \leq 0,05$ vs o DH

DH, dieta hipercolesterolêmica; DHCs, dieta hipercolesterolêmica e extrato de *Camellia sinensis*; DHE, dieta hipercolesterolêmica e prática do exercício; DHCsE, dieta hipercolesterolêmica, extrato de *Camellia sinensis* e prática do exercício.

EFEITOS SOBRE OS NÍVEIS DE COLESTEROL

Nos grupos alimentados com dieta comercial, prática do exercício isolada (DCE) ou em associação com a ingestão de chá verde (DCCsE) diminuiu significativamente os níveis plasmáticos de colesterol, comparados com os animais alimentados com a dieta comercial (DC). A ingestão do chá verde (DCCs) não modificou os níveis plasmáticos de colesterol (Tabela 5).

No grupo alimentado com a dieta hipercolesterolêmica (DH)

encontramos um aumento significativo dos níveis plasmáticos de colesterol quando comparados com o grupo que recebeu a dieta comercial (DC). A ingestão do extrato aquoso de *Camellia sinensis* isoladamente (DECs), a prática do nado (DEE) e a associação de ambas reduziu significativamente os níveis de colesterol, nos grupos alimentados com a dieta hipercolesterolêmica (Tabela 6).

EFEITOS SOBRE OS NÍVEIS DE TRIGLICERÍDEOS

Entre os grupos alimentados com a dieta comercial, não encontramos diferenças significativas quanto aos níveis de triglicerídeos e os resultados podem ser observados na Tabela 5.

Por outro lado, nos animais alimentados com a dieta hipercolesterolêmica (DH), os níveis de triglicerídeos totais foram significativamente aumentados

quando comparados com os animais que se alimentaram de dieta comercial (DC) (Tabela 6).

Nos animais com dieta hipercolesterolêmica, a prática do exercício associado a ingestão do chá verde (DHCsE) diminuiu significativamente os níveis de triglicerídeos, cujo aumento foi induzido pela dieta (Tabela 6).

EFEITOS SOBRE A PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA

Os níveis de MDA foram dosados no fígado de todos os animais. No grupo que recebeu a dieta comercial e ingeriu o extrato isoladamente (DCCs) ou praticou o exercício (DCE), os valores foram significativamente aumentados quando comparados com o grupo que foi alimentado com a dieta comercial (DC).

Nos animais que foram alimentados com dieta

hipercolesterolêmica (DH) não houve diferença significativa dos níveis de MDA nos grupos da dieta hipercolesterolêmica (DH), no grupo que ingeriu isoladamente o extrato aquoso de *Camellia sinensis* (DHCs), nem no grupo que praticou o nado (DHE). A única exceção foi o aumento dos níveis no grupo que praticou o exercício e ingeriu o extrato (DHCsE). (Tabela 7).

Tabela 7 – Valores da concentração de MDA nos fígados dos animais alimentados com as dietas comercial e hipercolesterolêmica.

Grupos	Dieta comercial	Grupos	Dieta hipercolesterolêmica
DC	0,035±0,002	DH	0,055±0,009
DCCs	0,064±0,01*	DHCs	0,058±0,002
DCE	0,081±0,004*	DHE	0,065±0,007
DCCsE	0,056±0,005	DHCsE	0,12±0,012*

Os valores estão expressos como média ± SEM. Para a significância estatística foi usado o teste de Tukey. *Estatisticamente significativa para $P \leq 0,05$ vs o DC;

DC, dieta comercial; DCCs, dieta comercial e extrato de *Camellia sinensis*; DCE, dieta comercial e prática do exercício; DCCsE, dieta comercial, extrato de *Camellia sinensis* e prática do exercício; DH, dieta hipercolesterolêmica; DHCs, dieta hipercolesterolêmica e extrato de *Camellia sinensis*; DHE, dieta hipercolesterolêmica e prática do exercício; DHCsE, dieta hipercolesterolêmica, extrato de *Camellia sinensis* e prática do exercício.

DISCUSSÃO

Este trabalho foi idealizado para avaliar o benefício da ingestão do extrato aquoso do chá verde (*Camellia sinensis*) associado com a prática do exercício moderado regular, representado pelo nado. Esta avaliação foi feita através do estabelecimento experimental do que consideramos adoção de maus hábitos de vida, caracterizados pela dieta rica em gordura e a ausência da prática de exercícios regulares.

Os grupos experimentais foram constituídos de tal forma que pudéssemos avaliar o efeito da associação da ingestão do chá verde e da prática do exercício regular nos diferentes parâmetros avaliados como ganho de peso corporal, peso de alguns órgãos, perfil lipídico e glicêmico, e sobre a peroxidação lipídica.

Muitos estudos têm confirmado as propriedades hipercolesterolêmicas da dieta rica em colesterol, incluindo o aumento do colesterol plasmático e

dos triglicerídeos. Recentemente, demonstramos que a dieta enriquecida com gordura e colesterol aumenta a síntese de lipídeos¹³ e a acumulação destes está relacionada com o perfil dislipidêmico^{14,15}.

Na avaliação do ganho ponderal, a dieta hipercolesterolêmica provocou um significativo aumento, quando comparados com os grupos que foram alimentados com a dieta comercial. No grupo da dieta hipercolesterolêmica, os animais que praticaram o exercício do nado apresentaram um ganho ponderal menor, sendo significativo para o grupo que praticou o exercício e ingeriu o chá verde (DHCsE).

Ainda verificamos que, dentre os animais alimentados com a dieta comercial e que ingeriram o extrato aquoso do chá verde (DCCs), estes apresentaram um ganho de peso menor ao final do período de exposição. A redução do peso corporal foi observada em ratos que

receberam as catequinas isoladas do chá verde¹⁶. Também foi encontrada uma relação entre a ingestão de catequinas obtidas a partir do chá verde e a inibição da absorção intestinal de lipídeos^{17,18}.

Além disso, encontramos também, um aumento do ganho ponderal nos animais alimentados com a dieta comercial e que praticaram o exercício isoladamente (DCE) e, em associação com a ingestão do extrato (DCCsE), embora neste último grupo o ganho tenha sido maior. O exercício físico, além de melhorar a aptidão muscular para a geração de força, pode promover uma variedade de outros resultados, tais como, o aumento da massa muscular, a redução da gordura corporal e o controle da glicemia^{19,20}.

Neste trabalho encontramos um aumento no peso dos fígados dos animais cuja alimentação caracterizava-se pela dieta hipercolesterolêmica, assim como, entre os grupos alimentados com a dieta comercial que praticaram o exercício do nado isoladamente (DCE) ou em associação com a ingestão do chá verde (DCCsE), quando comparados com o grupo controle (DC). O fígado é visto como um órgão metabólico central, regulando e mantendo a homeostasia. Durante o período da ingestão da dieta hipercolesterolêmica, o tecido hepático pode converter a gordura da dieta em carboidratos e triglicerídeos. Alguns autores¹⁵ mostraram a acumulação de triglicerídeos no tecido hepático.

No entanto, foi possível

observar um menor aumento do peso dos fígados dos ratos alimentados com a dieta hipercolesterolêmica e que ingeriram o extrato aquoso de *Camellia sinensis* (DHCs) isolado ou em associação com o exercício do nado (DHCsE), bem como, o grupo que praticou o exercício isoladamente (DHE).

Alguns autores²¹ demonstraram que os polifenóis presentes no chá preto podem inibir a atividade da enzima ácido graxo sintase que participa no metabolismo energético, relacionada com várias doenças, incluindo as cardiovasculares. Este efeito inibidor pode ativar uma potente via de redução do peso e os compostos como os polifenóis poderiam ser os candidatos promissores para um efeito antiobesidade²². Isto poderia explicar a diminuição do peso do fígado e do coração nos animais alimentados com dieta comercial e que ingeriram o extrato de *Camellia sinensis* (DCCs), bem como, o pequeno ganho ponderal já discutido.

Os nossos resultados também evidenciaram um aumento do peso do coração dos animais alimentados com a dieta comercial e que praticaram o nado, independente da ingestão do chá verde, o que é sugestivo de hipertrofia fisiológica, em concordância com o relatado por outros autores^{23,24}. Por outro lado, nos animais alimentados com a dieta hipercolesterolêmica, não foi observada a hipertrofia fisiológica nos grupos que praticaram o exercício, independente da ingestão do chá verde.

Estudos realizados em ratos têm mostrado que o exercício físico reduz as taxas séricas de colesterol^{25,15,24}. O exercício moderado regular pode minimizar ou controlar a elevação da taxa de metabolismo basal, da oxidação e da degradação lipídica, bem como a diminuição da lipogênese que aumenta a síntese lipídica e a acumulação promovida pela dieta rica em gorduras^{26,27}. Trabalho recente evidenciou a importância do exercício físico regular no controle da obesidade e da dislipidemia em ratos¹¹.

Existem várias evidências mostrando que os polifenóis presentes nos chás são responsáveis pela redução do colesterol plasmático, dos níveis de triglicerídeos, da redução da pressão arterial e da agregação das plaquetas^{28,29}. Recentemente, um estudo mostrou que a suplementação diária, na dieta de ratos, com as folhas da *Camellia sinensis* submetida a diferentes processos de fermentação, modificou os níveis plasmáticos de colesterol e triglicerídeos, diminuindo-os significativamente, quando comparados com a dieta basal³⁰.

Os efeitos das catequinas e polifenóis presentes no chá verde têm sido objeto de muitas investigações e alguns autores têm mostrado os benefícios dos mesmos sobre a melhora da capacidade de resistência ao exercício físico, atribuída principalmente pela estimulação do metabolismo lipídico^{31, 32}.

Nossos resultados confirmam os encontrados na literatura, pois a ingestão do extrato aquoso de *Camellia sinensis* no grupo de animais que foram alimentados com a dieta hipercolesterolêmica foi

capaz de reduzir os níveis de colesterol e triglicerídeos, sugerindo que o extrato das folhas do chá verde exerce um efeito hipolipidêmico e também poderia ter um efeito protetor contra o processo aterosclerótico. Além disso, nos animais que foram alimentados com a mesma dieta, a ingestão do extrato aquoso da *Camellia sinensis*, em associação com o nado, observou-se uma diminuição nos níveis plasmáticos de triglicerídeos e de colesterol com valores próximos aos do grupo alimentado com a dieta comercial.

Muitos autores têm mostrado uma atividade hipoglicêmica do extrato aquoso da *Camellia sinensis* nos modelos experimentais de diabetes^{33, 34} e sugerido o chá como uma opção terapêutica. Vários mecanismos têm sido implicados para explicar o efeito anti-hiperglicêmico das catequinas presentes no chá verde, relacionando à capacidade de aumentar a captação de glicose basal e a estimulada pela insulina³⁵, inibindo a captação intestinal, através do transportador sódio-dependente³⁶ e mimetizando a insulina pela diminuição da expressão dos genes que controlam a gliconeogênese³⁷. Sobre um modelo experimental de diabetes insulino-resistente provocado pela dieta com frutose aumentada, a administração do extrato do chá verde foi capaz de melhorar o metabolismo lipídico e a glicose³⁸.

Em nosso trabalho, encontramos um aumento dos níveis de glicose nos animais submetidos à dieta hipercolesterolêmica e este aumento

foi revertido pela ingestão do extrato aquoso do chá verde. Do mesmo modo, a prática isolada do exercício também inibiu significativamente o aumento dos níveis de glicose induzidos pela dieta hipercolesterolêmica. Igualmente, a associação da ingestão do extrato aquoso do chá verde, com a prática do exercício, diminuiu os níveis de glicose, aumentados pela mesma dieta. Resultado semelhante foi observado em camundongos submetidos ao exercício onde o extrato aquoso de chá verde diminuiu a concentração plasmática de glicose^{31, 32}.

Nossos resultados evidenciaram um aumento nos níveis de MDA hepáticos nos ratos que foram alimentados com a dieta hipercolesterolêmica que praticaram o exercício, independente da ingestão do chá verde. Este mesmo comportamento foi observado nos animais alimentados com a dieta comercial onde a prática do exercício aumentou os níveis hepáticos de MDA com ou sem a ingestão do extrato.

Existem conflitantes informações acerca dos efeitos do exercício sobre o estresse oxidativo e a interação entre os efeitos da dieta rica em gordura e exercício físico, o que não nos oferece total esclarecimento¹⁵. O exercício físico tem a capacidade de incrementar a utilização da energia gerada pela dieta gordurosa e esta condição de interação torna-se deletéria e aumenta o estresse oxidativo¹⁵.

Quanto aos efeitos antioxidantes do chá verde, alguns

autores⁷ mostraram que o consumo do chá resulta em um aumento das atividades enzimáticas do metabolismo de carboidrato e das defesas antioxidantes, como a diminuição da atividade do superóxido dismutase. No entanto, nossos resultados não evidenciaram um efeito antioxidante com o uso do chá verde e, ao contrário do descrito na literatura, os valores de MDA ficaram aumentados nos animais que foram alimentados com a dieta comercial e consumiram o extrato aquoso do chá verde isoladamente ou em associação com o exercício.

Estudos fitoquímicos revelam que a quantidade de catequinas presentes na planta pode variar conforme a idade da mesma³⁹. Isto poderia explicar as diferenças encontradas em relação à atividade antioxidante no chá. Outros estudos⁴⁰ mostraram que o tratamento de ratos com o chá verde protegeu do dano oxidativo, sugerindo o extrato como um protetor contra o estresse oxidativo, induzido por oxalato de sódio. Os autores sugerem que este efeito esteja relacionado ao processo de fermentação sofrido pelo vegetal durante o processamento comercial.

Estes resultados nos permitem sugerir que a adoção de hábitos saudáveis como, por exemplo, a dieta balanceada, a prática de exercício físico regular e o consumo de chá verde provocam efeitos positivos sobre os níveis de colesterol, triglicerídeos e glicose, podendo estar relacionados aos efeitos de compostos fenólicos presentes no vegetal.

REFERÊNCIAS

1. Hertog, MGL, et al. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease. The Zutphen Elderly Study. *Lancet* 1993, 342:1007-1011.
2. Harper JG; Jacobson TA. New perspectives on the management of low levels of high-density lipoprotein cholesterol. *Arch Int Med* 1999, 159:1049-1047.
3. Lin, C. C.; Yen, F. L.; Hsu, F. F.; Lin, J. M. *J. Pharm. Pharmacol.* 2000, 52, 1387.
4. Hoffmann, K.; Boeing, H.; Volatier, J. L.; Becker, W. Evaluating the potential health gain of the World Health Organization's recommendation concerning vegetable and fruits consumption. *Public Health Nutrition* 2003, 6:765.
5. Ramirez-Mares, M.V.; Chandra, S.; Mejia, E.G. In vitro chemopreventive activity of *Camellia sinensis*, *Ilex paraguariensis* and *Ardisia compressa* tea extracts and selected polyphenols. *Mutat. Res.* 2004, 554:53-65.
6. Oak, M.-H.; Bedoui, J.E.; Schini-Kerth, V. Antiangiogenic properties of natural polyphenols from red wine and green tea. *J. Nutr Biochem*, 2005, 16:1-8.
7. Khan, S.A.; Mukhtar, H. Influence of green tea on enzymes of carbohydrate metabolism, antioxidant defense and plasma membrane in rat tissues. *Nutrition* 2007, 23:687-695.
8. Reeves, P.G.; Nielsen, F. H.; Fahey Jr, G.C. AIN-93 Purified Diets for Laboratory Rodents: Final Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A Rodent Diet *J Nutr* 1993, 123:1939-1951.
9. Volpato, G.T.; Damasceno, D.C.; Campos, K.E.; Rocha, R.; Rudge, M.V.C.; Calderon, I.M.P. Evaluation of the effect of physical exercise in the metabolism of pregnant diabetic rats. *Rev Br Med Esport* 2006, 12:205e-209e.
10. Moreno Jr, H.; Cezareti, M.L.R.; Piçarro, I.C.; Neto, T.L.B.; Kasinski, N.; Martinez Filho, E.E.; Saragoça, M.A.S. The influence of isotonic exercise on cardiac hypertrophy in arterial hypertension: impact on cardiac function and on the capacity for aerobic work. *Comp Biochem Physiol* 1995, 112A(2):313-320.
11. Guerra, L.F.R.; Prado, W.L.P.; Cheik, N.C.; Viana, F.P.; Botero, J.P.; Vendramini, R.C.; Carlos, I.Z.; Rossi, E.A.; Dâmaso, A.R. Effects of 2 or 5 consecutive exercise days on adipocyte area and lipid parameters in Wistar rats. *Lipids in Health and Disease* 2007, 6 (16): 1-8.
12. Oakes, K.D.; Van Der Kraak, G.J. Utility of the TBARS assay in detecting oxidative stress in white sturgeon (*Catostomus commersoni*) populations exposed to pulp mill effluent. *Aquatic Toxicology* 2003, 63:447-463.
13. Paganini Stein, F.L.; Fellow, B.S.; Furlong, E.B.; Soares, L.A.S.; Soares, M.C.F.; Vaz, M.R.C.; Muccillo-Baisch, A.L. Vascular responses to extractable fractions of *Ilex paraguariensis* in rats fed standard and high-cholesterol diets. *Biol Res Nurs* 2006, 7(2):146-156.
14. Diniz, Y.S.; Fernandes, A.A.H.; Campos, K.E.; Mani, F.; Ribas, B.O.; Novelli, E.L.B. Toxicity of hypercaloric diet and monosodium glutamate: oxidative stress and metabolic shifting in hepatic tissue. *Food Chem Toxicol* 2004, 42:319-325.
15. Burneiko, R.C.; Diniz, Y.S.; Gallhardi, C.M.; Rodrigues, H. G.; Ebaid, G. M. X.; Faine, L.A.; Padovani, C.R.; Cicogna, A.C.; Novelli, E.L.B. Interaction of hypercaloric diet and physical exercise on lipid profile, oxidative stress and antioxidant defenses. *Food Chem Toxicol* 2006, 44:1167-1172.
16. Takami, S.; Imai, T.; Hasumura, M.; Cho, Y.-M.; Onose, J.; Hirose, M. Evaluation of toxicity of green tea catechins with 90-day dietary administration to F344 rats. *Food Chem Toxicol* 2008, 46:2224-2229.
17. Ikeda, I.; Imasato, Y.; Sasaki, E.; Nakayama, M.; Nagao, H.; Takeo, T.; Yayabe, F.; Sugano, M. Tea catechins decrease micellar solubility and intestinal absorption of

- cholesterol in rats. *Biochim Biophys Acta* 1992, 1127:141-146.
18. Ikeda, I.; Hamamoto, R.; Uzu, K.; Imaizumi, K.; Nagao, K.; Yanagita, T.; Suzuki, Y.; Kobayashi, M.; Kakuda, T. Dietary gallate esters of tea catechins reduce deposition of visceral fat, hepatic triacylglycerol, and activities of hepatic enzymes related to fatty acid synthesis in rats. *Biosci Biotechnol Biochem* 2005, 69:1049-1053.
 19. Stone, M.H.; Fleck, S.J.; Triplett, N.T.; Kraemer, W.J. Health- and performance-related potential of resistance training. *Sports Med* 1991, 11:210-231.
 20. Cauza, E.; Hanusch-Enserer, U.; Strasser, B.; Ludvik, B.; Metz-Schimmerl, S.; Pacini, G.; Wagner, O.; Georg, P.; Prager, R.; Kostner, K. The relative benefits of endurance and strength training on metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. *Arch Phys Med Rehabil* 2005, 86:1527-1533.
 21. Yeh, C-W.; Chen, W-J.; Chiang, C-T.; Lin-Shiau, S-Y.; Lin, J-K. Suppression of fatty acid synthase in MCF-7 breast cancer cells by tea and tea polyphenols: a possible mechanism for their hypolipidemic effects. *Pharmacogenomics J* 2003, 3:267-276.
 22. Smith, S. The animal fatty acid synthase: one gene, one peptide, seven enzymes. *FASEB J* 1994, 8:1248-1255.
 23. Iemitsu, M., Miyauchi, T.; Maeda, S.; Sakai, S.; Kobayashi, T.; Fujii, N.; Miyazaki, H.; Matsuda, M.; Yamaguchi, I. Physiological and pathological cardiac hypertrophy induce different molecular phenotypes in the rat. *Am J Physiol* 2001, 281:R2029-R2036.
 24. Kiran T.R.; Subramanyan, M.V.V.; Prathima, S; Asha Devi S. Blood lipid profile and myocardial superoxide dismutase in swin-trained young and middle-aged rats: comparison between left and right ventricular adaptations to oxidative stress. *J Comparative B* 2006, 176:749-762.
 25. Ensign, W.J.; Mcnamara, D.J.; Fernandez, M.L. Exercise improves plasma lipid profiles and modifies lipoprotein composition in guinea pigs. *J Nutr Biochem* 2002, 13:747-753.
 26. Vasankari, T.J.; Kujala, U.M.; Ahotupa, M. Reduced oxidized LDL levels after a 10-month exercise program. *Med Sci Sport Exerc* 1988, 30(10):1496-1501.
 27. Woody, C.J.; Weber, L.S.; Laubach, H.E.; Ingram-Willey, V.; Amini-Alashti, P.; Sturbaum, B.A. The effect of chronic exercise on metabolic and reproductive function in male rats. *Life Sci* 1988, 62(4):327-332.
 28. Chisaka, T.; Matsuda, H.; Kubomura, Y.; Mochizuki, M.; Yamahara, J.; Fujimura H. The effect of crude drugs on experimental hypercholesteremia: mode of action of (-)-epigallocatechine gallate in tea leaves. *Chem Pharm Bull* 1988, 36:227-233.
 29. Muramatsu, K; Fukuyo, M; Hara, Y. Effect of green tea catechine on plasma cholesterol level in cholesterol-fed rats. *J. Nutr Sci Vitaminol* 1986, 32:613-622.
 30. Kuo Y-H; Tsai W-J; Loke S-H; Wu T-S; Chiou W-F. Comparative Studies on the Hypolipidemic and Growth Suppressive Effects of Oolong, Black, Pu-erh, and Green Tea Leaves in Rats. *J Agric Food Chem* 2005, 53:480-489.
 31. Murase, T.; Haramizu, S.; Shimotoyodome, A.; Nagasawa, A.; Tokimitsu, I. Green tea extract improves running endurance in mice by stimulation lipid utilization during exercise. *Am J. Physiol. Reg. Int Comp Physiol* 2004, 288:R1550-1556.
 32. Murase, T.; Haramizu, S.; shimotoyodome, A.; Tokimitsu, I.; Hase, T. Green tea extract improves endurance capacity and increase muscle lipid oxidation in mice. *Am J. Physiol. Reg. Int Comp Physiol* 2006, 290:R708-715.
 33. Gomes, A; Vedasiromoni, J.R.; Das, M; Sharma, R.M; Ganguly, D.K. Anti-hyperglycemic effect of Black tea (*Camellia sinensis*) in rat. *J Ethnopharmacol* 1995, 45:223-226.
 34. Juśkiewicz, J.; Zduńczyk, Z.; Jurgoński, A.; Brzuzan, L.; Godycka-Kłós, I.; Żary-Sikorska, E. Extract of green tea leaves partially attenuates streptozotocin-induced changes in antioxidant status and gastrointestinal functioning in rats. *Nutr Res* 2008, 28:343-349.

35. Wu, L.Y.; Juan, C.C.; Ho, L.T.; Hsu, Y.P.; Hwang, L.S. Effect of green tea supplementation on insulin sensitivity in Sprague-Dawley rats. *J Agric Food Chem* 2004, 52:643-648.
36. Kobayashi, Y.; Suzuki, M.; Satsu, H.; Arai, S.; Hara, Y.; Suzuki, K.; Miyamoto, y.; Shimizu, M. Transporter Green tea polyphenols inhibit the sodium-dependent glucose transporter of intestinal epithelial cells by a competitive mechanism. *J Agric Food Chem* 2000, 48:5618-5623.
37. Waltner-Law, M.E.; Wang, X.L.; Law, B.K.; Hall, R.K.; Nawano, M. Epigallocatechin gallate, a constituent of green tea represses hepatic glucose production. *J Biol Chem* 2002, 277:34933-34940.
38. Li, R.W.; Douglas, T.D.; Maiyoh, G.K.; Adeli, K.; Theriault, A.G. Green tea leaf extract improves lipid and glucose homeostasis in a fructose-fed insulin-resistant hamster model. *J Ethnopharmacol* 2006, 104:24-31.
39. Bruneton, J. Alcaloides: bases púricas. In: *Farmacognosia: fitoquímica, plantas medicinales*. Zaragoza, España: 2^a Ed. Acribia S.A., 2001. p.1063-1067.
40. Ojo, O.O.; Ladeji, O.; Nadro, M.S. Studies of the Antioxidative Effects of Green and Black Tea (*Camellia sinensis*) Extracts in Rats. *J Med Food* 2007, 10 (2):345-349.