

LIPOPROTEÍNA(A) E MASSA CORPORAL DE RATOS SUBMETIDOS À HIPERCOLESTEROLEMIA E TREINAMENTOS FÍSICOS DE FORÇA E AERÓBICO

Rosemeire Dantas de Almeida^{1,2,3} rosealmeida1@ig.com.br

Eduardo Seixas Prado^{1,3,4} espradoo@ig.com.br

Lorena Almeida de Melo^{1,4} lorenaamelo@ig.com.br

Antônio César Cabral de Oliveira^{5,6} cabral@infonet.com.br

doi:10.3900/fpj.7.3.137.p

Almeida RD, Prado ES, Melo LA, Oliveira ACC. Lipoproteína(a) e massa corporal de ratos submetidos à hipercolesterolemia e treinamentos físicos de força e aeróbico. *Fit Perf J.* 2008 mai-jun;7(3):137-44.

RESUMO

Introdução: O objetivo do estudo foi verificar os efeitos provocados pelos exercícios de força e aeróbico sobre as concentrações plasmáticas lipoprotéicas da lipoproteína(a) [Lp(a)] e massa corporal, em ratos submetidos a uma dieta hipercolesterolêmica. **Materiais e Métodos:** Foram utilizados 43 ratos machos da linhagem Wistar, com oito semanas, pesando entre 230g e 250g, divididos em seis grupos: treinamento de força com dieta hipercolesterolêmica (FD, n=7); treinamento aeróbico com dieta hipercolesterolêmica (AD, n=6); treinamento de força com dieta convencional (FN, n=6); treinamento aeróbico com dieta convencional (AN, n=9); dieta hipercolesterolêmica (CD, n=7); e dieta convencional (CN, n=8). Os exercícios de força e aeróbico foram realizados durante 12 semanas. Ao final do período experimental foram dosadas as concentrações plasmáticas da Lp(a). **Resultados:** Não foram verificadas diferenças nas concentrações plasmáticas da Lp(a), perante os diferentes tipos de treinamento físico. Os tratamentos prolongados com dieta hipercolesterolêmica não alteraram os níveis da Lp(a). **Discussão:** Os treinamentos de força e aeróbico em animais com dieta hipercolesterolêmica e convencional, não proporcionaram modificações nas concentrações plasmáticas da Lp(a).

PALAVRAS-CHAVE

Lipoproteína(a), Dieta, Colesterol, Exercício.

¹ Universidade Estadual de Londrina - UEL - Centro de Educação Física e Desportos - Grupo de Estudo e Pesquisa em Atividade Física e Saúde - GEPAFIS - Londrina - Brasil

² Universidade Tiradentes - UNIT - Departamento de Fisioterapia - Aracaju - Brasil

³ Universidade Federal de Uberlândia - UFU - Instituto de Genética e Bioquímica - Uberlândia - Brasil

⁴ Universidade Tiradentes - UNIT - Departamento de Educação Física - Aracaju - Brasil

⁵ Universidade Federal de Sergipe - UFS - Departamento de Educação Física - Aracaju - Brasil

⁶ Universidade Federal de Sergipe - UFS - Departamento de Educação Física - Núcleo de Pesquisa em Aptidão Física de Sergipe - NUPAFISE - Aracaju - Brasil

LIPOPROTEIN(A) AND BODY MASS IN MICE WHICH WERE SUBMITTED TO HYPERCHOLESTEROLEMIA AND STRENGTH AND AEROBIC PHYSICAL TRAININGS

ABSTRACT

Introduction: The objective of the study was to verify the effects provoked by strength and aerobic exercises on the lipoprotein concentrations of lipoprotein(a) [Lp(a)] and body mass in mice which were submitted to a hypercholesterolemic diet. **Materials and Methods:** 43 8-week-old male mice from Wistar family and weight between 230g and 250g were used in the sample. They were divided into six groups: strength training with hypercholesterolemic diet (FD, n=7); aerobic training with hypercholesterolemic diet (AD, n=6); strength training with conventional diet (FN, n=6); aerobic training with conventional diet (AN, n=9); hypercholesterolemic diet (CD, n=7); and conventional diet (CN, n=8). The strength and the aerobic exercises were accomplished during 12 weeks. At the end of the experimental period, the plasmatic concentrations of Lp(a) were dosed. **Results:** No differences have been verified in the plasmatic concentrations of Lp(a) with the different types of physical training. The prolonged treatments with hypercholesterolemic diet did not alter the levels of Lp(a). **Discussion:** The strength and aerobic trainings in animals with hypercholesterolemic and conventional diet did not provoke changes in the plasmatic concentrations of Lp(a).

KEYWORDS

Lipoprotein(a), Diet, Cholesterol, Exercise.

LIPOPROTEÍNA(A) Y MASA CORPORAL DE RATONES SOMETIDOS A LA HIPERCOLESTEROLEMIA Y ENTRENAMIENTOS FÍSICOS DE FUERZA Y AERÓBICO

RESUMEN

Introducción: El objetivo del estudio fue a verificar los efectos provocados por los ejercicios de fuerza y aeróbico sobre las concentraciones plasmáticas lipoproteicas de la lipoproteína(a) [Lp(a)] y masa corporal, en ratones sometidos a una dieta hipercolesterolémica. **Materiales y Métodos:** habían sido utilizados 43 ratones machos del linaje Wistar, con ocho semanas, pesando entre 230g y 250g, divididos en seis grupos: entrenamiento de fuerza con dieta hipercolesterolémica (FD, n=7); entrenamiento aeróbico con dieta hipercolesterolémica (AD, n=6); entrenamiento de fuerza con dieta convencional (FN, n=6); entrenamiento aeróbico con dieta convencional (AN, n=9); dieta hipercolesterolémica (CD, n=7); y dieta convencional (CN, n=8). Los ejercicios de fuerza y aeróbico habían sido realizados durante 12 semanas. Al final del periodo experimental fueron dosificadas las concentraciones plasmáticas de la Lp(a). **Resultados:** no fueron verificadas diferencias en las concentraciones plasmáticas de la Lp(a), mediante los diferentes tipos de entrenamiento físico. Los tratamientos prolongados con dieta hipercolesterolémica no alteraron los niveles de la Lp(a). **Discusión:** los entrenamientos de fuerza y aeróbico en animales con dieta hipercolesterolémica y convencional, no proporcionaron modificaciones en las concentraciones plasmáticas de la Lp(a).

PALABRAS CLAVE

Lipoproteína(a), Dieta, Colesterol, Ejercicio.

INTRODUÇÃO

A Doença Arterial Coronariana (DAC) é resultante de fatores de risco, entre os quais se destacam os níveis anormais das lipoproteínas, denominados de dislipidemias, e o estilo de vida sedentário¹.

As dislipidemias são definidas como distúrbios do metabolismo lipídico, com repercussões sobre os níveis das lipoproteínas (LP) na circulação sanguínea, bem como sobre as concentrações dos seus diferentes componentes. A

elevada concentração de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e lipoproteína(a) [Lp(a)], assim como a baixa concentração plasmática de lipoproteínas de alta densidade (HDL), têm sido consideradas como fatores de risco independentes para o desenvolvimento da aterosclerose. A Lp(a) é sintetizada no fígado e possui composição lipídica semelhante à LDL, diferindo desta pela presença de uma apoproteína(a). Suas concentrações são determinadas geneticamente, desconhecendo-se sua função e catabolismo. Sabe-se que

concentrações de $30\text{mg}\cdot\text{dl}^{-1}$ estão associadas ao maior risco de desenvolvimento da DAC^{2,3,4}.

Por outro lado, o combate ao sedentarismo através da prática de exercícios físicos é estimulado para prevenção e tratamento de alguns fatores de risco, oferecendo uma proteção contra a DAC⁵. A diminuição do percentual de gordura, associada à dieta e à prática de exercícios físicos, pode contribuir para modificações favoráveis das concentrações lipoprotéicas sanguíneas^{6,7,8}. Estudos deixam claro o benefício do exercício aeróbico na redução das concentrações plasmáticas lipoprotéicas^{9,10,11}.

De acordo com Prado & Dantas¹², a relação entre as alterações da HDL, LDL e o treinamento aeróbico parece estar bem definida, principalmente quando a dieta e a perda de massa corporal são associadas para obtenção de um bom perfil lipídico. O benefício existe, tanto para os exercícios de baixa quanto os de alta intensidade, tanto em situações normolipidêmicas quanto dislipidêmicas. Porém, o mesmo parece não acontecer nos níveis de Lp(a), onde a maioria dos estudos indica não haver alterações nesta lipoproteína com exercícios aeróbicos, mesmo quando uma dieta foi associada^{13,14,15,16,17,18}. Já a existência de poucos e controversos estudos¹² envolvendo o treinamento de força não nos permite afirmar, ou ao menos sugerir, se podem ou não existir alterações benéficas nas concentrações plasmáticas lipoprotéicas, principalmente quando relacionados à Lp(a).

Portanto, ainda não estão bem demonstrados na literatura científica os reais efeitos que um programa de treinamento aeróbico e de força pode causar nas concentrações lipoprotéicas da Lp(a) e na massa corporal, especialmente em condições dietéticas normolipidêmicas e dislipidêmicas. Assim, o objetivo desse estudo foi verificar os níveis da Lp(a) e massa corporal de ratos submetidos a dieta hipercolesterolêmica e a treinamento físico aeróbico e de força.

MATERIAIS E MÉTODOS

Aprovação do estudo

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa da Universidade Tiradentes, sob nº. 031005. Todos os procedimentos estiveram de acordo com as diretrizes do Manual de Princípios no Cuidado e Uso de Animais do *American College of Sports Medicine* e seguiu a Lei nº. 6638 de 8 de maio de 1979 e o Decreto nº. 24645 de 10 de julho de 1934.

Animais

Foram utilizados 43 ratos machos da linhagem Wistar, proveniente do biotério central da Universidade Tiradentes, com oito semanas de idade, pesando entre 230g e 250g. Todos os animais foram mantidos em uma sala com temperatura constante ($22\pm 2^\circ\text{C}$) e ciclo claro-escuro de 12h cada.

Dietas

Antecedendo ao programa de treinamento físico, os animais foram divididos em dois grupos, definidos pela forma de dieta: animais normolipidêmicos, que somente ingeriram ração convencional balanceada para roedores, da marca NUVILAB® CR1 (Nuvital Nutrientes, Colombo - PR), contendo, por peso, 19% de proteína, 56% de carboidrato, 3,5% de lipídeos, 4,5% de celulose e 5% de vitaminas e minerais, com $3,78\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}$, e assim perdurou por todo o experimento; e animais dislipidêmicos, que somente receberam dieta hipercolesterolêmica, fabricado pela RHOSTER, do tipo AIN-76, objetivando a indução dislipidêmica. As dietas e a água foram oferecidas diariamente aos animais, em quantidade suficiente para garantir o consumo *ad libitum*, durante um mês.

Grupos e programa de treinamento físico

Após um mês de aplicação da dieta, foi iniciado o programa de treinamento físico nos animais normolipidêmicos e dislipidêmicos, que continuaram com suas respectivas dietas, sendo divididos em três subgrupos cada, definidos pelo tipo de exercício físico executado, em um total de seis, assim descritos: apenas dieta convencional, sem treinamento físico (CN, n=8); apenas dieta hipercolesterolêmica, sem treinamento físico (CD, n=7); treinamento aeróbico com dieta convencional (AN, n=9); treinamento aeróbico com dieta hipercolesterolêmica (AD, n=6); treinamento de força com dieta convencional (FN, n= 6); e treinamento de força com dieta hipercolesterolêmica (FD, n=7). Os números constituintes da amostra foram diferentes, devido à morte de alguns animais ao longo do treinamento.

Tipos de exercícios físicos de força e aeróbico

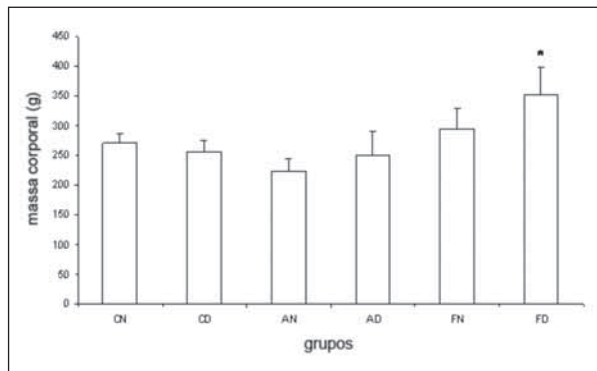
Exercício de força

O programa de exercícios físicos de força foi realizado durante 12 semanas, após familiarização, e a partir das cargas estabelecidas no teste de 1RM. Foram executadas três séries de 10 repetições no aparelho de

agachamento, segundo modelo de Tamaki *et al.*¹³, três vezes por semana, com intensidade definida em 75% da carga máxima estabelecida no teste de 1RM. A carga e a intensidade foram periodicamente readaptadas quanto à sua prescrição, devido à melhora dos níveis de força por parte dos animais, a partir das novas cargas máximas estabelecidas pelo teste de 1RM que foram realizados semanalmente.

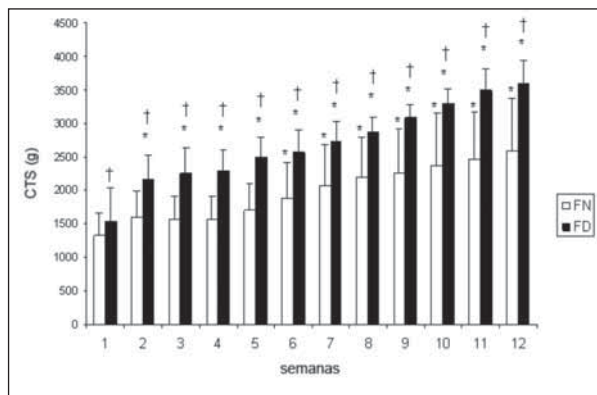
Os animais foram estimulados a executar as séries, através de eletrodos autoadesivos da marca ValuTrode, modelo CF3200, tamanho 3,2cm, colocados na cauda e ligados a um eletroestimulador Quarker, modelo Dualpex 961, ano de fabricação 2000, calibrado pelo Inmetro. Os parâmetros utilizados foram: frequência de 1Hz; duração de 1ms; ciclo ativo 2:4s; e a intensidade de corrente, ajustada de tal maneira que o animal executasse o movimento, variando de 4mA a 15mA. Esses parâmetros foram adotados por ser pulsos bidirecionais de média nula, não apresentando efeitos eletrolíticos e permitindo

Figura 1 - Média e desvio-padrão dos valores de massa corporal dos grupos, ao final do estudo



* $p < 0,05$ quando comparado ao grupo CN.

Figura 2 - Média e desvio-padrão dos valores de CTS dos grupos FN e FD, durante as 12 semanas de estudo



* significativo em relação à primeira semana

† significativo na comparação entre FN e FD nas semanas

aplicações de longa duração sem risco de lesão dos tecidos. A breve duração de pulso é capaz de promover uma estimulação efetiva e confortável aos animais.

Exercício aeróbico

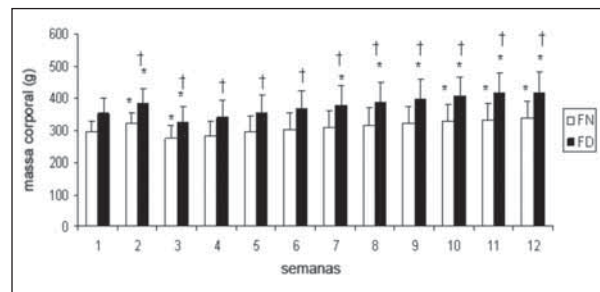
O programa de exercícios aeróbicos foi iniciado após a familiarização com a técnica, que consistiu de corrida em esteira ergométrica, marca AVS, com capacidade para oito animais, velocidade variável de 0 a 30m.min⁻¹, inclinação de 0% a 10%, fonte de estimulação elétrica com variações de 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0 e 1,2mA de intensidade de corrente, com quatro saídas independentes e comando no próprio display da esteira. Este programa foi realizado três vezes por semana, também durante 12 semanas. O tempo e a velocidade variaram de 10min a 45min e de 25m.min⁻¹ a 30m.min⁻¹, respectivamente.

O controle da massa corporal foi realizado semanalmente, antes da execução dos treinamentos físicos, em todos os grupos. Para tal, foi utilizada uma balança de precisão da marca Marte, modelo AS2000c, calibrada pelo Inmetro e ano de fabricação 1999.

Coleta, preparação do sangue e dosagem da Lp(a)

Após a última sessão de exercícios físicos, a dieta habitual dos grupos foi mantida e, no dia seguinte, após 12h a 14h de jejum, o sangue foi coletado. Para tal, os animais foram anestesiados com tiopental a uma concentração de 40mg.kg⁻¹, via intraperitoneal, retirando 2ml de sangue por punção cardíaca, em seringa descartável heparinizada. O sangue foi, em seguida, centrifugado a 2500 rotações por minuto durante 10min, e o soro obtido foi armazenado em freezer a -20°C, para posterior determinação da Lp(a), que foi realizada por turbidimetria, utilizando-se um kit de dosagem Labtest.

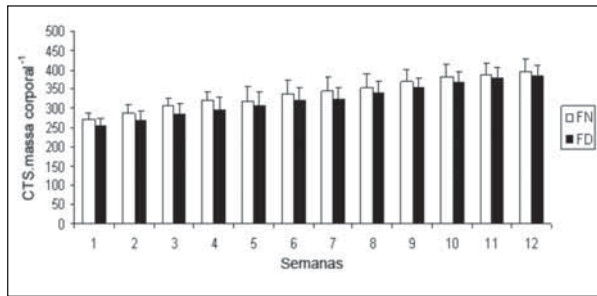
Figura 3 - Média e desvio-padrão dos valores da massa corporal dos grupos FD e FN, durante as 12 semanas de estudo



* significativo em relação à primeira semana

† significativo na comparação entre FN e FD nas semanas

Figura 4 - Média e desvio-padrão da relação CTS.massa corporal⁻¹ dos grupos FN e FD, durante as 12 semanas de estudo



Análise estatística

Os valores foram expressos como média e desvio padrão. Foi realizada análise de variância (ANOVA) para duas vias repetidas, verificando as diferenças entre as médias dos grupos, combinados ao teste *post-hoc* de Newman-Keuls para múltiplas comparações, adotando-se um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Massa corporal

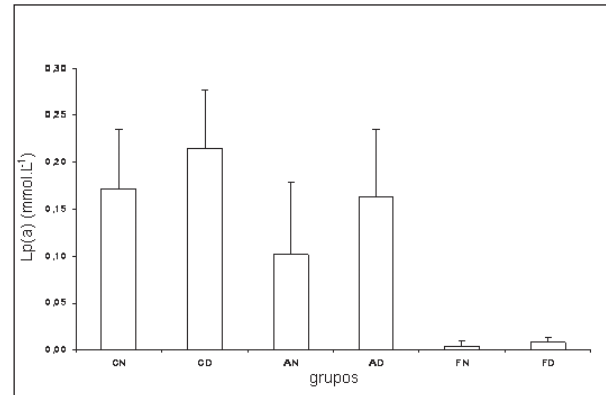
Os resultados da variável *massa corporal* foram obtidos da comparação de todos os grupos (CN, CD, AN, AD, FN e FD) no início (1ª semana) e no final do estudo (12ª semana). Os resultados obtidos indicam que o grupo FD foi o único a apresentar massa corporal maior do que o CN ao final do estudo (Figura 1).

Carga de trabalho semanal (CTS)

Verificou-se que, tanto o grupo FN quanto o FD, apresentaram um aumento significativo da CTS ao longo das 12 semanas de programa, em comparação com a primeira semana. No entanto, o FD apresentou esse aumento mais cedo, a partir da 2ª semana de treinamento, enquanto que o FN somente a partir da 6ª semana (Figura 2).

Não houve diferença na comparação da CTS entre FN e FD na primeira semana, ou seja, no início do programa de treinamento ambos os grupos, que só se diferenciavam pela variável *dieta*, possuíam a mesma força muscular. No entanto, esta mesma comparação, efetuada a partir da 2ª semana de treinamento, demonstrou diferença entre os grupos, onde FD apresentou maior força, ao longo das 12 semanas. Talvez, a explicação para esses resultados estivesse relacionada ao ganho de massa corporal superior do FD em relação ao FN, promovido pela dieta hipercolesterolêmica (Figura 3). Contudo, quando a CTS de cada animal foi cal-

Figura 5 - Média e desvio-padrão da variável Lp(a) durante as 12 semanas de estudo



culada em relação à massa corporal (CTS.massa corporal⁻¹), os resultados indicaram que, quando corrigidos em relação à massa corporal, o ganho de CTS apresentado por ambos os grupos era equivalente (Figura 4).

Valores sanguíneos da Lp(a)

Os resultados encontrados não demonstraram alterações significativas da Lp(a) neste estudo, ou seja, nenhum tipo de treinamento físico, nem mesmo a dieta hipercolesterolêmica, contribuiu para modificação dos níveis da lipoproteína (Figura 5).

DISCUSSÃO

A realização de exercícios físicos tem sido objeto de estudo em numerosas pesquisas e é considerada a terapêutica menos onerosa no tratamento de diversas doenças. Porém, a melhor forma de exercitar-se, até então, não está clara. Neste estudo foram avaliadas as duas formas mais comuns de exercícios físicos na população, os exercícios aeróbico e de força, que já foram utilizados em estudos anteriores, tanto em animais quanto em humanos^{20,21,22,23,24,25,26}.

Uma dieta rica em gordura e o sedentarismo são considerados os fatores ambientais que mais contribuem para a dislipidemia e o ganho de massa gordurosa. Níveis elevados lipoprotéicos no sangue estão relacionados com maior incidência de doenças cardiovasculares, especialmente doenças coronarianas^{27,28}.

No estudo realizado por Pellizzon *et al.*²⁹, foram observadas reduções de massa corporal em ratos submetidos a exercícios físicos. Seus resultados são inconsistentes com o presente estudo, quando afirmam que ratos com dieta rica em gordura, realizando treinamento aeróbico, durante seis semanas, 2h por dia e cinco dias por semana, pesavam significativamente mais do que os do grupo

controle no início do estudo e, ao final do estudo, a massa corporal total foi reduzida.

Neste estudo, observou-se que não houve diferença entre os grupos alimentados com diferentes dietas e submetidos a diferentes exercícios, exceto para o grupo FD, que apresentou maior massa corpórea ao longo de todo experimento. Talvez uma explicação para tal fosse o fato de haver uma associação de fatores, como a dieta hipercolesterolêmica que favoreceu o ganho de peso, as modificações encontradas na sua massa corporal, principalmente devido à sua massa magra (músculos), obtidos tanto pelo crescimento natural dos animais quanto pelas adaptações fisiológicas e bioquímicas musculares decorrentes do programa de treinamento. Segundo Tamaki *et al.*¹⁹, existe uma relação direta entre peso muscular e peso corporal total. Estes autores, em suas investigações, submeteram ratos a treinamento de força e encontraram valores de massa corporal superiores para o treinamento de força em relação ao treinamento de corrida em esteira para ratos, sendo a hipertrofia muscular a responsável pelo aumento do peso corporal total. Neste estudo, foi encontrada diferença de peso corporal significativamente maior no FD. De acordo com o mesmo autor, é extremamente difícil produzir hipertrofia muscular em animais de laboratório, especialmente em ratos. Esta limitação é especialmente significativa ao se considerar que o rato é, hoje, o principal animal para pesquisa experimental. Embora a corrida em esteira tenha sido usada para produzir hipertrofia muscular, esta modalidade de exercício consiste principalmente em treinamento de endurance, e não é considerado um tipo ideal de treinamento de força, sendo difícil a comparação deste modelo com a encontrada em humanos. Dessa maneira, a magnitude de um programa de treinamento de força, capaz de promover algumas dessas alterações em ratos, ainda é largamente desconhecida.

Neste estudo, observou-se também que os grupos tratados com dieta e submetidos a exercício de força apresentaram, além de maior peso corporal, maiores valores de CTS. No entanto, quando analisada a razão CTS/massa corporal⁻¹, os valores foram semelhantes.

Estes resultados são concordes parcialmente com os encontrados por Yaspelkis *et al.*³⁰, que investigaram em seus estudos a melhora do metabolismo da glicose musculoesquelética em ratos após aplicação de exercícios de força, e demonstraram, entre as variáveis estudadas, que houve aumento da massa corporal dos animais, bem como aumento da massa muscular, principalmen-

te dos músculos plantares. Contudo, tais dados são contrários aos encontrados por Hornberger & Farrar³¹ que, ao estudar a hipertrofia do músculo flexor longo do hálux, em oito semanas de treinamento de força progressivo em ratos, verificou que a massa corporal não sofreu modificação entre os períodos inicial e final do treinamento.

Dessa forma, é evidente que o protocolo de exercício de força em questão, realizado durante 12 semanas, com frequência semanal de três sessões, em ratos machos, em aparelho de agachamento, foi capaz de promover aumento na força muscular, sendo este um programa efetivo de treinamento. No estudo de Tamaki *et al.*¹⁹ foi observado que os animais treinados no aparelho de agachamento desenvolveram força máxima duas vezes maior que os grupos sedentários, corroborando os resultados do trabalho. Contrariamente, neste estudo, os grupos que foram submetidos ao treinamento aeróbico não apresentaram diferença significativa de massa corporal.

Chen *et al.*³² investigaram o metabolismo lipídico em ratos hipercolesterolêmicos, com diferentes quantidades de fração de proteína de soja. Os animais foram alimentados por quatro semanas com dieta livre de colesterol, dietas com 2%, 5% e 10% de colesterol e frações da proteína de soja. Em seus resultados encontraram que, apesar dos animais serem alimentados com diferentes frações de colesterol, obtiveram ganhos de peso progressivo, mas estes não foram significativos.

Em um estudo anterior, Kibenge & Chan³³ demonstraram que ratos alimentados com dieta rica em gordura e submetidos a exercício aeróbico de natação, apresentaram massa corporal significativamente menor que os ratos controle sedentários. Esses resultados não corroboram o nosso estudo, uma vez que não houve diferença de massa corporal entre os animais alimentados com dieta hipercolesterolêmica, submetidos ao tratamento de exercícios, e seu controle. Esses achados são consistentes com os encontrados por Steinberg *et al.*³⁴, onde, ao comparar ratos treinados em esteira e alimentados com dieta rica em gordura, ratos sedentários e alimentados com dieta rica em gordura, ratos treinados com dieta normal e ratos sedentários com dieta normal, por quatro semanas, verificaram que a massa corporal não sofreu diferença significativa entre os grupos ao final do estudo. No atual estudo somente foi encontrada diferença entre o grupo AD e ratos controle, no início do estudo; ao longo do tempo de treinamento essa diferença foi eliminada.

Segundo Hoyos *et al.*³⁵, em seu estudo, também não foi encontrada diferença significativa de massa corporal entre ratos alimentados com dieta hipercolestrôlemica e normolipidêmica, ao final de quatro meses de estudo. O mesmo se aplica ao estudo de Hornberger & Farrar³¹, onde suas investigações verificaram que ratos submetidos a exercício de força e dieta controlada não demonstraram diferença significativa de massa corporal, entre o início e o final do período de treinamento.

Já Kin Isler *et al.*³⁶, em suas investigações, afirmam que um programa de exercícios físicos aeróbicos, aplicados com controle da intensidade, duração e frequência, são capazes de promover redução na massa corporal, bem como nos níveis plasmáticos de lipoproteínas. Águila *et al.*³⁷ relatam ainda em seu estudo que ratos são animais resistentes a hiperlipidemia e que, ao avaliar o metabolismo lipídico em ratos com diferentes dietas, não foram encontradas diferenças.

É importante salientar que os ratos dislipidêmicos mantiveram a dieta rica em gordura durante o tratamento com exercício, o que, comparando com a prática, constituiria um método terapêutico medicamentoso não associado à mudança de hábito alimentar. Pode-se especular, com base neste fato, que o tratamento crônico com exercício, aliado a uma dieta equilibrada, poderia causar diminuição nas concentrações lipoproteicas.

Embora nenhuma relação causal tenha sido estabelecida entre estes parâmetros, autores também sugeriram que a associação entre lipídeos sanguíneos e frequência cardíaca pode estar sob a influência do sistema nervoso autônomo, pois o aumento da atividade simpática, que eleva a frequência cardíaca, exerce também enorme influência no metabolismo lipídico sanguíneo. Desta maneira, as catecolaminas inativam a lipase lipoprotéica, fazendo com que a redução de sua atividade leve à redução da taxa de remoção da gordura sanguínea, elevando sua concentração plasmática^{38,39}. Essa talvez seja uma justificativa para os resultados encontrados, levando em consideração que o exercício é uma atividade estressante para os ratos, alterando sua frequência cardíaca e a regulação metabólica.

Os resultados do atual estudo, encontrados na Lp(a), foram consistentes com a maioria da literatura, devendo-se, no entanto, levar em consideração que não foram encontrados trabalhos relacionando exercício físico e concentrações plasmáticas de Lp(a) em ratos, sendo, portanto, comparados resultados obtidos em estudos com humanos^{13,14,15,16,17,18,40,41,42,43,44}.

Elevadas concentrações de Lp(a) têm sido consideradas como fatores de risco independentes para o desenvolvimento da aterosclerose^{45,46}. Após uma sessão de exercício físico aeróbico (efeito agudo), essas modificações não foram verificadas. Hubinger *et al.*⁴⁰ investigaram o efeito agudo do exercício aeróbico na Lp(a), em dois grupos. Um, com homens jovens, correndo 60min em uma intensidade de 90% da FC_{máx} em esteira-rolante, e outro, composto de seis indivíduos (três mulheres jovens e três homens do primeiro grupo), correndo durante 40min, em uma intensidade de 75% a 80% da FC_{máx}. Os pesquisadores não verificaram modificação significativa nos níveis da Lp(a) após a sessão de exercício aeróbico. Esse mesmo trabalho conclui, através desse e de estudos anteriormente realizados, que nem o exercício aeróbico agudo nem o crônico alteram, benéficamente, os níveis da Lp(a). Neste estudo, também não foi verificada nenhuma modificação nos níveis da LP(a), havendo sim, uma clara tendência de apresentar melhora no grupo FN e FD. Parece que a dieta foi o fator principal para a elevação da Lp(a) no soro. Isso reforça as conclusões de Mackinnon & Hubinger⁴⁷, que descrevem ainda não estar clara a relação entre o exercício físico e a Lp(a).

Um protocolo de exercício de força em aparelho de agachamento, realizado durante 12 semanas, com frequência de três vezes semanais, em ratos machos, foi capaz de promover aumento na CTS e, conseqüentemente, na força muscular e na massa corporal, não sendo, porém, capaz de promover reduções lipoprotéicas. O exercício aeróbico também não foi capaz de promover modificações benéficas no perfil lipoprotéico.

Não houve alterações significativas nos níveis da Lp(a) de ratos machos tratados e não-tratados com dieta hiperlipidêmica, submetidos a exercício físico aeróbico e de força. Assim, os resultados obtidos sugerem que ainda são muito obscuros os efeitos do exercício aeróbico e de força nos níveis desta lipoproteína. Desta forma, novos estudos devem ser realizados para que possam melhor esclarecer tais aspectos.

REFERÊNCIAS

1. Barter P. Options for therapeutic intervention: how effective are the different agents? *Eur Heart J.* 2006;(8 Suppl):F47-53.
2. Garcia RC, Oliveira HCF. Fisiologia das lipoproteínas. In: Quintão ECR. Colesterol e aterosclerose. Rio de Janeiro: Qualitymark; 1992.
3. Giannini SD. Aterosclerose/dislipidemias, clínica e terapêutica: fundamentos práticos. São Paulo: BG Cultural; 1998.
4. Faludi AA, Bertolami MC. Como diagnosticar e tratar as dislipidemias. *Rev Bras Med.* 1998;55:6-11.

5. Mora S, Cook N, Buring JE, Ridker PM, Lee IM. Physical activity and reduced risk of cardiovascular events: potential mediating mechanisms. *Circulation*. 2007;116(19):2110-8.
6. Kokkinos PF, Fernhall B. Physical activity and high density lipoprotein cholesterol levels: what is the relationship? *Sports Med*. 1999;28(5):307-14.
7. Malloy MJ, Kane JP. A risk factor for atherosclerosis: triglyceride-rich lipoproteins. *Adv Intern Med*. 2001;47:111-36.
8. Durstine JL. Effect of aerobic exercise on high-density lipoprotein cholesterol: a meta-analysis. *Clin J Sport Med*. 2008 ;18(1):107-8.
9. Berg A, König D, Halle M, Baumstark M. Physical exercise in dyslipoproteinemias: an update. *European Journal of Sport Science*. 2002;2(4):1-13.
10. Durstine JL, Grandjean PW, Thompson PD. Lipids, lipoproteins, and exercise. *J Cardiopulm Rehabil*. 2002;22(6):385-98.
11. Sharma AM, Schmidt-Trucksass A, Mascitelli L, Pezzetta F, Slentz CA, Kraus WE, et al. Effects of exercise on plasma lipoproteins. *N Engl J Med*. 2003;348:1494-6.
12. Prado ES, Dantas EHM. Efeitos dos exercícios físicos aeróbico e de força nas lipoproteínas HDL, LDL e lipoproteína(a). *Arq Bras Cardiol*. 2002;79(4):429-33.
13. Hubinger L, Mackinnon LT, Lepre F. Lipoprotein(a) [Lp(a)] levels in middle-aged male runners and sedentary controls. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27(4):490-6.
14. Halle M, Berg A, Von Stein T, Baumstark MW, König D, Keul J. Lipoprotein(a) in endurance athletes, power athletes and sedentary controls. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28(8):962-6.
15. Hubinger L, Mackinnon LT. The effect of endurance training on lipoprotein(a) [Lp(a)] levels in middle-aged males. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28(6):757-64.
16. Thomas TR, Ziogas G, Harris WS. Influence of fitness status on very-low-density lipoprotein subfractions and lipoprotein(a) in men and woman. *Metabolism*. 1997;46(10):1178-83.
17. Mackinnon LT, Hubinger L, Frank L. Effects of physical activity and diet on lipoprotein(a). *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29(11):1429-36.
18. Bauman WA, Adkins RH, Spungen AM, Herbert R, Schechter C, Smith D, et al. Individuals with extreme inactivity do not have abnormal serum lipoprotein(a) levels. *Horm Metab Res*. 1998;30(9):601-3.
19. Tamaki T, Uchiyama S, Nakano S. A weight-lifting exercise model for inducing hypertrophy in the hindlimb muscles of rats. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24:881-6.
20. Grediagin MA, Cody M, Rupp J, Benardot D, Shern R. Exercise intensity does not effect body composition change in untrained, moderately overfat women. *J Am Diet Assoc*. 1995;95:661-5.
21. Bryner RW, Toffle RC, Ullrich IH, Yeater RA. The effects of exercise intensity on body composition, weight loss, and dietary composition in women. *J Am Coll Nutr*. 1997;16(1):68-73.
22. Wang JS, Chow SE, Chen JK, Wong MK. Effect of exercise training on oxidized LDL-mediated platelet function in rats. *Thromb Haemost*. 2000;83:503-8.
23. Leon AS, Sanchez OA. Response of blood lipids to exercise training alone or combined with dietary intervention. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(6suppl):S502-15.
24. Jeukendrup AE, Achten J. Fatmax: a new concept to optimize fat oxidation during exercise? *Eur J Sport Sci*. 2001;1:1-5.
25. Yokogoshi H, Oda H. Dietary taurine enhances cholesterol degradation and reduces serum and liver cholesterol concentrations in rats fed a high-cholesterol diet. *Amino Acids*. 2002;23:433-9.
26. Schuenke MD, Mikat RP, McBride JM. Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: implications for body mass management. *Eur J Appl Physiol*. 2002;86:411-7.
27. Kimbege MT, Chan CB. The effects of high-fat diet on exercise-induced changes in metabolic parameters in Zucker fa/fa rats. *Metabolism*. 2002;51(6):708-15.
28. Morais CSN, Barcelos MFP, Sousa RV, Lima HM, Lima AL. Efeitos das fontes e níveis de lipídios nas dietas de ratos machos da linhagem wistar (*Rattus norvegicus*) sobre frações lipídicas do sangue. *Ciênc agrotec*. 2003;27(5):1082-8.
29. Pellizzon M, Buisson A, Ordiz Jr F, Santa Ana L, Catherine Jen KL. Effects of dietary fatty acid and exercise on body-weight regulation and metabolism in rats. *Obes Res*. 2002;10(9):947-55.
30. Yaspelkisi III BB, Singh MK, Trevino B, Krisan AD, Collins DE. Resistance training increases glucose uptake and transport in rat skeletal muscle. *Acta Physiol Scand*. 2002;175(4):315-23.
31. Hornberger TA, Farrar RP. Physiological hypertrophy of the FHL muscle following 8 weeks of progressive resistance exercise in the rat. *Can J Appl Physiol*. 2004;29(1):16-31.
32. Chen JR, Chiou SF, Suetsuna K, Yang HY, Yang SC. Lipid metabolism in hypercholesterolemic rats affected by feeding cholesterol-free diets containing different amounts of non-dialyzed soybean protein fraction. *Nutrition*. 2003;19:676-80.
33. Kimbege MT, Chan CB. The effects of high-fat diet on exercise-induced changes in metabolic parameters in Zucker fa/fa rats. *Metabolism*. 2002;51(6):708-15.
34. Steinberg GR, Smith AC, Wormald S, Malenfant P, Collier C, Dyck DJ. Endurance training partially reverses dietary-induced leptin resistance in rodent skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metabol*. 2004;286:57-63.
35. Hoyos M, Guerrero JM, Perez-Cano R, Olivan J, Fabiani F, Garcia-Peragueda A, et al. Serum cholesterol and lipid peroxidation are decreased by melatonin in diet-induced hypercholesterolemic rats. *J Pineal Res*. 2000;28(3):150-5.
36. Kin Isler A, Kosar SN, Kokusuz F. Effects of step aerobics and aerobic dancing on serum lipids and lipoproteins. *J Sports Med Phys Fitness*. 2001;41:380-5.
37. Águila MB, Loureiro CC, Pinheiro AR, Mandarim-de-Lacerda CA. Lipid Metabolism in Rats Fed Diets Containing Different Types of Lipids. *Arq Bras Cardiol*. 2002;78(1):32-8.
38. Bona KH, Arnesen E. Association between heart rate and atherogenic blood lipid fractions in a population. *Circulation*. 1992;86:394-405.
39. Danev S, Nikolova R, Kerekovska M, Svetoslavov S. Relationship between heart rate variability and hypercholesterolaemia. *Cent Eur Public Health*. 1997;5(3):143-6.
40. Hubinger L, Mackinnon LT, Barber L, McCosker J, Howard A, Lepre F. Acute effects of treadmill running on lipoprotein(a) levels in males and females. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29(4):436-42.
41. Kostka T, Lacour JR, Berthouze SE, Bonnefoy M. Relationship of physical activity and fitness to lipid and lipoprotein(a) in elderly subjects. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31(8):1183-9.
42. Drowatzky KL, Durstine JL, Irwin ML, Moore CG, Davis PG, Hand GA, et al. The association between physical, cardiorespiratory fitness, and lipoprotein(a) concentrations in a tri-ethnic sample of women: the cross-cultural activity participation study. *Vasc Med*. 2001;6(1):15-21.
43. Durstine JL, Davis PG, Ferguson MA, Alderson NL, Trost SG. Effects of short-duration and long-duration exercise on lipoprotein(a). *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(9):1511-6.
44. Byrne DJ, Jagroop IA, Montgomery HE, Thomas M, Mikhailidis DP, Milton NG, et al. Lipoprotein(a) does not participate in the early acute phase response to training or extreme physical activity and is unlikely to enhance any associated immediate cardiovascular risk. *J Clin Pathol*. 2002;55(4):280-5.
45. Gotto AM. High-density lipoprotein cholesterol and triglycerides as therapeutic targets for preventing and treating coronary artery disease. *Am Heart J*. 2002;144(6Suppl):S33-42.
46. Yu JN, Cunningham JA, Thouin SR, Gurvich T, Liu D. Hyperlipidemia. *Prim Care*. 2000;27(3):541-87.
47. Mackinnon LT, Hubinger L. Effects of exercise on lipoprotein(a). *Sports Med*. 1999;28(1):11-24.

Recebido: 19/03/2008 – Aceito: 25/04/2008