

**UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO MESTRADO EM
EDUCAÇÃO FÍSICA**

**EFEITOS DO EXERCÍCIO RESISTIDO E ASSOCIADO AO
AERÓBIO NO VENTRÍCULO ESQUERDO DE RATOS:
ESTUDO MORFOMÉTRICO E ESTEREOLÓGICO**

Autor: Leonardo Pimenta

SÃO PAULO

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

LEONARDO PIMENTA

**EFEITOS DO EXERCÍCIO RESISTIDO E ASSOCIADO AO
AERÓBIO NO VENTRÍCULO ESQUERDO DE RATOS:
ESTUDO MORFOMÉTRICO E ESTEREOLÓGICO**

Mestrado em Educação Física

Universidade São Judas Tadeu
São Paulo

2008

LEONARDO PIMENTA

**EFEITOS DO EXERCÍCIO RESISTIDO E ASSOCIADO AO
AERÓBIO NO VENTRÍCULO ESQUERDO DE RATOS:
ESTUDO MORFOMÉTRICO E ESTEREOLÓGICO**

Tese apresentada à banca examinadora
da Universidade São Judas Tadeu – SP,
como exigência parcial para obtenção do
título de mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Romeu Rodrigues de Souza
Co-orientadora: Prof^a. Dra. Claudia Forjaz

Universidade São Judas Tadeu
São Paulo
2008

Pimenta, Leonardo

Efeitos do exercício resistido e associado ao aérobio no ventrículo esquerdo de ratos: estudo morformétrico e estereológico. - São Paulo, 2008.

f. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2008.

Orientador: Prof. Dr. Romeu Rodrigues de Souza.

Co-orientadora: Prof^a Dra. Claudia Forjaz

1. Exercícios resistidos. 2. Morfometria. 3. Estereologia. I. Título

Dedico aos meus familiares, amigos professores e alunos que estiveram comigo nesta fase da minha vida, mostrando compreensão e sensibilidade durante estes dois anos de aprendizado em mais um capítulo de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família (principalmente minha mãe **Helua**) pela compreensão do cansaço e momentos difíceis neste estágio da minha vida, onde souberam ajudar e motivar para concluir da melhor forma possível o Mestrado, da qual foi sempre meu sonho após minha graduação.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Romeu Rodrigues de Souza, pela paciência e dedicação em todas as fases do meu projeto, sempre respeitando minhas opiniões, e dando liberdade necessária para poder crescer academicamente de forma construtiva e eficaz. Mais que um professor, hoje um grande amigo para orientar-me fora da área acadêmica.

Agradeço a minha Co-orientadora, Prof^a. Dra. Claudia Forjaz, que me iniciou na ciência, mostrando um caminho o qual desconhecia, criando um senso crítico apurado sobre como estudar e o que estudar, e como interpretar de forma concisa a literatura científica.

Agradeço a Laura Beatriz, Eliane Florêncio e Sandra Lia do Amaral que sempre participaram do meu projeto, contribuindo intensamente para torná-lo cada vez mais rico, além de mostrarem-se grandes cientistas e amigas.

Agradeço a minha namorada e amiga Andréia Perrella, pela ajuda desde a iniciação científica até o mestrado, pela paciência e habilidade de me agüentar falar somente da fisiologia do exercício. Você sempre será especial para mim.

Agradeço aos meus amigos, colegas professores, Alex Magalhães e Gustavo Lazaro, por entender e cobrir-me em vários momentos durante estes anos de estudo, sem questionar ou reclamar.

Agradeço a todos meus alunos que tiveram paciência de agüentar meu cansaço e falta durante as aulas, entendendo que era para um crescimento que possibilitará uma melhora em nosso grupo. Agradeço especialmente a Rui Alberto, José Carlos, José Luiz, Laércio Gonçalves, Sandra Caldeira, Gracy Sanches e Ricardo Sanches, que foram meus guias durante esses anos de empreitada, em busca do melhor para mim e para o grupo.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1- INTRODUÇÃO | 17 |
| 2- REVISÃO DA LITERATURA | 19 |
| 2.1 CORAÇÃO E ADAPTAÇÕES MORFOLÓGICAS | 19 |
| 2.2 EXERCÍCIO E MIÓCITOS CARDÍACOS | 20 |
| 2.3 INTERSTÍCIO CARDÍACO | 21 |
| 2.4 VASOS MIOCÁRDICOS | 22 |
| 3- OBJETIVOS | 25 |
| 3.1 OBJETIVOS GERAIS | 25 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 25 |
| 4- JUSTIFICATIVA | 25 |
| 5- MATERIAIS E MÉTODOS | 27 |
| 5.1 ANIMAIS | 27 |
| 5.2 DETERMINAÇÃO DO PESO CORPÓREO | 28 |
| 5.3 PROTOCOLO DE TREINAMENTO | 28 |
| 5.4 TREINAMENTO COM PESOS | 29 |
| 5.5 TREINAMENTO CONCOMITANTE | 31 |
| 5.6 PREPARAÇÃO DO MATERIAL | 31 |
| 5.7 MORFOMETRIA ULTRAESTRUTURAL DO MIOCÁRDIO | 31 |
| 5.8 ESTEREOLOGIA | 34 |
| 5.8.1 DENSIDADE DE VOLUME DOS MIÓCITOS ($V_{V[M]}$), DOS CAPILARES ($V_{V[C]}$) | |

| | |
|---|-----------|
| E DO TECIDO INTERSTICIAL(V_{VII}) DO MIOCÁRDIO | 35 |
| 5.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA | 36 |
| 6- RESULTADOS | 38 |
| 6.1 DENSIDADE DE MIÓCITOS (NÚMERO DE MIÓCITOS/ÁREA) | 38 |
| 6.2 ÁREA DOS MIÓCITOS | 39 |
| 6.3 DENSIDADE DE VASOS (NÚMERO DE VASOS/ÁREA) | 41 |
| 6.4 DENSIDADE DE VOLUME DOS MIÓCITOS | 42 |
| 6.5 DENSIDADE DE VOLUME DOS VASOS | 44 |
| 6.6 DENSIDADE DE VOLUME DO INTERSTÍCIO | 45 |
| 7- DISCUSSÃO | 48 |
| 7.1 ÁREA DOS MIÓCITOS | 48 |
| 7.2 DENSIDADE DE MIÓCITOS (NÚMERO DE MIÓCITOS/ÁREA) | 49 |
| 7.3 DENSIDADE DE VASOS (NÚMERO DE VASOS/ÁREA) | 51 |
| 7.4 DENSIDADE DE VOLUME DOS MIÓCITOS | 51 |
| 7.5 DENSIDADE DE VOLUME DOS VASOS | 52 |
| 7.6 DENSIDADE DE VOLUME DO INTERSTÍCIO | 53 |
| 8- CONCLUSÃO | 56 |
| 9-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 58 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1 - Causas de mortalidade no mundo (OMS, 2002) | 17 |
| Figura 2 - Equipamento utilizado para o exercício resistido | 28 |
| Figura 3 - Mosquete com trava utilizado para fixar a carga à cauda do animal | 29 |
| Figura 4 - Ilustra os animais sob treinamento em esteira ergométrica programável | 30 |
| Figura 5 - Ilustra uma fotomicrografia eletrônica os componentes do miocárdio: interstício, miócitos e vasos | 32 |
| Figura 6 - Ilustra uma electronmicrografia, medidas das áreas dos miócitos pelo sistema de análise de imagens | 33 |
| Figuras 7, 8 e 9 - Eletronmicrografias de cortes transversais de miócitos do miocárdio de animais dos grupos C, Grupo RA e Grupo R | 33 |
| Figura 10 - Sistema teste de 72 pontos | 34 |
| Figura 11 - Valores médios da densidade de miócitos/área \pm EPM nos 3 grupos | 39 |
| Figura 12 - Valores médios da área dos miócitos \pm EPM nos 3 grupos | 40 |
| Figura 13 - Valores médios do número dos vasos \pm EPM nos 3 grupos | 42 |
| Figura 14 - Valores médios (%) dos miócitos \pm EPM nos 3 grupos | 43 |
| Figura 15 - Valores médios (%) do número dos vasos \pm EPM nos 3 grupos | 45 |
| Figura 16 - Valores médios (%) do espaço intersticial \pm EPM nos 3 grupos | 46 |

LISTA DE ABREVIATURAS

C: Grupo de ratos controle

R: Grupo de ratos que realizaram exercício resistido

RA: Grupo de ratos que realizaram exercício resistido concomitantemente com aeróbio

VE: Ventrículo esquerdo

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----------|
| Tabela 1 – Valores médios da densidade de miócitos (Número de miócitos/área) para cada animal dos 3 grupos estudados | 38 |
| Tabela 2 – Valores médios da área dos miócitos para os animais de cada grupo | 40 |
| Tabela 3 – Valores médios da densidade de vasos (vasos/área) para cada animal nos 3 grupos | 41 |
| Tabela 4 – Valores médios (%) da densidade de volume dos miócitos para cada animal nos 3 grupos | 43 |
| Tabela 5 – Valores médios da (%) densidade de volume dos vasos de cada animal nos 3 grupos | 44 |
| Tabela 6 - Valores médios (%) da densidade de volume do espaço intersticial de cada animal nos 3 grupos | 46 |

RESUMO

EFEITOS DO EXERCÍCIO RESISTIDO E ASSOCIADO AO AERÓBIO NO VENTRÍCULO ESQUERDO DE RATOS: ESTUDO MORFOMÉTRICO E ESTEREOLÓGICO

Autor: Leonardo Pimenta

Orientador: Prof. Dr. Romeu Rodrigues de Souza

Co-orientadora: Prof^a. Dra. Claudia Forjaz

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO STRICTO SENSO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Laboratório do movimento Humano – Universidade São Judas Tadeu

Na vigência do exercício físico, o coração se ajusta às cargas tanto do ponto de vista metabólico como mecânico. O treinamento físico possibilita ajustes elétricos, morfológicos e mecânicos no músculo cardíaco. No presente trabalho, ratos Wistar machos jovens divididos em grupo controle (C), grupo resistido (R) e resistido associado ao exercício aeróbio (RA), foram utilizados para verificar os efeitos destes tipos de exercícios no miocárdio do ventrículo esquerdo. Os grupos R e RA foram submetidos a 5 semanas de exercício, sendo 5x por semana de treinamento resistido utilizando uma escada de madeira medindo 110 cm de altura, com degraus de ferro e inclinação de 80 graus, o grupo RA realizou ainda, após exercício resistido, corrida em esteira ergométrica programável, com 65% do VO₂ máximo, 5 semanas sendo 5x por semana. Para obtenção dos dados foram utilizadas técnicas morfométricas e estereológicas aplicadas em secções ultrafinas do miocárdio da parede ventricular anterior, com auxílio de um sistema de análise de imagens (Axio Visio, Zeiss). Foram medidas a área dos miócitos e densidade numérica dos miócitos e vasos, e a densidade de volume (%) dos miócitos, vasos e interstício miocárdicos. Os resultados mostram que nos animais do grupo RA, verificou-se aumento do número de miócitos (27%), da área dos miócitos (21%) por campo e aumento de sua densidade (5%) por campo, aumentou número de vasos por campo e sua densidade (28% e 36% por

campo respectivamente), com redução do espaço intersticial do miocárdio (51%). No grupo R, ocorreu aumento da área dos miócitos (29%), densidade (%) de miócitos por campo estudado (5%) com redução do espaço intersticial (31%), não ocorrendo alteração no número e densidade de vasos (% por campo). Conclui-se que ambos os tipos de exercícios produziram ajustes quantitativos aparentemente benéficos no miocárdio, sendo que, no exercício concomitante esses ajustes foram mais significantes.

Palavras chaves: Miocárdio, Exercício resistido, Rato Wistar, Morfometria, Estereologia.

ABSTRACT

Pimenta, L. Effect of chronic strength training and strength training associated to aerobic exercise in the left ventricle myocardium of Wistar rats: morphometrical and stereological study

In terms of exercise, the heart fits itself to the loads in metabolic and mechanical ways. The physical training enables electrical, mechanical and morphological adjustments in heart muscle. In this study, young male Wistar rats were divided into control group (C), resisted group (R) and resisted associated with aerobic exercise (RA). The rats were used to verify the effects of these types of exercises in the left ventricle myocardium. The groups R and RA were submitted to 5 weeks of exercise, and 5 times a week of resistance training using a wood staircase with steps of iron and inclination of 80 degrees measuring 110 cm tall, After the staircase exercise, the RA group run in a programmable treadmill, with 65% of VO₂ max, 5 weeks being 5x a week. Stereological and morphometrical techniques were used in ultra fine sections of the myocardium of the ventricular wall up, with help from a system of analysis of images (Axio Visio, Zeiss). The area and the numerical density of the myocytes and blood vessels the volume density of myocytes and of myocardium interstitio were measured. The results show that In animals from the RA group, increase in area of myocytes(21%) was seen, as in the number of myocytes by field(27%), the density (5%) and the number and density (28% e 36% per field, respectively) of vessels, with reduction of myocardial interstitial space(51%). In the animals of group R, the area of myocytes increased(29%) and the density (5%) of myocytes by field studied with reduction of the interstitial space (31%)and no change in the number and density of blood vessels (% per field). It is concluded that both types of exercises produced quantitative adjustments apparently beneficial to the myocardium, and that the group of concurrent exercise these adjustments were more significant.

Key words: Myocardium, Resisted exercise, Wistar rat, Morphometry, Stereology.

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2002), doenças relacionadas ao coração vêm sendo a maior causa de morte no mundo nos últimos anos (Figura 1). Corroborando com este dado, no Brasil, as doenças cardiovasculares foram a principal causa de morte na população adulta em 2000, de acordo com o Ministério da Saúde. É consenso na literatura que a realização regular de exercícios físicos de caráter aeróbio ajuda a prevenir e controlar fatores de risco cardiovascular, além de minimizar a morbimortalidade de indivíduos que já possuem cardiopatia. O exercício físico aeróbio tem sido utilizado na prevenção de doenças relacionadas ao coração, sendo que, realizada de forma regular e correta, atua na prevenção primária através do controle de fatores de risco, como hipertensão, diabete, hipercolesterolemia e obesidade (BLAIR, 1984; PAFFENBERGER, 1993; MITTLEMAN, 1993; FORJAZ e NEGRÃO, 1999)

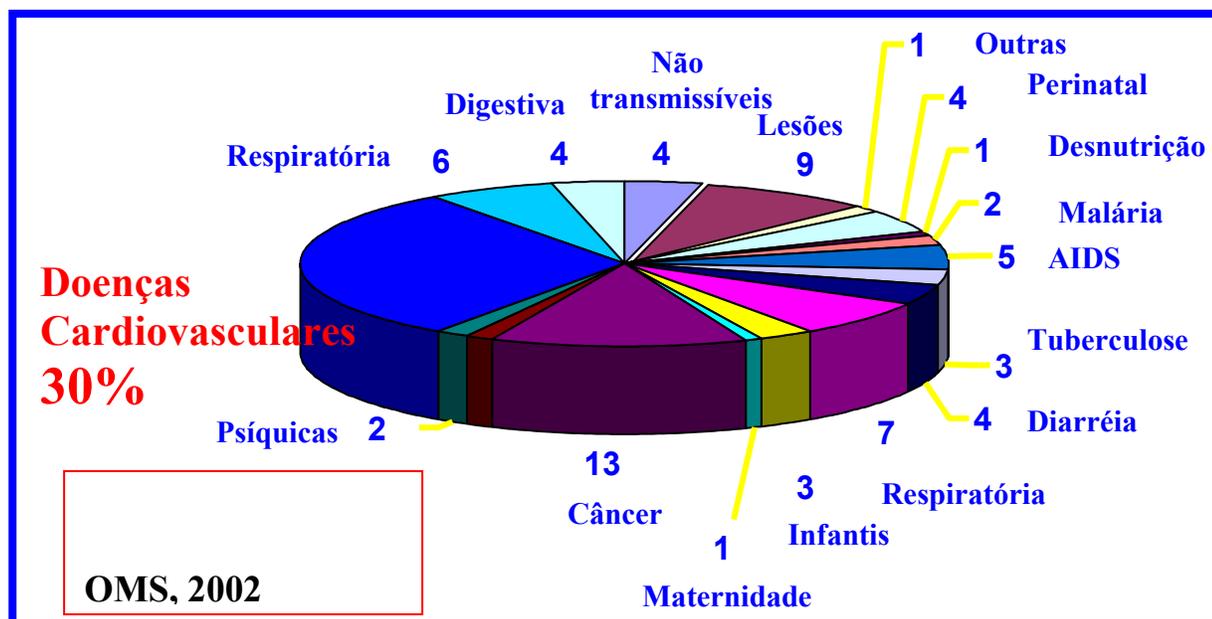


Figura 1 – Causas de mortalidade no mundo em % (OMS, 2002)

Segundo o National Institute of Health (NIH 1995) e o CIOLAC (2004), populações fisicamente ativas têm menor incidência de doenças relacionadas ao coração, como a hipertensão arterial, a obesidade, o diabetes mellitus e a dislipidemia; diminuindo a

ocorrência de aterosclerose e suas conseqüências: insuficiência cardíaca, doença vascular cerebral e doença vascular periférica.

Particularmente, os exercícios resistidos têm sua prática aumentada a cada dia, porém poucos estudos têm abordado o efeito do exercício resistido na prevenção e reabilitação de doenças relacionadas ao coração. Por outro lado, esta atividade física ganha cada vez mais adesão em academias e locais propícios à sua prática, sendo trabalhado isoladamente ou concomitantemente com exercícios de caráter aeróbio, criando assim incentivo necessário na busca de pesquisas sobre seus possíveis efeitos ao coração.

Segundo SANTARÉM (2000), exercícios resistidos são aqueles realizados contra alguma forma de resistência graduável à contração muscular, sendo que na maioria das vezes, esta resistência é representada por pesos.

Como colocado por FORJAZ et al (2005), os exercícios resistidos de alta e baixa intensidade possuem efeitos distintos, mas nenhum dos dois apresenta, cronicamente, grandes efeitos sobre a função cardiovascular, embora tenham efeitos extremamente benéficos para a função músculo esquelética.

Segundo BJARNASON-WEHRENS et al (2004), a prática de exercício resistido com carga moderada e componente isométrico discreto, tem sido empregada em programas de reabilitação cardíaca associada aos exercícios físicos de caráter aeróbio.

Entretanto, a literatura científica ainda é escassa sobre os efeitos do exercício resistido ou associado ao aeróbio na prevenção e reabilitação de doenças cardiovasculares, devido à dificuldade dos protocolos a serem empregados em animais experimentais e humanos, sendo necessários mais estudos e tempo, assim como os estudos realizados com exercícios de caráter aeróbio.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CORAÇÃO E AJUSTES MORFOLÓGICOS

O coração é o primeiro órgão a ser formado no período embrionário e todos os eventos seguintes na vida dependem da habilidade deste órgão de moldar seu rendimento à demanda do organismo por oxigênio e nutrientes. Devido à capacidade muito baixa das células cardíacas de se dividirem (OLSON, 2004), o aumento transversal do tamanho dos miócitos, na hipertrofia cardíaca, é a resposta do coração à sobrecarga funcional.

Como proposto por Dorn, Robbins e Gugden (2003) o termo hipertrofia, em seu sentido puro, deveria ser utilizado para descrever a presença de cardiomiócitos aumentados em seu volume. O termo hipertrofia caracteriza o crescimento celular, o qual, na ausência de divisão celular é usado para fazer uma distinção entre crescimento hiperplásico e hipertrófico.

Hudlicka e Brown (1996) afirmam que o miocárdio do homem adulto normal consiste de cerca de 80% de miócitos e 20%, de matriz extracelular, que contém, entre outros, tecido conjuntivo e vasos sanguíneos. Estas proporções diferem em fases diferentes do desenvolvimento, tendo um aumento relativo do volume dos miócitos nas idades mais precoces da vida. Em outros casos, tais como durante a hipertrofia patológica, a proporção de colágeno e células que não são miócitos também aumenta no interstício cardíaco.

A principal função das células musculares do miocárdio é promover o ciclo de contração e relaxamento do coração. As proteínas contráteis dos miócitos correspondem à metade de cada miócito ventricular e estão presentes nas miofibrilas sendo que, de um quarto a um terço do espaço intracelular é ocupado por mitocôndrias.

O tecido mais abundante no interstício ventricular é o colágeno. Sua função neste espaço é importante para permitir o deslizamento dos miócitos durante as contrações. Entretanto, o excesso de colágeno no interstício miocárdico pode causar disfunção diastólica ventricular.

Além dos miócitos e colágeno, os vasos desempenham um papel fundamental no coração, sendo responsáveis pela microcirculação e irrigação deste músculo. Os exercícios aeróbios podem produzir alterações quantitativas nos vasos do miocárdio, além de aumentar o calibre da artéria coronária, ampliando a luz do vaso e melhorando o fluxo sanguíneo sistemicamente para todo o corpo.

2.2 EXERCÍCIO E MIÓCITOS CARDÍACOS

Os exercícios aeróbios realizados com intensidade e duração adequadas induzem alterações quantitativas em miócitos cardíacos, em vasos e no tecido intersticial do miocárdio, tanto em humanos como em animais de experimentação. O exercício aeróbio induz a hipertrofia cardíaca excêntrica fisiológica ocorrendo crescimento longitudinal dos miócitos (GROSSMAN ET AL 1975; MOORE ET AL 1995). Estudos com miócitos isolados intactos indicam que o exercício contínuo de longa duração aumenta o comprimento das células do ventrículo esquerdo (VE) de ratos (MOORE et al., 1993 , MOKELKE et al., 1997, PALMER et al., 1998 , PALMER, MOORE, 1999), sem alteração no diâmetro celular, embora alguns estudos não tenham observado tais ajustes (LAUGHLIN, SCHAEFER, STUREK, 1992; DIFEE, SEVERSEN, TITUS, 2001; DIFEE, NAGLE, 2003).

Em contrapartida, foi observado, em outros estudos, que o exercício do tipo intermitente promove aumento da espessura dos miócitos ventriculares em ratos, sem alterações no comprimento (NATALI, 2001, 2002). Se o exercício aeróbio de baixa e média intensidade pode induzir a hipertrofia excêntrica (células longas), estudos

mostram que o exercício de alta intensidade causa hipertrofia concêntrica (células espessas) (NATALI, 2001, 2002).

O aumento na contratilidade intrínseca dos miócitos é um mecanismo potencial para explicar a melhora da função contrátil do miocárdio induzida pelo exercício, que pode estar associado ao processo de aumento (área) dos miócitos cardíacos (NATALI, 2004).

2.3 INTERSTÍCIO CARDÍACO

No interstício do miocárdio estão presentes, entre outros elementos, fibras colágenas em quantidades razoáveis, as quais têm papel importante na função ventricular como: regular a apoptose, resistir às deformações e manter o alinhamento das estruturas, além de regular a distensibilidade cardíaca e a transmissão de força durante o encurtamento da fibra cardíaca, sendo assim um importante modulador tanto da função cardíaca diastólica como da função sistólica (CAULFIELD e WOLKOWICS 1990). As fibras colágenas do miocárdio também sofrem influência dos exercícios, sendo que o exercício físico aeróbio atenua o aumento de colágeno que ocorre no miocárdio com o envelhecimento (TOMAS et al, 1992; MAIFRINO et al, 2006).

Icardo e Colvee (1998) estudaram a organização estrutural do colágeno no músculo papilar de corações humanos normais e modificações nessas estruturas em corações de hipertensos. Os espaços entre essas bainhas são preenchidos por uma complexa malha de fibras colágenas de diferentes tamanhos e graus de compactação. A análise de corações de hipertensos mostrou que há modificações na estrutura do miocárdio, sendo observadas grandes quantidades de tecido fibroso e onde o tecido do miocárdio estava preservado, notou-se um aumento na quantidade de colágeno. Qualquer modificação na arquitetura ou quantidade de colágeno no coração pode ocasionar falhas funcionais e comprometer outros sistemas.

Além disso, o componente colágeno, juntamente com outros elementos do interstício cardíaco, funciona como meio de união entre os miócitos e os sistemas circulatório e linfático, através dos quais macromoléculas de eletrólitos, oxigênio e catabólitos necessitam difundir-se. Diante destas importantes funções do colágeno, não é surpreendente que alterações do colágeno do miocárdio possam produzir alterações em propriedades mecânicas do coração entre as quais a complacência (Janicki, 1992).

2.4 VASOS MIOCÁRDICOS

Outros componentes do miocárdio sofrem também alterações na vigência da realização de exercícios físicos. O coração é composto de numerosos vasos sanguíneos, sendo que para nossa pesquisa focaremos em arteríolas, vênulas e capilares. Estudos sobre efeitos de exercícios aeróbios sobre a densidade ou número de capilares sanguíneos do miocárdio demonstraram que alterações quantitativas induzidas pelo exercício aeróbio nos miócitos cardíacos podem influenciar no aumento da capilarização coronariana do miocárdio (SCHEUER ET AL 1982; LAUGHLIN & MCALLISTER,1992; TOMANEK, 1994; BROWN & HUDLICKA, 1999). Além desta influência nos capilares, exercícios aeróbicos podem produzir aumento do calibre da artéria coronária, ampliando a luz do vaso e aumentando o fluxo sanguíneo para o corpo sistemicamente (KRAMSCH et al 1981; GIANATTESSIO et al. 2001).

O aumento numérico de vasos no miocárdio do VE ocorrido no exercício físico aeróbio é decorrente de um mecanismo de equilíbrio tal como acontece no músculo esquelético, (Amaral et al, 2000).

Em pesquisa realizada em ratos que utilizavam a natação como atividade física aeróbia, Rakusan e Wicker (1990) verificaram que o número de capilares e arteríolas do

ventrículo esquerdo teve aumento significativo em relação ao grupo controle sedentário, possibilitando uma maior perfusão sanguínea no miocárdio.

Como constatado pela revisão apresentada, são escassos os trabalhos realizados com protocolos de exercícios resistidos e resistidos associados a aeróbios nos constituintes do coração acima citados. O conhecimento dos possíveis ajustes sofridos pelo miocárdio na vigência de exercícios resistidos e associados com exercícios aeróbios torna-se importante como base para aplicação destes exercícios na prevenção e reabilitação de doenças cardíacas. A aplicação de técnicas morfoquantitativas como a estereologia poderia auxiliar a aumentar este conhecimento.

OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral do presente estudo foi verificar os possíveis efeitos do exercício resistido e associado ao aeróbio no ventrículo esquerdo de ratos Wistar, sob o ponto de vista morfoquantitativo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho foram analisar e comparar no ventrículo esquerdo de ratos Wistar submetidos a exercício resistido e associado ao aeróbio, nos seguintes parâmetros:

- Densidade numérica de miócitos;
- Área dos miócitos;
- Densidade numérica de vasos;
- Densidade de volume do miócitos, de vasos e do interstício.

4. JUSTIFICATIVA

É fundamental o conhecimento dos possíveis efeitos da realização de exercício resistido e associado ao aeróbio sobre os diferentes componentes do ventrículo esquerdo sendo que, estes conhecimentos podem auxiliar na decisão da inclusão destes tipos de exercícios em programas de prevenção e reabilitação cardíaca para promover saúde, independência e qualidade de vida.

MATERIAIS E MÉTODOS

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 ANIMAIS

Foram utilizados 15 ratos Wistar machos adultos (2 meses), fornecidos pelo Biotério do Departamento de Fisiologia e Biofísica, ICB/USP. Os animais foram mantidos em 3 gaiolas coletivas (5 em cada) em ambiente com temperatura de 23°C e ciclo claro-escuro controlado de 12 horas. Os ratos tiveram livre acesso à dieta padrão e receberam água *ad libitum*. Os animais foram distribuídos nos seguintes grupos:

Grupo Controle ----- (C) - Não realizou Exercício Físico

Grupo Resistido ----- (R) - Realizou Exercícios Resistidos

Grupo Resistido + Aeróbio -- (RA) - Realizou Exercícios Resistidos associado à exercícios Aeróbios

5.2 DETERMINAÇÃO DO PESO CORPÓREO

A medida do peso corpóreo de cada animal foi realizada na balança Ohaus semanalmente, após o início do protocolo de treinamento, nos grupos treinados e sedentário. Após a eutanásia dos animais por decapitação, o toráx foi aberto, o coração foi cuidadosamente removido, pesado e preparado para ser submetido às técnicas descritas, tendo sido lavado em soro fisiológico.

5.3 PROTOCOLO DE TREINAMENTO

Foi realizada uma pré-seleção dos animais ao protocolo de treinamento. Para isso, os ratos foram submetidos a uma adaptação com os equipamentos utilizados nos dois modelos de exercícios (R e RA) durante três dias.

5.4 TREINAMENTO COM PESOS

O equipamento utilizado para a execução do exercício resistido foi construído conforme descrito por Hornberger e Farrar (2004). Tal equipamento consiste numa escada de madeira medindo 110 cm de altura, com degraus de ferro e inclinação de 80 graus (Figura 2). Os animais dos grupos R e RA escalaram o equipamento com a finalidade de alcançar uma área de descanso no topo. Este procedimento foi repetido 6 vezes para cada animal durante três dias.



Figura 2 - Equipamento utilizado para o exercício resistido. O equipamento foi confeccionado em madeira com degraus de ferro. A altura do equipamento é de 110 cm com inclinação de 80° (Hornberger e Farrar, 2004).

O exercício físico dos animais do grupo R e RA foi realizado durante o período da manhã, 5 vezes por semana durante 5 semanas de experimento. Os animais realizaram o exercício com pesos atrelados a cauda, segundo uma adaptação do protocolo do exercício resistido proposto por (Hornberger e Farrar, 2004). Cada rato realizou 6 escaladas consecutivas com carga equivalente a 50% do peso corporal medido todo dia antes do treinamento do animal, o que representa o mesmo índice de carga relativa de treinamento para cada animal. Para isso, utilizamos pesos de chumbo presos à cauda do animal por uma fita adesiva (Figura 3).



Figura 3 - Mosquete com trava utilizado para fixar a carga à cauda do animal por meio de uma fita isolante. Observa-se os diferentes pesos utilizados para aplicar a carga de 50% do peso do animal.

5.4 TREINAMENTO CONCOMITANTE

Para a execução do treinamento aeróbio, o grupo RA utilizou esteira ergométrica programável (Figura 4). A seleção dos animais foi realizada a uma velocidade de 0,5 km/h, por 10 minutos durante 3 dias de adaptação. Em seguida foi realizada uma distribuição aleatória dos animais nos grupos treinados e controle. Após o treinamento resistido os ratos do grupo RA, realizavam o treinamento aeróbio na esteira ergométrica à 65% do VO_2 máximo, segundo uma adaptação do

protocolo de exercícios aeróbios proposto por Gava, Veras-Silva *et al* (1995), onde os animais de nosso experimento treinavam 5 dias/semana, durante 5 semanas. O tempo total de treinamento por dia foi gradativamente aumentado durante o protocolo, tendo se iniciado com 30 minutos na 1ª semana, passando para 40 minutos na 2ª semana, e finalmente, chegando a 60 minutos nas três semanas seguintes. A velocidade foi aumentada gradativamente, chegando ao máximo de 0,9 Km/h nas últimas sessões do protocolo.



Figura 4 - Ilustra os animais sob treinamento em esteira ergométrica programável. A esteira é composta por 10 raias com tampa de acrílico independente em cada uma delas, sendo a parte superior das tampas em cor escura. É possível treinar 10 ratos em cada sessão de exercício.

Ao final do período de treinamento, todos os animais foram eutanasiados por decapitação. O coração foi imediatamente retirado da cavidade torácica e lavado com solução fisiológica.

5.6 PREPARAÇÃO DO MATERIAL

Foram coletados de cada coração, dois fragmentos com cerca de 5 mm de comprimento e 2 mm de espessura do centro da parede anterior do ventrículo esquerdo, os quais foram imediatamente colocados na solução fixadora, constituída por glutaraldeído a 5% e formaldeído a 1% em tampão cacodilato de sódio a 0,125 M e pH 7,4 (solução de Karnovsky modificada). Depois, foram lavados em solução tampão de cacodilato de sódio a 0,125M e pH 7,4 e imersos em uma solução aquosa de tetróxido de ósmio a 2%. As amostras permaneceram nesta solução durante 60 minutos, no escuro e sob agitação constante. Em seguida, foram lavados na mesma solução de tampão cacodilato anteriormente referida, seguido de água destilada, para serem contrastados em blocos com a solução aquosa saturada de acetato de uranila durante 60 minutos sob agitação constante e em recipiente escuro. Os fragmentos foram lavados com água destilada e desidratados em série crescente de etanóis (50% em 10 minutos, 70% em 10 minutos, 90% em 10 minutos e 100% em 20 minutos, sendo depois desidratados em óxido de propileno por 10 minutos. As amostras foram embebidas com uma solução de óxido de propileno e resina Araldite, em constante agitação e em diferentes proporções. Após estas etapas, os espécimes foram transferidos para resina araldite pura e levados à estufa (60°C), permanecendo durante um período mínimo de dois dias. Os blocos de resina formados foram trimados e posteriormente utilizados para fazer cortes semifinos para escolha de campos nos quais os miócitos apareciam em corte transversal. Os blocos foram novamente trimados, e nas áreas de interesse foram feitos cortes ultrafinos (70-90 nm de espessura) por navalha de diamante. Estas secções foram colocadas em telas de cobre e coradas com acetato de uranila 3% e citrato de chumbo.

5.7 MORFOMETRIA ULTRAESTRUTURAL DO MIOCÁRDIO

As secções obtidas como explicado acima, foram analisadas ao microscópio eletrônico de transmissão, quando então foram feitas, para cada animal, 20

fotomicrografias eletrônicas, obtidas aleatoriamente com aumento de 600X, somente em áreas nas quais os miócitos apareciam seccionados transversalmente. As imagens foram capturadas em CD e utilizadas para estudos morfométricos e estereológicos através do programa de análise de imagens Axio Vision (Zeiss).

Nestas fotomicrografias foram determinadas a densidade numérica de miócitos e de vasos sanguíneos, através da contagem do número de miócitos e vasos presentes no campo, respeitando as chamadas linhas proibidas: os miócitos e vasos que tocavam as linhas à esquerda e inferiormente na tela, em forma de “L” eram desconsiderados enquanto que os que tocavam as linhas à direita e superiormente, eram considerados para efeito de contagem (figura 5)

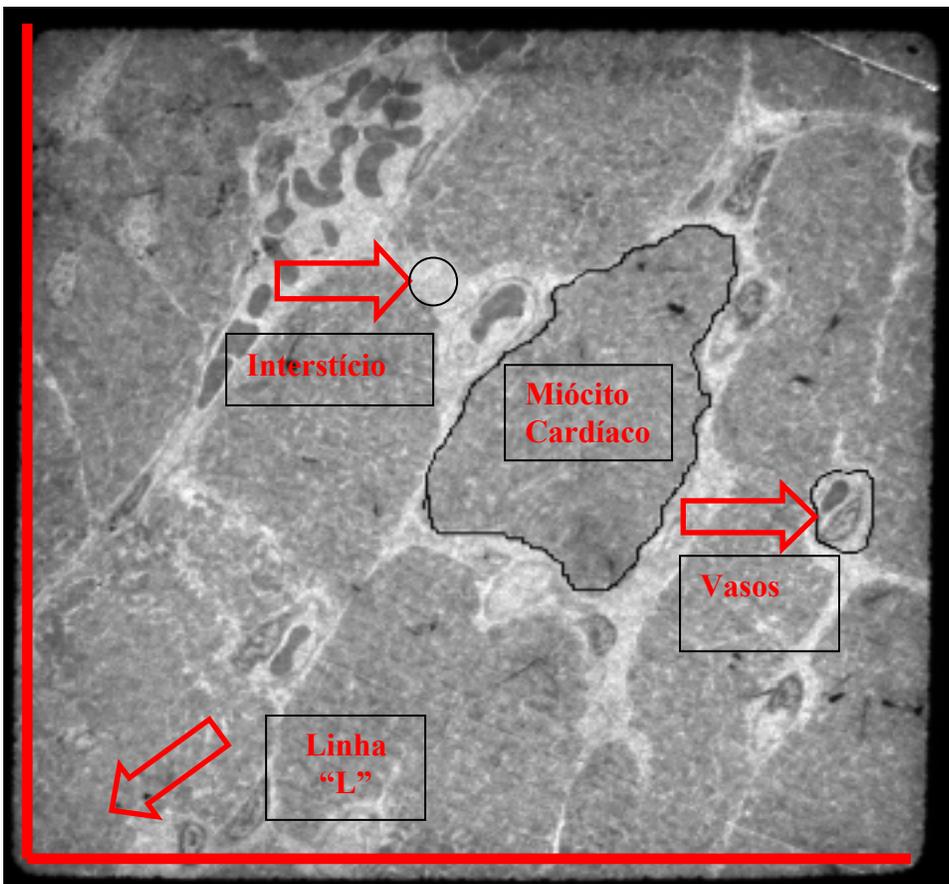


Figura 5 – Ilustra uma fotomicrografia eletrônica, onde visualizamos os componentes do miocárdio: interstício, miócitos e vasos. Os miócitos e vasos que tocavam as linhas à esquerda e inferiormente na tela, em forma de “L” eram desconsiderados para efeito de contagem.

Foi também medida a área de cada miócito presente em cada campo através do sistema de análise de imagem (figura 6). As médias e erros-padrões das médias foram calculados e os gráficos correspondentes foram construídos. Os dados foram comparados estatisticamente para os três grupos de animais.

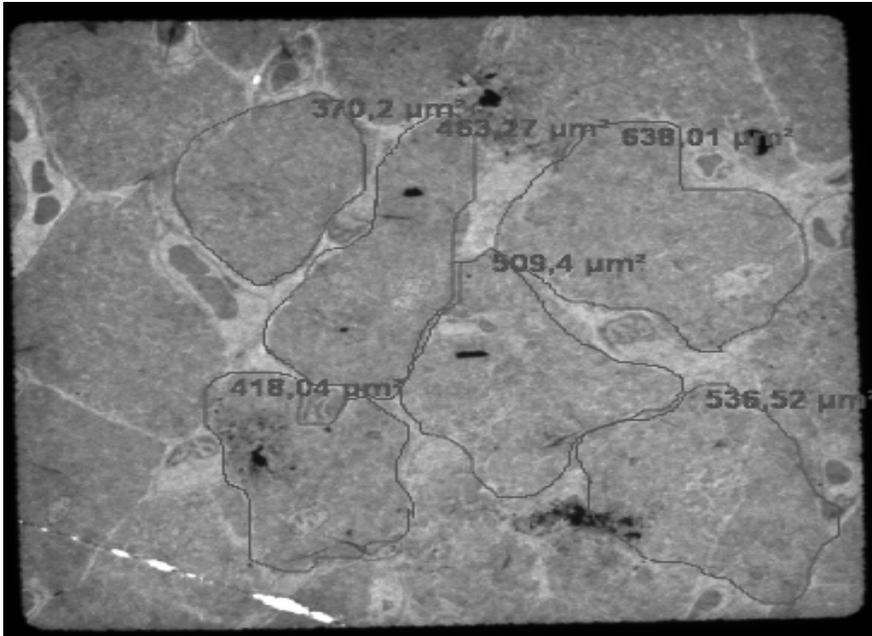


Figura 6 – Ilustra uma eletromicrografia, onde visualizamos como foram feitas as medidas das áreas dos miócitos pelo sistema de análise de imagens.

As figuras 7, 8 e 9 mostram o aspecto ultraestrutural dos miócitos, vasos e interstício nos 3 grupos de animais estudados.

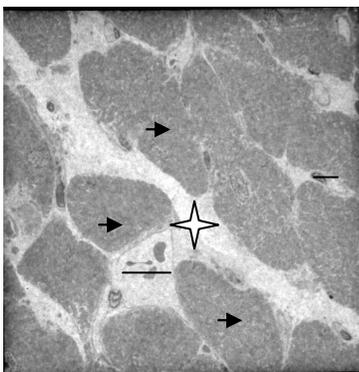


Fig. 7 - Grupo C

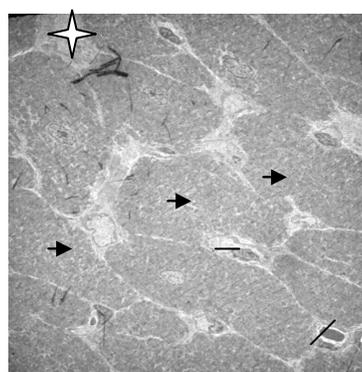


Fig. 8- Grupo RA

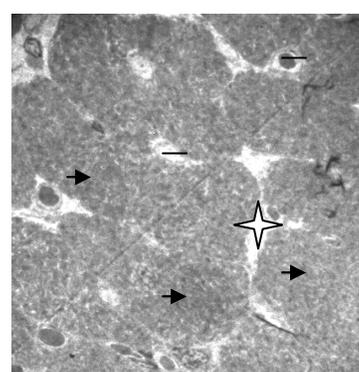


Fig. 9- Grupo R

Figuras 7, 8 e 9 – Eletromicrografias de cortes transversais de miócitos do miocárdio de animais dos grupos C, Grupo RA e Grupo R. Observam-se miócitos (setas), com seu aspecto típico, espaços intersticiais (Estrelas) e vasos (Traços).

5.8 ESTEREOLOGIA

Utilizando as eletromicrografias e um sistema teste dotado de 72 pontos (figura 10), foram calculadas as densidades (%) de volume dos miócitos, dos vasos e do tecido intersticial, tal como explicado no item a seguir. As médias e os erros-padrões foram calculados e, a partir destes dados, foram construídos os gráficos correspondentes.

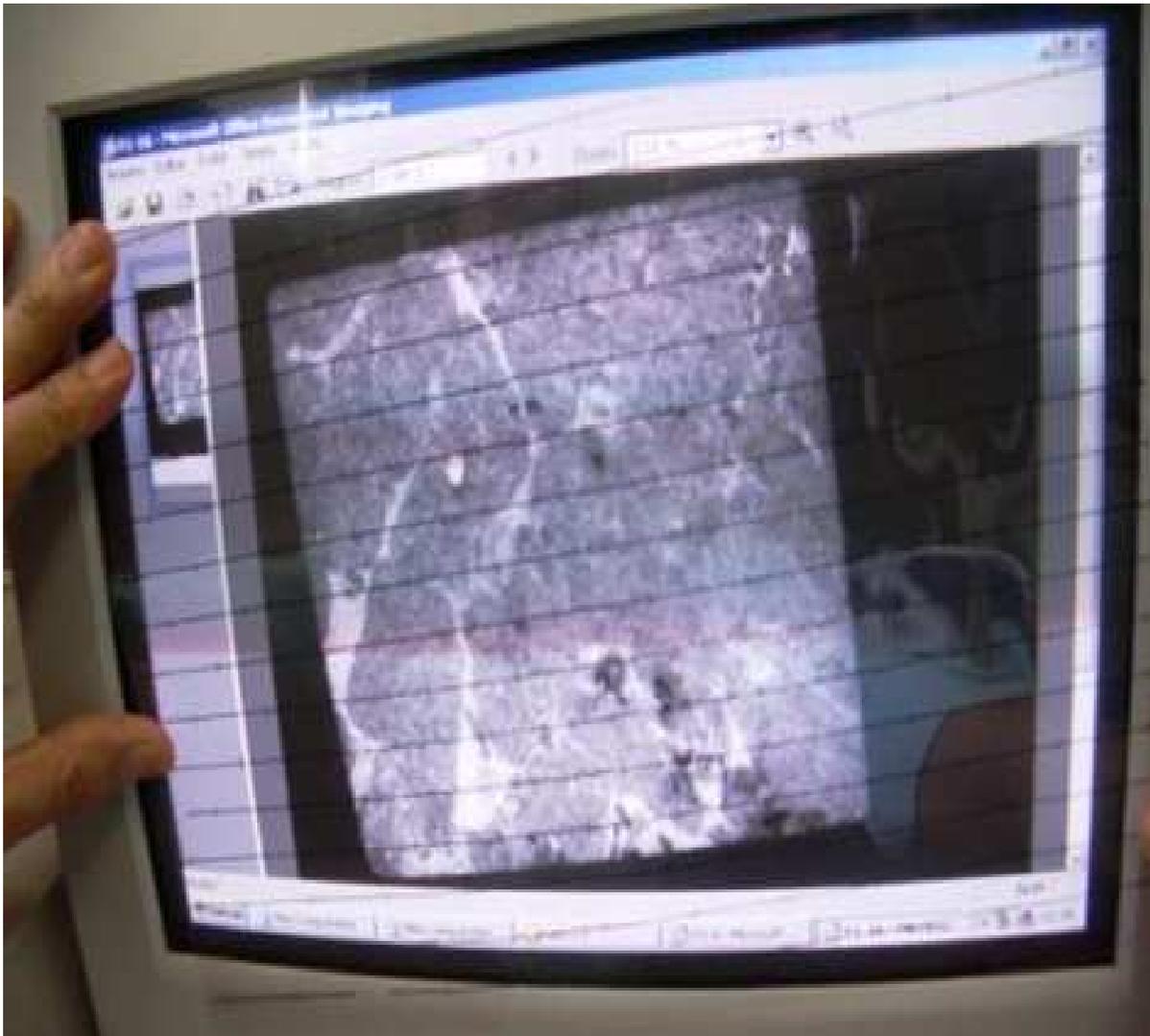


Figura 10 – Sistema teste de 72 pontos acoplado ao monitor do computador, para calcular estereologicamente, as densidades de volume dos miócitos, vasos e espaço intersticial.

5.8.1 Densidade de volume dos miócitos ($V_{V[M]}$), dos vasos ($V_{V[V]}$) e do tecido intersticial($V_{V[I]}$) do miocárdio

A densidade de volume expressa a fração do volume ocupado pela estrutura de interesse pelo volume total (volume referência). Para a estimação da densidade de volume de cada componente do miocárdio, um sistema teste (uma transparência) composto por pontos delimitados por linhas de inclusão e exclusão, sistemática e uniformemente alocados, foi sobreposto sobre as secções de referência usadas para a estimação das densidades de volume. O número total de pontos é conhecido (72); a seguir, o número de pontos que caíam sobre cada componente (por exemplo, as fibras musculares) era registrado. Então, a seguinte equação foi utilizada (BRÜEL, et al, 2002; WULFSOHN et al, 2004; BRÜEL, et al, 2005):

a) Para os miócitos:

$$V_{V[M]} (\text{miócitos}) = \sum P_{[M]} (\text{miócitos}) / \sum P_{[Mi]} (\text{miocárdio})$$

Onde:

$P_{[M]}$ (miócitos) = número de pontos que tocam os miócitos do miocárdio;

$P_{[Mi]}$ (miocárdio) = número total de pontos que tocam o miocárdio

b) Para os vasos:

$$V_{V[V]} (\text{vasos}) = \sum P_{[V]} (\text{vasos}) / \sum P_{[Mi]} (\text{miocárdio})$$

Onde:

$P_{[V]}$ (vasos) = número de pontos que tocam os vasos do miocárdio;

$P_{[Mi]}$ (miocárdio) = número total de pontos que tocam o miocárdio

c) Para o tecido intersticial:

$$V_{V[TI]} (\text{tecido intersticial}) = \sum P_{[TI]} (\text{tecido intersticial}) / \sum P_{[MI]} (\text{miocárdio})$$

Onde:

$P_{[TI]}$ (tecido intersticial) = número de pontos que tocam o tecido intersticial

$P_{[MI]}$ (miocárdio) = número total de pontos que tocam miocárdio

O valor da densidade do volume pode ser dada de 0 a 1, podendo também ser expressa em porcentagem (RIBEIRO, 2006), considerando como 100% o número total de pontos (72) e calculando a porcentagem de um determinado componente a partir do número de pontos sobre esse componente.

5.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram apresentados como média \pm EPM (erro padrão da média). O teste de análise de variância de um caminho (ANOVA) e teste de Tukey foram devidamente aplicados para análise dos dados. Valores de $P < 0,05$ foram considerados significativos.

RESULTADOS

6 – RESULTADOS

6.1 - DENSIDADE DE MIÓCITOS (NÚMERO DE MIÓCITOS/ÁREA)

A tabela 1 e a figura 11 mostram os resultados obtidos para as densidades médias de miócitos (número de miócitos por área), dos animais de cada grupo. Observamos que os animais do grupo RA apresentaram valores significativos maiores do que os grupos C ($P < 0,001$) e R ($P < 0,01$), sendo que a comparação entre as médias dos grupos C e R não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$).

Tabela 1 – Valores médios da densidade de miócitos (Número de miócitos/área) para cada animal dos 3 grupos estudados.

| ANIMAIS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Média±EPM |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| C | 11 | 11,75 | 11,40 | 11,16 | 14,67 | 12,24 ± 0,54 |
| R | 13,78 | 11,8 | 17,7 | 15,71 | 14,11 | 13,92 ± 0,42 |
| RA | 15,50 | 17 | 17,40 | 11,71 | 15,39 | *+ 16,83 ± 0,83 |

*Diferença significativa ($p < 0,001$) em relação ao grupo C ; +Diferença significativa ($p < 0,01$) em relação ao grupo R

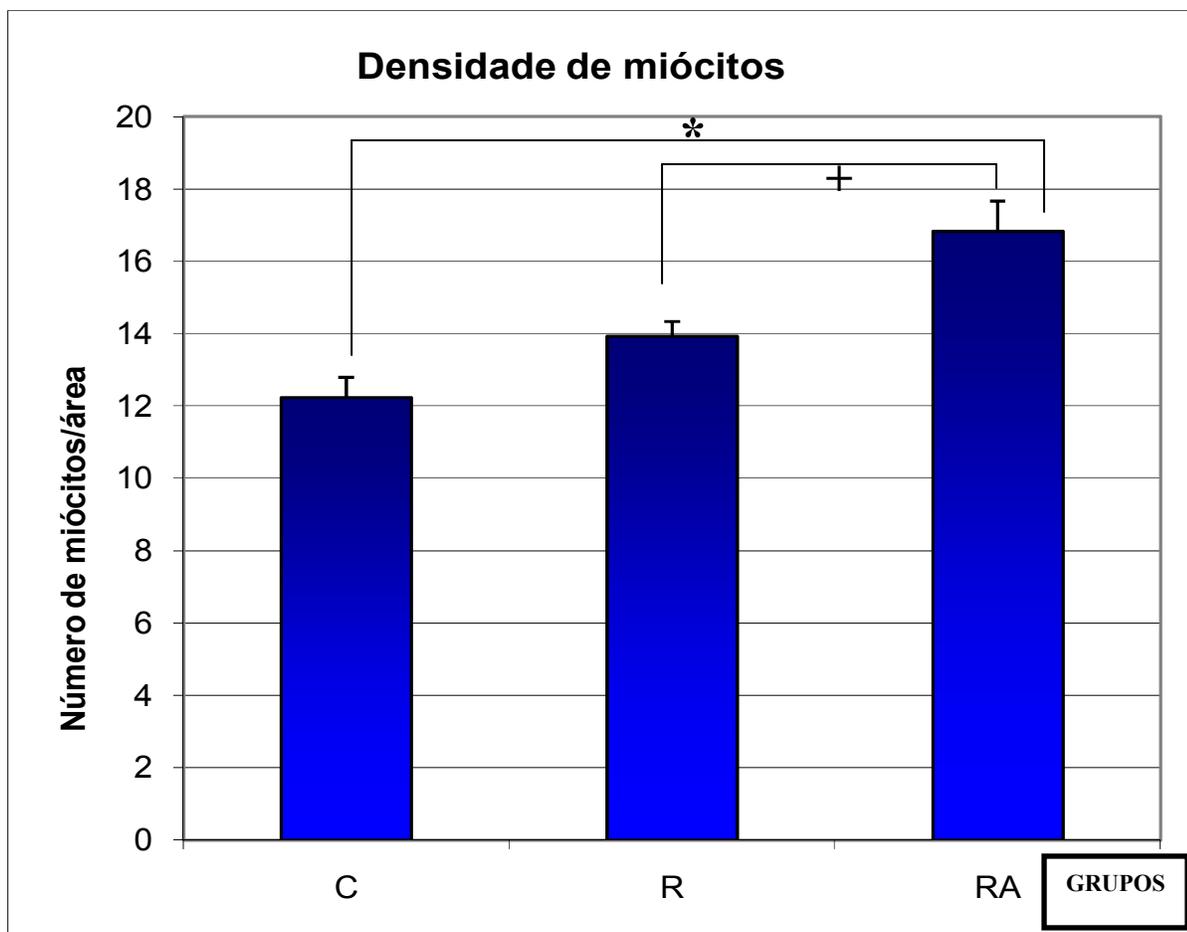


Figura 11 – Valores médios da densidade de miócitos \pm EPM nos 3 grupos: Grupos C, R e RA.

*Diferença significativa ($p < 0,001$) em relação ao grupo C ; +Diferença significativa ($p < 0,01$) em relação ao grupo R

6.2 - ÁREAS DOS MIÓCITOS

A tabela 2 e a figura 12 mostram os resultados obtidos para área dos miócitos, dos animais de cada grupo. Observamos que os animais dos grupos R e RA apresentaram valores significativos maiores do que o grupo C ($P < 0,001$), sendo que a comparação entre as médias dos grupos RA e R apresentou diferença estatística, onde o grupo R mostrou médias significativas maiores do que o grupo RA ($P < 0,05$).

Tabela 2 – Valores médios da área dos miócitos para os animais de cada grupo.

| ANIMAIS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Média±EPM |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|
| C | 201,70 | 205,52 | 210,11 | 218,90 | 186,39 | 213,00 ± 7,74 |
| R | 355,98 | 449 | 200,71 | 245,01 | 249,14 | * # 301,54 ± 7,83 |
| RA | 263,10 | 262 | 229,22 | 332,63 | 267,25 | * 271,53 ± 8,08 |

* Diferença significativa ($p < 0,001$) em relação ao grupo C; # Diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo RA

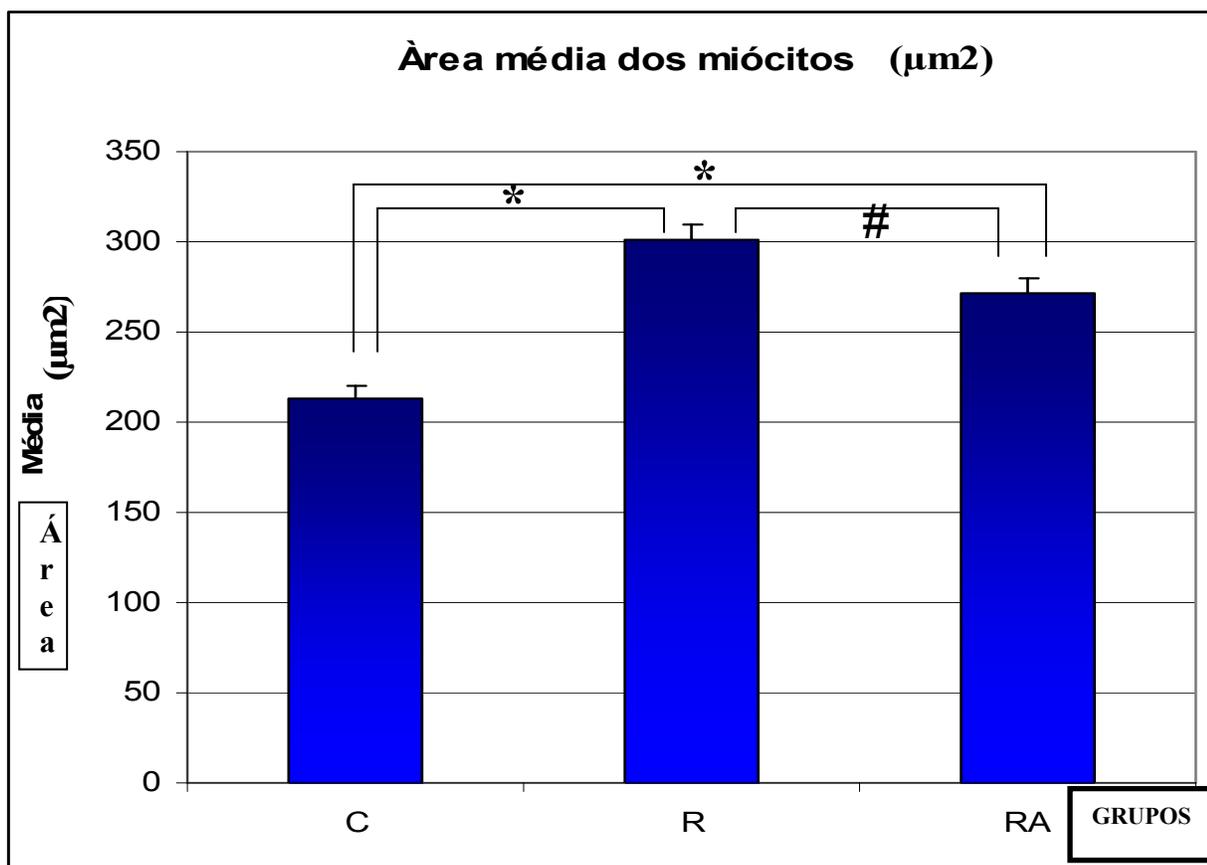


Figura 12 – Valores médios da área dos miócitos ± EPM nos 3 grupos: Grupos C, R e RA.

* Diferença significativa ($p < 0,001$) em relação ao grupo C; # Diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo RA

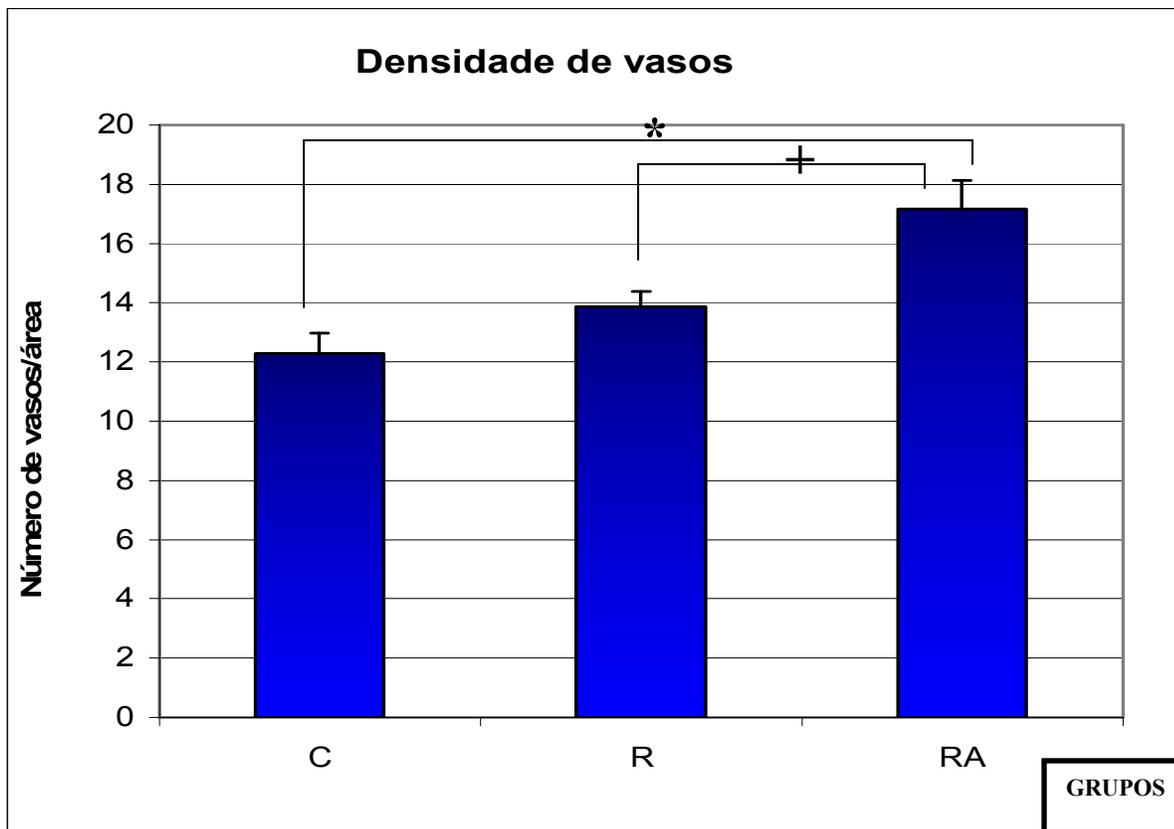
6.3 – DENSIDADES DE VASOS (NÚMERO DE VASOS/ÁREA)

A tabela 3 e a figura 13 mostram os resultados obtidos para densidade de vasos (número de vasos por área) dos animais de cada grupo. Observamos que os animais do grupo RA apresentaram valores significativos maiores do que o grupo C ($P < 0,001$) e R ($P < 0,01$), sendo que a comparação entre as médias dos grupos C e R não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$).

Tabela 3 – Valores médios da densidade de vasos (vasos/área) para cada animal nos 3 grupos.

| ANIMAIS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Média±EPM |
|---------|-------|-------|------|-------|-------|-------------------------|
| C | 16,4 | 11,5 | 12 | 10 | 12,73 | 12,28 ± 0,68 |
| R | 11,55 | 11,6 | 16,6 | 16,41 | 13,44 | 13,86 ± 0,52 |
| RA | 17,35 | 20,55 | 17,8 | 11,33 | 16,35 | * + 17,17 ± 0,97 |

* Diferença significativa ($p < 0,001$) em relação ao grupo C ; + Diferença significativa ($p < 0,01$) em relação ao grupo R



Fig

ura 13 – Valores médios do número dos vasos \pm EPM nos 3 grupos: Grupos C, R e RA.

* Diferença significativa ($p < 0,001$) em relação ao grupo C ; + Diferença significativa ($p < 0,01$) em relação ao grupo R

6.4 – DENSIDADE DE VOLUME DOS MIÓCITOS

A tabela 4 e as figura 14 mostram os resultados obtidos para a densidade de volume dos miócitos, em porcentagem, para os animais de cada grupo. Observamos que os animais dos grupos RA e R apresentaram valores significativos maiores do que o grupo C ($P < 0,01$) e ($P < 0,05$) respectivamente, sendo que a comparação entre as médias dos grupos RA e R não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$).

Tabela 4 – Valores médios (%) da densidade de volume dos miócitos para cada animal nos 3 grupos.

| ANIMAIS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Média±EPM |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|
| C | 76,77 | 82,36 | 83,64 | 75 | 78,17 | 79,49 ± 1,04 |
| R | 82,64 | 84,90 | 87,19 | 80,40 | 83,33 | # 83,64 ± 0,91 |
| RA | 85,42 | 89,24 | 81,75 | 80,75 | 83,57 | + 84,02 ± 0,81 |

+ Diferença significativa ($p < 0,01$) em relação ao grupo C; # Diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo C.

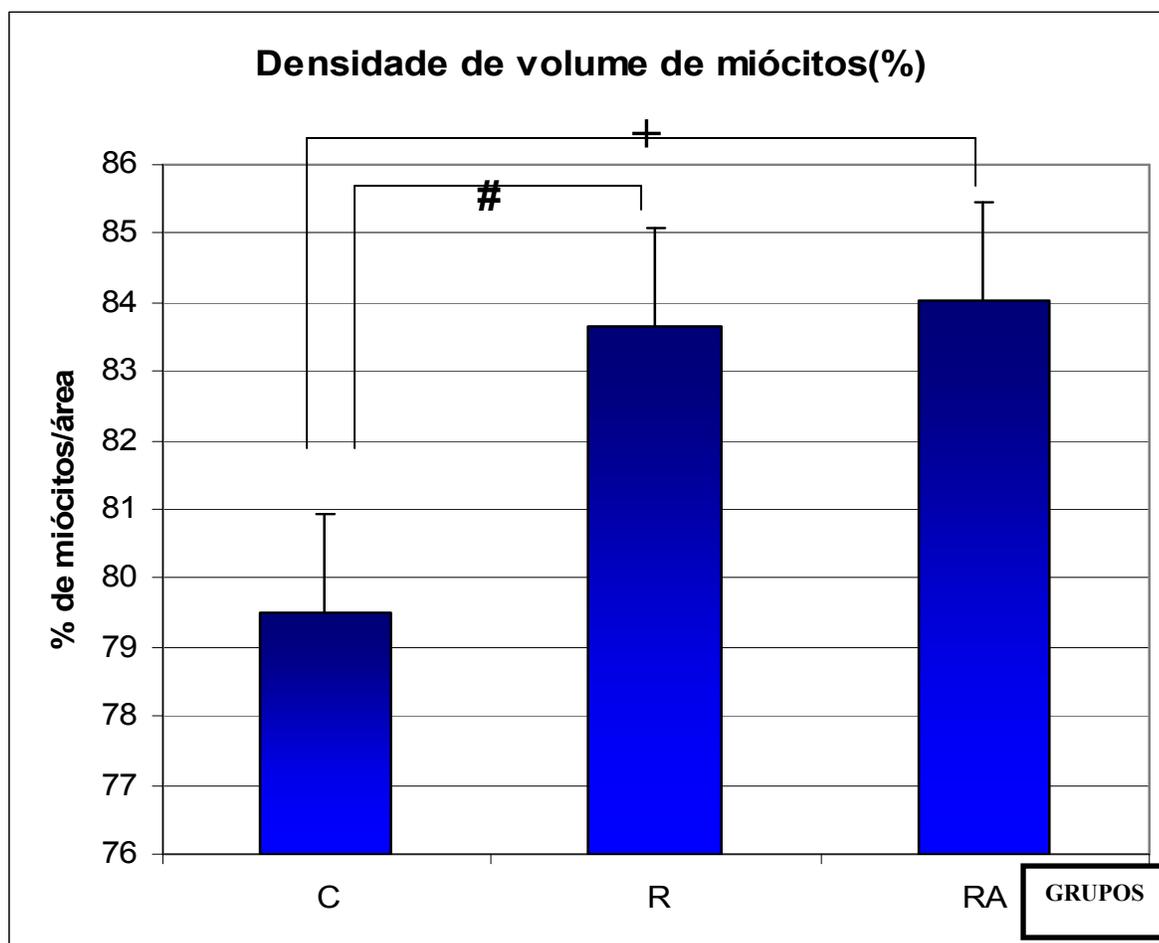


Figura 14 – Valores médios (%) dos miócitos ± EPM nos 3 grupos: Grupos C, R e RA.

+ Diferença significativa ($p < 0,01$) em relação ao grupo C; # Diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo C.

6.5 - DENSIDADE DE VOLUME DOS VASOS

A tabela 5 e as figura 15 mostram os resultados obtidos para densidade de volume dos vasos em porcentagem, dos animais de cada grupo. Observamos que os animais do grupo RA apresentaram valores significativos maiores do que o grupo C ($P < 0,001$) e R ($P < 0,01$), sendo que a comparação entre as médias dos grupos C e R não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$).

Tabela 5 – Valores médios da (%) densidade de volume dos vasos de cada animal nos 3 grupos.

| ANIMAIS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Média±EPM |
|---------|------|------|-------|------|------|------------------------|
| C | 7,32 | 3,61 | 3,09 | 6,91 | 5,13 | 5,21 ± 0,48 |
| R | 6,25 | 6,94 | 4,63 | 4,48 | 5,43 | 5,65 ± 0,47 |
| RA | 6,67 | 4,86 | 10,32 | 9,90 | 8,31 | * + 8,18 ± 0,61 |

*Diferença significativa ($p < 0,001$) em relação ao grupo C; + Diferença significativa ($p < 0,01$) em relação ao grupo R

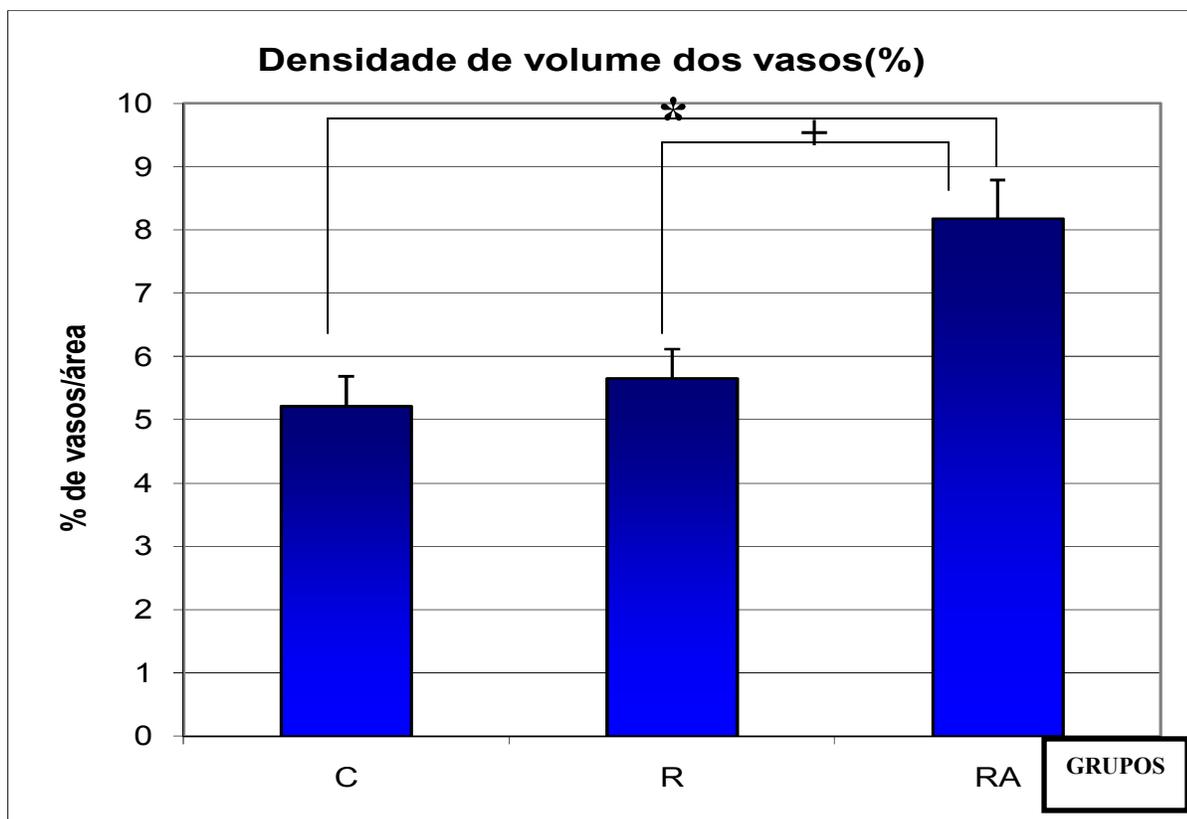


Figura 15 – Valores médios (%) dos vasos \pm EPM nos 3 grupos: Grupos C, R e RA.

*Diferença significativa ($p < 0,001$) em relação ao grupo C; + Diferença significativa ($p < 0,01$) em relação ao grupo R

6.6 – DENSIDADE DE VOLUME DO INTERSTÍCIO

A tabela 6 e a figura 16 e mostram os resultados obtidos para densidade de volume de interstício em porcentagem, para os animais de cada grupo. Observamos que os animais do grupo RA e R apresentaram valores significativos menores do que o grupo C ($P < 0,001$), sendo que a comparação entre as médias dos grupos RA e R também apresentou diferença significativa ($P < 0,01$), onde os valores do grupo R foram maiores que os do grupo RA.

Tabela 6 - Valores médios (%) da densidade de volume do espaço intersticial de cada animal nos 3 grupos.

| ANIMAIS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Média±EPM |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| C | 15,91 | 14,03 | 13,27 | 17,34 | 15,32 | 15,08 ± 0,72 |
| R | 9,72 | 8,16 | 8,18 | 15,12 | 10,24 | * 10,33 ± 0,76 |
| RA | 6,94 | 6,95 | 6,71 | 9,13 | 6,89 | * + 7,35 ± 0,48 |

* Diferença significativa ($p < 0,001$) em relação ao grupo C ; + Diferença significativa ($p < 0,01$) em relação ao grupo R

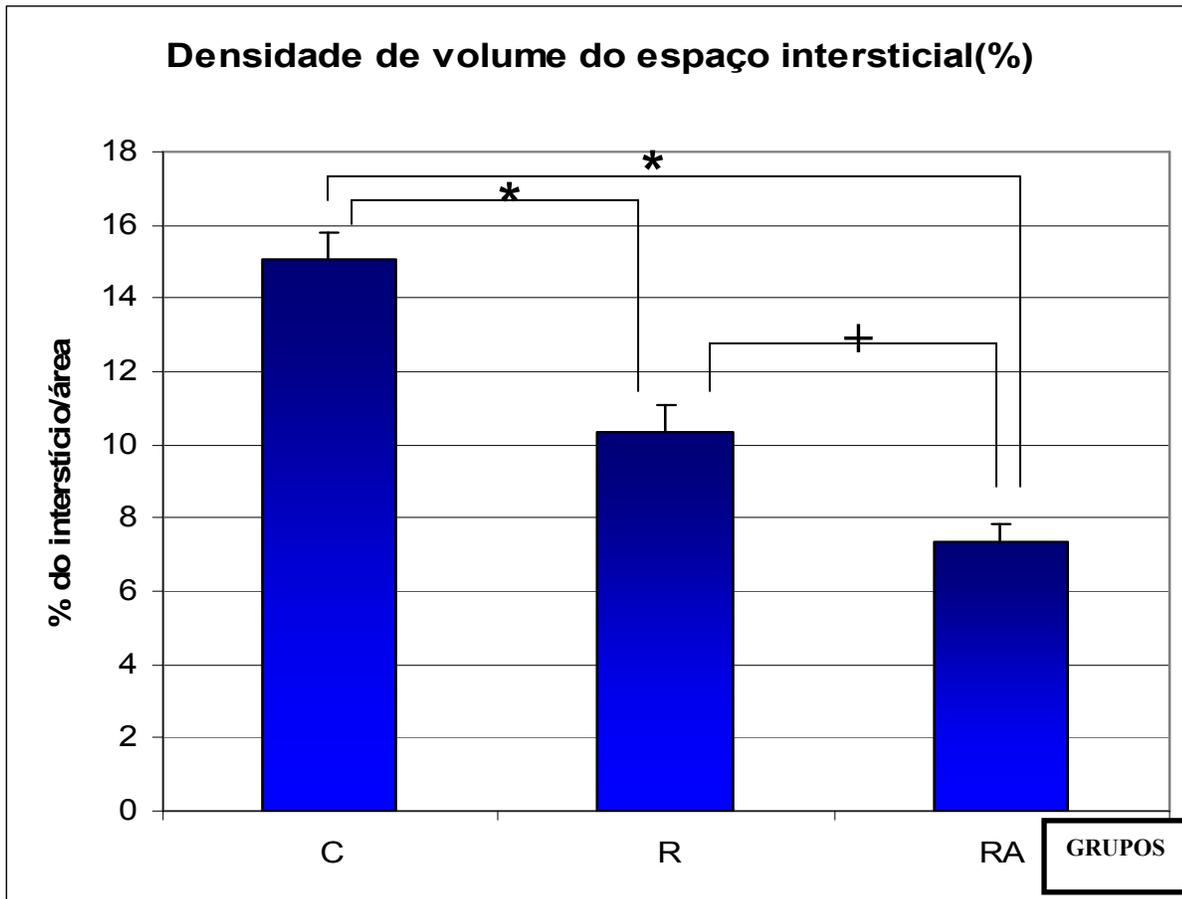


Figura 16 – Valores médios (%) do espaço intersticial ± EPM nos 3 grupos: Grupos C, R e RA.

* Diferença significativa ($p < 0,001$) em relação ao grupo C ; + Diferença significativa ($p < 0,01$) em relação ao grupo R

DISCUSSÃO

6 – DISCUSSÃO

Numerosos estudos têm sido realizados sobre a atividade física como pré-requisito para beneficiar a saúde dos indivíduos na sociedade moderna (CIOLAC, 2004). A atividade física de caráter aeróbio tornou-se uma ótima aliada no processo preventivo de doenças relacionadas ao coração, as quais perfazem 30% da mortalidade mundial (V DIRETRIZES BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO ARTERIAL, 2006).

Com a grande expansão das academias, a prática de exercícios resistidos isoladamente e concomitante com atividades aeróbias tornou-se “epidêmica” no bom sentido, devendo estas práticas ser estudadas profundamente, como possível meio preventivo e reabilitador, especialmente em relação às doenças coronarianas, tal como tem sido feito com estudos descritos na literatura para a exercício físico de caráter aeróbio. No presente trabalho, utilizando o rato Wistar como modelo experimental, procuramos analisar os efeitos da realização de exercícios resistidos e associados com exercícios aeróbios em vários parâmetros do miocárdio.

Em relação à aplicação do protocolo escolhido para os exercícios resistidos, utilizamos o proposto por Hornberber & Farrar (2004), por assemelhar-se ao aplicado em seres humanos de acordo com as respostas músculo-esqueléticas em relação à hipertrofia muscular. O protocolo não utilizou nenhum tipo de recompensa ou ajuda dos pesquisadores para os animais na realização do exercício preconizado (subida ao topo da escada com cargas), não necessitando de estimulação elétrica, tornando-se natural a subida dos animais até o ponto mais alto.

6.1 – Área dos miócitos

O presente estudo mostrou que houve aumento da área dos miócitos nos grupos R (29%) e RA (21,55%) em relação ao grupo C. Não foram encontradas pesquisas que

mostrassem especificamente o efeito de exercícios sobre a área dos miócitos em protocolos parecidos com os exercícios aqui estudados. Porém, dados obtidos com exercícios intermitentes mostraram aumento da área dos miócitos (NATALI, 2001, 2002), mostrando o crescimento transversal da área dos miócitos.

Li et al (1986), em trabalho mais antigo, já tinham observado hipertrofia cardíaca na vigência de exercícios com natação, comprovando efeitos destes exercícios nos constituintes do miocárdio. Em nosso estudo, o grupo RA mostrou atenuação do aumento da área celular comparativamente com o grupo R, provavelmente devido à aplicação do exercício aeróbio concomitante, corroborando resultados de estudos que não observaram hipertrofia dos miócitos com este tipo de exercício físico (LAUGHLIN, SCHAEFER, STUREK, 1992; DIFEE, SEVERSEN, TITUS, 2001; DIFEE, NAGLE, 2003).

O aumento da área dos miócitos obtido com exercícios resistidos é decorrente de uma sobrecarga pressórica (pós-carga aumentada) sobre o coração, resultando em aumento da pressão sistólica final, recebido pelo coração como estímulo para que haja replicação em paralelo dos sarcômeros e aumento da espessura parietal ventricular esquerda, ocasionando o que chamamos de hipertrofia concêntrica.

O aumento da área dos miócitos cardíacos pode contribuir para o aumento da contratilidade intrínseca destas células, sendo um mecanismo potencial para a explicação da melhora da função contrátil do miocárdio induzida pelo exercício (NATALI, 2004). É possível que possa haver mudanças nestes resultados com a utilização de outros protocolos de exercícios resistidos especialmente em relação ao volume do exercício.

6.2 Densidade de miócitos (Número de miócitos/área)

No presente estudo verificou-se que os animais do grupo RA apresentaram um número maior de miócitos por campo em relação aos grupos R e C (17% e 27%)

respectivamente. Provavelmente isto tenha ocorrido devido a uma remodelação do espaço intersticial, com diminuição deste espaço (o que realmente ocorreu, como visto nos resultados) e conseqüente aproximação dos miócitos cardíacos, ficando mais agrupados, o que aumenta seu número por área.

A sobrecarga funcional imposta ao coração, pelo exercício, é um dos principais estímulos para que ocorra alterações nas células cardíacas. Portanto, o coração submetido à sobrecarga volumétrica altera sua arquitetura, via hipertrofia, promovendo uma remodelação ventricular com a finalidade de normalizar a tensão parietal, segundo a Lei de Laplace.

O treinamento aeróbio aumenta o retorno venoso e impõe conseqüentemente sobrecarga volumétrica (pré-carga aumentada) sobre o coração, resultando em aumento da pressão diastólica final, recebida pelo coração como estímulo para que haja replicação em série dos sarcômeros e aumento da cavidade ventricular esquerda, como já visto em outros estudos que demonstraram que esta atividade de longa duração aumentava o comprimento celular no ventrículo esquerdo (MOORE et al., 1993 , MOKELKE et al., 1997, PALMER et al., 1998 , PALMER, MOORE, 1999), ocasionando um possível remodelamento na densidade de miócitos por área.

Outra hipótese possível para este resultado, é que pode ter ocorrido aumento real do número de miócitos (hiperplasia), pois há estudos mostrando aumento real do número de miócitos cardíacos sob certas condições sem atividade física (HIGUCHI ML et al; 2006, PAGANO PJ et al; 1995; ANVERSA et al 1990). Não existem estudos mostrando divisão celular de cardiomiócitos (hiperplasia) relacionados à exercício físico, necessitando-se mais estudos para elucidar este tema.

Verificamos também em nosso trabalho, que o grupo R também teve tendência a aumento da densidade de miócitos/área. O mesmo raciocínio anterior vale para este caso. Para elucidar esta questão, é necessária a realização de novos estudos,

utilizando tipos semelhantes de protocolos de exercício, além de outros métodos de quantificação dos miócitos.

6.3 Densidade de vasos (número de vasos/área)

A quantificação que realizamos se refere a vasos, englobando arteríolas, capilares e vênulas. Verificamos no grupo RA um aumento da densidade de vasos (19% em relação ao grupo R e 29% em relação ao grupo C) , assim como foi encontrado em outros estudos semelhantes, pela aplicação de exercícios aeróbios (Mattfeld et al, 1986, Amaral et al, 2000). O aumento da densidade de vasos na região do coração é bem conhecido na literatura, e a explicação que se dá é que ela ocorre pelo mecanismo de neoformação.

A neoformação ocorre tanto em animais sadios como em animais com comprometimento do miocárdio, havendo remodelação com aumento do número de vasos para melhor aporte sanguíneo para o miocárdio (Laughlin & McAllister,1992; Tomanek, 1994; Brown & Hudlicka, 1999). Este processo é fundamental para a melhora da microcirculação coronariana, pois, como é conhecido, em doenças coronarianas, há comprometimento da função cardíaca por déficit de perfusão Anversa et al, 1986; Binotto et al, 2003).

O grupo R teve tendência (não significativa) a apresentar aumento da densidade dos vasos, devendo ser estudada a aplicação de um protocolo com tempo mais longo de exercícios resistidos, o que poderia levar a modificações mais evidentes em relação ao volume de treinamento.

6.4 Densidade de volume dos miócitos

Verificamos que a densidade de volume dos miócitos apresentou aumento nos dois grupos treinados em relação ao grupo controle. Os resultados deste estudo

confirmam os achados da análise morfométrica, que mostraram que o grupo RA apresentou um maior número de miócitos por área, sendo que os grupos R e RA apresentaram uma maior área dos miócitos, ambas possibilitando o achado de uma maior proporção de área ocupada pelos miócitos (maior densidade de volume) nos grupos exercitados.

O benefício advindo da realização de ambas as atividades concomitantemente, possibilitou assim uma melhora de 5,40 % de aumento na ocupação dos cardiomiócitos no grupo RA devido a diminuição do espaço intersticial e aumento transversal (área) dos cardiomiócitos, e de 4,96 % atingidos no grupo R devido ao aumento transversal (área) dos cardiomiócitos e diminuição do espaço intersticial. Estes dados são importantes, pois a manutenção do volume dos miócitos é fundamental para a manutenção da função cardíaca (MOORE et al, 1995).

6.5 Densidade de volume de vasos

Através da análise estereológica, verificamos também um aumento da fração de volume ocupada pelos vasos miocárdicos no grupo RA em relação aos demais grupos. Houve aumento de ocupação dos vasos no interstício de 36% em relação aos grupos R e C. Como explicado no estudo morfométrico, este achado deve-se ao aumento do número de vasos no miocárdio, provavelmente devido à neoformação promovida pela exercício físico aeróbio. Há longo tempo, já se havia demonstrado que exercícios aeróbios moderados aumentam a relação capilar/miócito, favorecendo a perfusão cardíaca (Bloor e Leon, 1970).

Em relação ao grupo R, houve tendência, porém não significativa, do aumento no número de vasos, devendo este achado ser pesquisado em outros tipos de protocolos resistidos aplicados isoladamente. Reiteramos neste ponto, o que foi afirmado anteriormente, que a neoformação dos vasos no miocárdio deve-se à realização da

atividade física aeróbia, como descrita em outros estudos (Laughlin & McAllister, 1992; Tomanek, 1994; Brown & Hudlicka, 1999)

Não encontramos estudos demonstrando aumento da luz de vasos no miocárdio (arteríolas e vênulas), em função de exercícios, que poderia assim levar a uma maior área de ocupação por estes vasos, resultando diretamente em aumento de sua % por área.

6.6 Densidade de volume do interstício

Verificamos uma diminuição no espaço intersticial nos grupos R e RA. No grupo RA este achado pode ser explicado pela maior proporção ocupada pelos vasos, juntamente com aumento do número de miócitos por campo e aumento da área dos miócitos. Em relação aos vasos poderíamos destacar que vênulas e arteríolas ocupam, no interstício, uma maior fração de volume (tamanho/área) do que os capilares, podendo influenciar nos resultados apresentados.

No grupo RA foi verificada diminuição no espaço intersticial de 51% em relação ao grupo C, sendo que estudos mostraram que as fibras colágenas (maior constituinte do espaço intersticial) do miocárdio também sofrem influência da realização de exercícios. Demonstrou-se que o exercício físico aeróbico reduz o aumento de colágeno que ocorre no miocárdio com o envelhecimento (Tomas et al, 1992; Maifrino et al, 2006), diminuindo o risco de acometimentos decorrentes do envelhecimento do coração, alguns dos quais são decorrentes do aumento do colágeno no miocárdio.

Para o grupo R, a diminuição do espaço intersticial pode ter ocorrido devido ao aumento da área total dos miócitos assim como demonstrado nos estudos morfométricos citados, perfazendo o total de 31% em relação ao grupo C, mostrando-se que isoladamente esta atividade física pode manter e melhorar a função cardíaca. Os

dados mostram que o exercício físico aeróbio potencializou uma diminuição do espaço intersticial cardíaco o que, aparentemente, pode ser benéfico ao coração, visto que o aumento do interstício no miocárdio se deve em parte a aumento de colágeno, como já explicado anteriormente.

CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

Em estudo realizado com o objetivo de verificar o efeito de exercícios resistidos e associados a exercícios aeróbios no miocárdio de ratos Wistar concluímos que:

1 – No grupo de animais que realizou exercícios resistidos houve aumento da área dos miócitos, da densidade (%) de miócitos por campo, com redução do espaço intersticial.

2 – Não houve, neste grupo, alteração no número e densidade de vasos (% por campo) com o exercício.

3 - No grupo que realizou exercício concomitante (resistido + aeróbio) ocorreu aumento da área dos miócitos, do número de miócitos por campo juntamente com aumento de sua densidade (% por campo) e do número e densidade de capilares por campo, com redução do espaço intersticial do miocárdio.

4 – Assim, ambos os tipos de exercícios produziram ajustes quantitativos aparentemente benéficos no miocárdio. Porém, o exercício concomitante promoveu ajustes mais significantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. In: **ACSM's Guidelines For Exercise Testing And Prescription**. 6 ed. Philadelphia, Lippicott-Willians & Wilkins, 2000.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. In: AMERICAN HEART ASSOCIATION. Recommendations for cardiovascular screening, staffing, and emergency policies at health/fitness facilities. **Med Sei Sports Exerc**, p.1009-18,1998.

AMARAL SL et al. Exercise training normalizes wall-to-lumen ratio of the gracilis muscle arterioles and reduces pressure in spontaneously hypertensive rats. **J Hypertens**. 2000 Nov;18(11):1563-72.

ANVERSA P, PALACKAL T, SONNENBLICK EH, OLIVETTI G, MEGGS L, CAPASSO JM. Myocyte cell loss and myocyte cellular hyperplasia in hypertrophic aging rat heart. **Circ Res** 67:871-885, 1990.

ANVERSA P, HILER B, RICCI R, GUIDERI G, OLIVETTI G. Myocyte cell loss and myocyte hypertrophy in the aging rat heart. **J Am Coll Cardiol** 8: 1441-1448, 1986.

ANVERSA P, OLIVETTI G, MELISSARI M, LOUD AV . Stereological measurement of cellular and subcellular hypertrophy and hyperplasia in the papillary muscle of adult rat. **J Mol Cell Cardiol** 12:781-795, 1980.

BARILE L. et al. Endogenous cardiac stem cells. **Progr Cardiovasc Dis**. 2007;50:31-48.

BINOTTO MA et al. Left ventricular remodeling in hearts with tricuspid atresia: morphologic observations and possible basis for ventricular dysfunction after surgery. **J Thorac Cardiovasc Surg**. 2003 Oct;126(4):1026-32

BLAIR, S.N; GOODYEAR, N.N.; GIBBONS, L.W.; COOPER K,H.. Physical fitness and incidence of hypertension in healthy normotensive men. **JAMA**, v. 2252, p. 487-90, 1984.

BJARNASON-WEHRENS B, MAYER-BERGER W, MEISTER ER, BAUM K, HAMBRECHT R, GIELEN S; German Federation for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Recommendations for resistance exercise in cardiac rehabilitation*. **Eur J Cardiovasc Prev Rehabil**. 2004 Aug;11(4):352-61.

BLOOR CM, Leon AS Interaction of age and exercise on the heart and its blood supply. **Lab Invest** 22:160-165, 1970.

BROWN MD & HUDLICKA O (1999). Exercise, training and coronary angiogenesis. **Adv Organ Biol** 7, 155–196.

BRÜEL A, OXLUND H, NYENGAARD JR. Growth hormone increases the total number of myocyte nuclei in the left ventricle of adult rats. **Growth Horm & IGF Res**, 2002.

CAULFIELD JB, WOLKOWICZ PE. Myocardial connective tissue alterations. **Toxicol Pathol**. 1990;18(4 Pt 1):488-96.

CIOLAC EMMANUEL G; GUIMARÃES GUILHERME V. Exercício físico e síndrome metabólica. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, vol.10 2004.

MION JR DÉCIO et al. **V Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial, 2004**.

DIFEE, G.M., SEVERSEN, E.A. e TITUS, M.M. Exercise training increases the Ca²⁺ sensitivity of tension in rat cardiac myocytes. **J. Appl. Physiol**.91:309-315, 2001.

DIFEE, G.M. e NAGLE, D.F. Exercise training alters length-dependence of contractile properties in rat myocardium. **J. Appl. Physiol**. 94: 1137-1144, 2003a.

DORN, G. W., 2ND, ROBBINS, J.; SUGDEN, P. H. Phenotyping **hypertrophy: eschew obfuscation**. **Circulation Research**, Baltimore, v. 92, n. 11, p. 1171-5, 2003.

FORJAZ et al; NEGRÃO, C.E. ; BARRETO, A.C.P..**Cardiologia do exercício. 1 ed SP:Editora Manole, 2005, 270p.**

FORJAZ CLM: NEGRAO CE. Sedentarismo. In: MION DJ: NOBRE F. **Risco Cardiovascular Global**, São Paulo, Lemos, 1999. p. 139-162.

GAVA, VERAS-SILVA et al. Low-intensity exercise training attenuates cardiac beta-adrenergic tone during exercise in spontaneously hypertensive rats. **Hypertension**. 1995 Dec;26(6 Pt 2):1129-33.

GIANATTASIO et al. Radial artery flow-mediated dilatation in heart failure patients: effects of pharmacological and nonpharmacological treatment. **Hypertension**. 2001 Dec 1;38(6):1451-5

GROSSMAN, W., JONES, D. & MCLAURIN, L.P.Wall stress and patterns of hypertrophy in the human left ventricle. ***J. Clin. Invest.*** 56: 56 – 64, 1975.

HORNBERGER,TA Jr, FARRAR RP .Physiological hypertrophy of the FHL muscle following 8 weeks of progressive resistance exercise in the rat..Can ***J Appl Physio*** 2004 Feb;29(1):16-31

HUDLICKA , O; BROWN, MD. Postnatal growth of the heart and its blood vessels. ***J Vasc Res.*** 1996 Jul-Aug;33(4):266-87. Review. PMID: 8695752

ICARDO, J. M. ; COLVEE, E. Collagenous Skeleton of the Human Mitral Papillary Muscle. **The Anatomical Record**, v. 252, n. 4, p. 509-518, 1998.

JANICKI JS Myocardial collagen remodeling and left ventricular diastolic function. *Braz J Med Biol Res* 25:975-982, 1992.

KRAMSCH DM, ASPEN AJ, ABRAMOWITZ BM, KREIMENDAHL T, HOOD WB JR.Reduction of coronary atherosclerosis by moderate conditioning exercise in monkeys on an atherogenic diet. *N Engl J Med*. 1981 Dec 17;305(25):1483-9

LAUGHLIN MH & MCALLISTER RM (1992). Exercise training-induced coronary vascular adaptation. *J Appl Physiol* 73, 2209–2225.

LAUGHLIN, M.H., SCHAEFER, M.E e STUREK, M.Effect of exercise training on intracellular free Ca transients in ventricular myocytes of rats. *J. Appl.Physiol*. 73: 1441 – 1448, 1992.

LI XX, LINCOLN T, MENDELOWITZ D, GROSSMAN W, WEI JY. Age-related differences in effect of exercise training on cardiac muscle function in rats. *Am J Physiol* 251 (Heart Circ Physiol) 20: H12-H18,1986.

MAFRINO ET AL. NADPH - Diaphorase positive cardiac neurons in the atria of mice. A morphoquantitative study. *BMC Neurosci*.2006 Feb 2;7:10

MITTLEMAN MA: MACLURE M; TOFLER GH; SHERWOOD JB; GOLDBERG RJ; MULLER JE. Triggering of acute myocardial infarction by heavy physical exertion. Protection against triggering by regular exertion. *N Engl J Med*. 1993 Dec 2;329(23):1677-83.

MOORE, R.L. e KORZICK, D. H. Cellular adaptations of the myocardium to chronic exercise. *Prog.Cardiovasc. Dis*. 37: 371 – 396, 1995.

MOORE, R.L. et al. Chronic exercise alters contractility and morphology of isolated rat cardiac myocytes. *Am. J. Physiol*. 264: C1180 - C1189, 1993.

MOKELKE, E.A. et al. Endurance training does not affect intrinsic calcium current characteristics in rat myocardium. *Am. J. Physiol.* 273: H1193 - H1197, 1997.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH. Physical activity and cardiovascular health. *JAMA*.v.276,p.241-6,1996.

NATALI, A. J. et al. Regional effects of voluntary exercise on cell size and contraction-frequency responses in rat cardiac myocytes. *J. Exp. Biol.* 204:1191-1199, 2001.

NATALI, A. J. et al. Different regional effects of voluntary exercise on mechanical and electrical properties of rat ventricular myocytes. *J. Physiol.* 541:863-875, 2002.

NATALI, A. J. Effects of chronic exercise on cardiac myocytes:a review about mechanical adaptations. *R. Bras. Ci e Mo.*2004; 12(1): 91-96

OMS, Organização Mundial de Saúde.WHO consultation: Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. 99.2;31-33

M. O. J. OLSON, Sensing Cellular Stress: Another New Function for the Nucleolus? *Sci. STKE* 2004, pe10 (2004).

PAFFENBARGER, R.S. JR.; HYD, R.T; WING, A.L; LEE, I.N.; JUNG, D.L., KANPERT, J.B.. The association of changes in physical activity among men. *New England Journal of Medicine*, v.328, p. 538-45, 1993.

PALMER, B. M. et al. Shortening and [Ca²⁺] dynamics of left ventricular myocytes isolated from exercisetrained rats. *J. Appl. Physiol.* 85: 2159 – 2168, 1998.

PALMER, B. M. e MOORE, R.L. A model of isolated cardiac myocyte predicts an increase in myocyte compliance with exercise training. *The Physiologist*. 39: A – 40, 1999.

RAKUSAN K, WICKER P. Morphometry of the small arteries and arterioles in the rat heart: effects of chronic hypertension and exercise. *Cardiovasc Res*. 1990 Apr;24(4):278-84.

SANTARÉM, J. Atualização em exercícios resistidos: adaptações cardiovasculares. U.R.L. www.saudetotal.com.br

SCHEUER J (1982). Effects of physical training on myocardial vascularity and perfusion. *Circulation* 66, 491–496.

TOMANEK RJ (1994). Exercise-induced coronary angiogenesis: a review. *Med Sci Sports Exerc* 26, 1245–1251.

TOMAS et al. Aging- and training-induced alterations in collagen characteristics of rat left ventricle and papillary muscle. *Am J Physiol*. 1992 Sep;263(3 Pt 2):H778-83.

WULFSOHN D, Nyengaard JR, Tang Y. Postnatal growth of cardiomyocytes in the left ventricle of the rat. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 277:236-247, 2004.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)