



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

ANIELLE CRISTHINE DE MEDEIROS TAKAHASHI

**EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA EXCÊNTRICA NO
CONTROLE AUTONÔMICO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA
DE IDOSOS DURANTE O REPOUSO E CONTRAÇÕES
ISOMÉTRICAS.**

SÃO CARLOS

2007

ANIELLE CRISTHINE DE MEDEIROS TAKAHASHI

**EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA EXCÊNTRICA NO
CONTROLE AUTONÔMICO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA
DE IDOSOS DURANTE O REPOUSO E CONTRAÇÕES
ISOMÉTRICAS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fisioterapia, área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Aparecida Maria Catai

Projeto desenvolvido com apoio da Capes e FAPESP

SÃO CARLOS

2007

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

T136et

Takahashi, Anielle Cristhine de Medeiros.

Efeito do treinamento de força excêntrica no controle autonômico da frequência cardíaca de idosos durante o repouso e contrações isométricas / Anielle Cristhine de Medeiros Takahashi. -- São Carlos : UFSCar, 2007.
72 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2007.

1. Fisiologia do exercício físico – frequência cardíaca. 2. Variabilidade da frequência cardíaca. 3. Sistema nervoso autônomo. 4. Exercício isométrico. 5. Treinamento resistido.
I. Título.

CDD: 612.04 (20ª)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA PARA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado de ANIELLE CRISTHINE DE MEDEIROS TAKAHASHI, APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 26 DE FEVEREIRO DE 2007.

BANCA EXAMINADORA:


Aparecida Maria Catai
UFSCar


Valdo José Dias da Silva
UFTM


Tânia de Fátima Salvini
UFSCar

Dedico este trabalho aos meus pais,
Ivênia e Mário, por todo o amor, carinho, amizade,
apoio e dedicação.
Sem vocês essa conquista não seria possível.

AGRADECIMENTOS

À Deus por guiar a minha vida, colocando nela pessoas especiais que me ajudaram nesta conquista.

Aos meus pais Ivênia e Mário que nunca mediram esforços para realizar meus sonhos.

Às minhas irmãs Anne e Vanessa por todo carinho, incentivo, força, coragem e amizade.

À Prof^a. Dr^a. Aparecida Maria Catai que com seu profundo conhecimento me guiou e incentivou na vida acadêmica, desde a iniciação científica. Por seus ensinamentos, oportunidades e pela sua amizade. Serei sempre grata.

À Prof^a. Dr^a. Ester da Silva pelo seu incentivo, ensinamentos e pela imensa colaboração não só neste trabalho, mas em todos os que já desenvolvi no laboratório.

À Prof^a. Dr^a. Audrey Borgui-Silva pelo apoio e incentivo.

Aos meus grandes amigos de laboratório que passaram a ser amigos para toda a vida: Luciana Daniel, Karla, Michel e Mali. Obrigada por todos os conselhos, pelo apoio nos momentos difíceis, pelos ensinamentos, pela ajuda incondicional, e pelas risadas e gargalhadas (que não foram poucas).

Ao Robison e a Ruth amigos e parceiros nesta pesquisa e sem os quais este trabalho seria impossível de ser realizado. Obrigado por tornar este caminho mais suave, por todo apoio, ajuda e amizade. Foi muito bom caminhar ao lado de pessoas como vocês.

Aos amigos do laboratório: Valéria, Victor, Pozzi, Rodrigo, Renata, Michele, Camila, Poliana e Ana Paula.

Aos meus alunos co-orientandos de IC: Ester, Fernanda, Ana Cristina, Natália, Rafael. Com os quais aprendi muito.

Aos meus grandes e eternos amigos: Bia, Thiago Luiz, Vanessa (Foca) e Lúcia por sempre terem uma palavra de carinho, de apoio e incentivo e pela ajuda e amizade incondicional. Minha eterna gratidão.

Ao Raphael por toda ajuda, amor, apoio, incentivo, carinho e por me acompanhar nos bons momentos e nos nem tão bons também.

À Prof^ª. Dr.^a. Tânia Salvini pela disponibilidade quanto à utilização do dinamômetro isocinético e pelo incentivo à pesquisa.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Diniz pelo auxílio na parte estatística.

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Silva, ao Prof. Dr. Valdo José Dias da Silva e ao Prof. Dr. Sergio Luiz Domingues Cravo pelas correções e sugestões que com certeza contribuíram para o desenvolvimento final deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos.

Aos meus queridos voluntários, pela atenção, carinho e amizade. Sem vocês este estudo não seria possível.

Aos órgãos de fomento CAPES e FAPESP pelo suporte financeiro.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

“Não está na natureza das coisas que o homem realize um descobrimento súbito e inesperado; a ciência avança passo a passo e cada homem depende do trabalho de seus predecessores”.
(Ernest Rutherford)

RESUMO

O objetivo do trabalho foi investigar se o treinamento de força do tipo excêntrico é capaz de modificar o controle autonômico da frequência cardíaca (FC) avaliados no repouso e durante o exercício isométrico em indivíduos idosos. Nove homens saudáveis (62 ± 2 anos) foram submetidos a 12 semanas de treinamento de força excêntrica para os músculos flexores e extensores do joelho (2x/semana, 2-4 séries de 8-12 repetições, 70-80% do pico de torque excêntrico). Antes e após o treinamento foram avaliadas a FC e sua variabilidade (VFC) durante o repouso (posição supina e sentada) e durante contrações isométricas submáximas (CIS; 15, 30 e 40% da contração voluntária máxima) dos músculos extensores do joelho, mantidas por 240s ou até a exaustão. A FC foi captada batimento a batimento 60s pré, durante e 120s pós as CIS. Foram analisadas a FC de repouso e a variação (Δ) da FC pré contração e a FC nos 10, 30, 60s e no final de cada CIS. A VFC foi avaliada pelo índice RMSSD dos iRR (ms) que foi calculado na condição de repouso e nos 30 s iniciais e finais de cada CIS. Foram utilizados para a análise estatística ANOVA *two way* (medidas repetidas) e teste *t* pareado ($p < 0,05$). O treinamento melhorou significativamente o torque excêntrico (extensão: 210 ± 38 para $252,7 \pm 61$ N.m, flexão: $117,6 \pm 25,1$ para $133 \pm 27,3$ N.m), porém não modificou a FC nem o RMSSD no repouso para ambas as posições (FC supina: 62 ± 11 para 65 ± 9 bpm, FC sentada: 62 ± 11 para 66 ± 9 , RMSSD supina: $28,5 \pm 18$ para $21,5 \pm 8,4$, RMSSD sentada: $30,4 \pm 2$ para $18,9 \pm 6,2$). Com relação as CIS não foi observado efeito do treinamento no torque isométrico ($177,6 \pm 25$ para $195,2 \pm 31,85$ N.m) nem na duração das contrações (15%: 240 para 240s, 30%: $203,4 \pm 55$ para 218 ± 5 s, 40%: $135,6 \pm 56,7$ para $144,6 \pm 55,6$ s). O padrão de comportamento da FC (aumento significativo da Δ da FC a partir de 30s nas intensidades de 30 e 40%) e do índice RMSSD (redução significativa dos 30s iniciais para os 30s finais em todas as intensidades) durante as CIS também não apresentou modificações após o treinamento. Apesar do treinamento resistido do tipo excêntrico melhorar a força excêntrica este não causou adaptações suficientes para promover alterações no controle autonômico da FC no repouso e durante exercício isométrico.

Palavras chaves: frequência cardíaca, sistema nervoso autônomo, variabilidade da frequência cardíaca, exercício isométrico, treinamento de força.

ABSTRACT

The purpose of the present study was to investigate the effect of eccentric strength training (ST) on autonomic control of heart rate (HR) evaluated at rest and during isometric exercise. Nine healthy men (62 ± 2 years old) were submitted to 12 weeks of ST for knee extensors and flexors muscles (2x/week, 2-4 series of 8-12 repetitions, 70-80% of eccentric peak torque). Before and after the ST, the HR and its variability were evaluated at rest (supine and seated conditions) and during the sub-maximal isometric contractions (SIC; 15, 30 and 40% of maximal voluntary contraction) of knee extension which were performed during 240s or until exhaustion. The HR was obtained at pre- (60s), during and post SIC (120s). Then, the variation (Δ) between the resting HR and HR at 10, 30, 60s and end of contraction observed during each SIC was analyzed. The HR variability was evaluated by the RMSSD index, which was determined in resting condition and during SIC (i.e., two windows of 30s in duration at the beginning and end of R-R interval data). The ANOVA two-way (repeated measures) and t-test was utilized for statistical analysis ($p < 0.05$). The ST increased the eccentric torque (extension: 210 ± 38 to 252.7 ± 61 N.m, flexion: 117.6 ± 25.1 to 133 ± 27.3 N.m), but did not change the HR and HR variability at rest (HR supine: 62 ± 11 to 65 ± 9 bpm, HR seated: 62 ± 11 to 66 ± 9 , RMSSD supine: 28.5 ± 18 to 21.5 ± 8.4 , RMSSD seated: 30.4 ± 2 to 18.9 ± 6.2). The ST did not modify the isometric peak torque (177.6 ± 25 to 195.2 ± 31.2 N.m) and the time of execution of each SIC (15%: 240 to 240s, 30%: 203.4 ± 55 to 218 ± 5 s, 40%: 135.6 ± 56.7 to 144.6 ± 55.6 s). During the SIC, the pattern of HR response (significant increase in Δ HR from 30s to the end of contraction in 15 and 40%) and the RMSSD index (significant decrease from the first 30s to the last 30s of contraction in all levels of effort) was similar for the pre- and post training. Despite the ST increased the eccentric torque, it did not generate changes in the autonomic control of heart rate at rest and during the SIC.

Key words: heart rate, autonomic nervous system, heart rate variability, isometric exercise, strength training.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1: Ilustração da tela de captação da FC, batimento a batimento, durante os 15 minutos de repouso na posição supina de um dos voluntários estudados..... 25
- Figura 2: Frequência cardíaca, batimento a batimento, durante o repouso pré exercício (60s), durante a contração isométrica voluntária máxima (10s) e nos 120s iniciais de recuperação, de um dos voluntários estudados..... 26
- Figura 3: Ilustração do procedimento experimental A) dinamômetro isocinético e acessórios, B) monitor cardíaco, C) sistema de captação da frequência cardíaca, batimento a batimento..... 27
- Figura 4: Ilustração da tela do monitor do dinamômetro isocinético mostrando a visualização do torque realizado por um dos voluntários em tempo real 28
- Figura 5: Frequência cardíaca, batimento a batimento, durante o repouso pré exercício (60s), durante as contrações isométricas submáximas nas intensidade de 15%, 30% e 40% e nos 120s iniciais de recuperação, de um dos voluntários estudados..... 29
- Figura 6: Variações da frequência cardíaca (bpm) aos 10s, 30s, 60s e ao final das contrações isométricas submáximas de 15%, 30% e 40% em relação ao repouso pré exercício na avaliação pré-treinamento. Dados em média \pm desvio padrão..... 32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Dados de frequência cardíaca (FC) e dos índices RMSSD dos iR-R em ms de repouso (nas posições supina e sentada). Valores em média \pm desvio padrão..... 31
- Tabela 2: Pico de torque excêntrico e isométrico, duração das contrações isométricas submáximas (CIS), variações da FC (Δ FC) nos 10s, 30s, 60s e ao final das CIS e final da contração voluntária isométrica máxima (CVIM), e índices RMSSD dos iRR nos 30s iniciais e finais nas CIS..... 33
- Tabela 3: Valores de p para o fator tempo de contração na interação entre tempo (Δ FC 10s, Δ FC 30s, Δ FC 60s e Δ FC final) e intensidade de contração isométrica submáxima (15%, 30% e 40%). Δ FC = variação da frequência cardíaca, vs = *versus*, ns = não significativo estatisticamente, $p > 0,05$ 34
- Tabela 4: Valores de p para o fator intensidade de contração na interação entre tempo (Δ FC 10s, Δ FC 30s, Δ FC 60s e Δ FC final) e intensidade de contração isométrica submáxima (15%, 30% e 40%). Δ FC = variação da frequência cardíaca, vs = *versus*, ns = não significativo estatisticamente, $p > 0,05$ 33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF = banda de alta frequência

BF = banda de baixa frequência

BF/AF = razão entre a banda de muito baixa frequência e a banda de alta frequência

CIS = contração isométrica submáxima

CVIM = contração voluntária isométrica máxima

DF = domínio da frequência

DP = desvio padrão

DT = domínio do tempo

ECG = eletrocardiograma

FC = frequência cardíaca

Hz = Hertz

IMC = índice de massa corpórea

iR-R = intervalo entre duas ondas R consecutivas do eletrocardiograma

Km/h = quilômetros / hora

MBF = banda de muito baixa frequência

MC5 = derivação eletrocardiográfica na qual os eletrodos são posicionados no manúbrio, no quinto espaço intercostal esquerdo e no rebordo costal direito.

N.m = Newtons.metro

$\dot{V}O_2$ = consumo de oxigênio

PAS = pressão arterial sistêmica

RMSM = raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças dos valores individuais em relação ao valor médio dividido pelo número de intervalos R-R em um tempo determinado.

RMSSD = raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os intervalos R-R no registro divididos pelo número de intervalos R-R em um tempo determinado menos um.

s = segundos

SNA = sistema nervoso autônomo

VFC = variabilidade da frequência cardíaca

vs = *versus*

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	11
2. REVISÃO LITERÁRIA.....	14
3. ARTIGO (versão em português com inclusão de ilustrações).....	20
3.1 Introdução.....	21
3.2 Materiais e Métodos.....	22
3.3 Resultados.....	31
3.4 Discussão.....	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS FUTUROS.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
APÊNDICE (artigo versão em inglês submetido à revista internacional).....	47
ANEXOS.....	69

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Há alguns anos o grupo de pesquisa multidisciplinar do Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular - Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, vem se dedicando ao estudo da modulação autonômica da frequência cardíaca (FC), de voluntários saudáveis (CATAI et al, 2002; MELO et al, 2005; MARÃES et al, 2005; REIS et al, 2005; RIBEIRO et al, 2001; SAKABE et al, 2004; SANTOS et al, 2003) e de portadores de cardiopatias (NOVAIS et al, 2004; NOVAIS 2006; REIS et al, 2006; SANTOS 2006; TAKAHASHI et al, 2005) a partir da análise da resposta da FC em testes de função autonômica, como arritmia sinusal respiratória, (SANTOS et al, 2003) manobra de Valsalva, (MARÃES et al, 2004) durante exercício físico dinâmico em cicloergômetro (CATAI et al, 2002; MARÃES et al, 2005; POZZI et al, 2006; PITHON et al, 2006; TAKAHASHI et al, 2005) e exercício isométrico (QUITÉRIO et al, 2003; SILVA et al, 1999).

Outra importante metodologia utilizada é a variabilidade da FC (VFC) que tem sido estudada por nós principalmente na condição de repouso, durante sono e vigília (CATAI et al, 2002) e durante vigília (MELO et al, 2005; NOVAIS et al, 2004; REIS et al, 2005; RIBEIRO et al, 2001; SAKABE et al, 2004; SANTOS et al, 2003). Para tanto, foi desenvolvido um *Software* de captação dos sinais eletrocardiográficos e de análise da VFC e dos intervalos R-R (iR-R) (GOUVÊA et al, 1998; LIPORONE et al, 1997; OLIVEIRA et al, 1996; SILVA et al, 1994).

Além das respostas agudas ao exercício, nosso grupo vem investigando o efeito do treinamento do tipo aeróbio no controle autonômico da FC (CATAI et al, 2002; MELO et al, 2005; NOVAIS et al, 2004), porém não havíamos ainda estudado o efeito do treinamento resistido. Adicionalmente, há uma crescente utilização de dinamômetros isocinéticos e recomendações de treinamento resistido, principalmente para a população idosa, devido aos inúmeros benefícios que este proporciona, bem como a utilização de exercícios excêntricos em programas de treinamento físico, uma vez que a literatura relata que estes são mais apropriados nesta faixa etária devido ao maior ganho de força que este proporciona, acompanhado de maior síntese protéica, a sua ação sobre o tecido conjuntivo e a menor sobrecarga cardiovascular gerada (MACALUSO e De VITO, 2004; OVEREND et al, 2000; POULIN et al, 1992).

No entanto, há uma escassez de estudos relacionados ao efeito do treinamento resistido no controle autonômico da FC. Dentro deste contexto, o presente trabalho se firma

na tentativa de elucidar a influência de um período de treinamento de força excêntrica dos músculos extensores e flexores do joelho, realizado em dinamômetro eletrônico, na modulação autonômica da FC avaliada por meio da resposta da FC e VFC de repouso, e também por um teste de função autonômica, utilizando-se o exercício isométrico. Este último é uma metodologia consagrada na literatura e já está bem estabelecido por estudos prévios com bloqueio farmacológico (MACIEL et al, 1985, 1987; MARTIN et al, 1974).

Os resultados da presente investigação têm grande importância clínica, considerando a existência de uma associação entre o processo de envelhecimento e a ocorrência de doenças cardiovasculares, e o fato do exercício resistido ser uma ferramenta largamente utilizada nos processos de intervenção na Fisioterapia. Assim, o estudo na população idosa, do efeito do treinamento resistido sobre o controle autonômico da FC, avaliado por meio de métodos não invasivos e de baixo custo, é de alto interesse.

2. REVISÃO LITERÁRIA

2. REVISÃO LITERÁRIA

A máxima capacidade de geração de força atinge seu valor de pico entre a segunda e a terceira décadas de vida. A partir deste período sofre reduções atingindo queda de 15% na 6ª e na 7ª décadas e de 30% nas seguintes (MACALUSO e De VITO, 2004; ACSM, 1998). A perda quantitativa de massa muscular é referida como sarcopenia, sendo este fenômeno o principal fator para a diminuição da força com o envelhecimento (EVANS, 1995). Contudo, mudanças qualitativas nas fibras musculares e tendões, como atrofia selecionada de fibras do tipo rápida, perda da rigidez dos tendões e mudanças neurais como a baixa ativação agonista e alta coativação dos músculos antagonistas contribuem para o declínio da função muscular (MACALUSO e De VITO, 2004; WILLIAMS, HIGGINS e LEWEK, 2002). Estes eventos se relacionam com outras disfunções como diminuição da capacidade funcional, da taxa metabólica basal, da sensibilidade à insulina, da densidade mineral óssea e capacidade aeróbia que se refletem em dificuldades nas atividades de vida diária, contribuem para maior número de quedas e conseqüentemente uma redução na qualidade de vida (CIOLAC e GUIMARÃES, 2002; ACSM, 1998).

No final da década de 80, Frontera et al (1988) estudando indivíduos idosos (60-72 anos) após treinamento de força de 80% de 1 repetição máxima (RM), constatou um aumento de 107,4 e 226,7% para os músculos extensores e flexores de joelho, respectivamente, que foi acompanhado por um aumento no tamanho da fibra muscular. Desde então, um crescente número de estudos continuam a documentar os benefícios do treinamento resistido em idosos não somente no ganho de força como também na melhora da densidade mineral óssea, sensibilidade à insulina e melhora na qualidade de vida (CIOLAC e GUIMARÃES, 2002; EVANS, 1999; MACALUSO e De VITO, 2004; WILLIAMS, HIGGINS e LEWEK, 2002).

Os programas de treinamento físico são baseados no princípio da sobrecarga fisiológica, ou seja, o músculo é estimulado em níveis de intensidades superiores ao que normalmente é solicitado induzindo a uma série de adaptações fisiológicas que resultam num aumento na sua capacidade de gerar força (ACSM, 2002). Dentre os tipos de exercícios utilizados para o treinamento resistido, a literatura refere que o exercício isocinético é a única maneira de sobrecarregar um músculo que está se contraindo dinamicamente até sua capacidade máxima em todos os pontos da amplitude de movimento (DVIR, 2002). Por sua vez, a contração excêntrica tem sido cada vez mais estudada e recomendada nos programas de treinamento resistido (HATHER et al, 1991; ACSM, 2002; OVEREND et al, 2000; POULIN et al, 1992). No estudo de Overend et al (2000) é sugerido que o exercício isocinético

excêntrico é a forma mais apropriada para treinamento e/ou reabilitação em idosos, devido ao fato de que a força excêntrica está mais preservada pela idade, desta gerar maior torque com menores respostas de frequência cardíaca (FC) e pressão arterial tanto em protocolos máximos como em submáximos quando comparadas às contrações isométricas e concêntricas (HUGGET et al, 2004; LASTAYO et al, 1999). Meyer et al (2003) estudando indivíduos com doença da artéria coronária observaram maiores níveis de força do exercício excêntrico em comparação ao concêntrico. No entanto ambas as modalidades apresentaram FC e pressão arterial média similares, sendo que o torque excêntrico apresentou menores valores de consumo de oxigênio, diferença arterio-venosa de oxigênio e concentração de lactato. Os autores sugerem que estes resultados indicam uma não associação da sobrecarga mecânica muscular em relação à demanda metabólica. Este fenômeno é explicado pelas características especiais da contração excêntrica, ou seja, esta ocorre durante o alongamento muscular. Portanto uma parte da força gerada é decorrente da energia potencial armazenada nos componentes elásticos do músculo, e não exclusivamente do recrutamento de fibras musculares. Horstmann et al (1994) estudando diversas faixas etárias também relataram menores respostas cardiocirculatórias, expressas pelo comportamento da FC, pressão arterial sistólica, e níveis de noradrenalina apesar da contração isocinética excêntrica ter gerado maior torque do que a concêntrica. Sendo assim, a literatura relata que o exercício excêntrico gera menor sobrecarga cardiovascular, no entanto, não se sabe qual seria o efeito do treinamento resistido do tipo excêntrico no controle autonômico da FC de idosos.

No sentido de se avaliar a função autonômica na resposta da FC, a literatura refere vários tipos de testes como a Manobra de Valsalva, a arritmia sinusal respiratória, o ortostatismo, a imersão da face ou mão em água gelada, o stress mental com cálculos aritméticos, o exercício dinâmico em cicloergômetro e o exercício isométrico (CASTRO, NOBREGA e ARAÚJO, 1992a, 1992b; HOLONSER e KLINGENHEBEN, 1998). Dentre estes testes, o exercício isométrico é uma ferramenta amplamente utilizada, principalmente os exercícios de handgrip, (CASTRO, NOBREGA e ARAÚJO, 1992b; GALVEZ et al, 2000; MACIEL et al, 1987; MACIEL et al, 1989) e a isometria de membro inferior (IELLAMO et al, 1997; QUITÉRIO et al, 2003; SILVA et al, 1999).

A resposta da FC durante a contração muscular tem sido utilizada para se estudar a modulação do sistema nervoso autônomo (SNA) no coração (CASTRO, NOBREGA e ARAÚJO, 1992b; GALVEZ et al, 2000; MACIEL et al, 1987; MACIEL et al, 1989; QUITÉRIO et al, 2003; SILVA et al, 1999) uma vez que os sistemas cardiovascular, nervoso autônomo no coração e muscular interagem durante a realização de exercício físico. O sistema

cardiovascular sofre ajustes mediados pelo SNA tanto por mecanismos centrais como periféricos. O mecanismo neural de comando central, por meio da eferência de sinais advindos do córtex motor, é responsável pela ativação e recrutamento de unidades motoras e pela ativação paralela da área de controle cardiovascular no bulbo. O mecanismo neural reflexo, por sua vez, origina-se a partir da ativação mecânica e metabólica das terminações nervosas nos músculos em contração, enviando informações ao centro cardiovascular localizado no bulbo. Todas essas informações são integradas no centro cardiovascular e os ajustes são modulados pelo SNA por meio dos eferentes simpático e parassimpático atuantes no coração e na eferência simpática nos vasos sanguíneos (MITCHELL, 1990).

Com relação às respostas da FC ao exercício isométrico está bem estabelecido, por meio de estudo com bloqueio farmacológico (MACIEL et al, 1985, 1987; MARTIN et al, 1974), que este causa uma rápida elevação da FC, nos 10 segundos iniciais do exercício, atribuída a inibição da atuação vagal sobre o nó sinoatrial e dependendo da intensidade de contração e do tempo de duração da mesma, a FC se eleva gradual e lentamente sendo atribuída a estimulação simpática sobre o nó sinoatrial. Comportamento similar foi observado também em outros trabalhos sem o uso de bloqueio farmacológico (HUNTER; CRITCHLOW e ENOKA, 2005; IELLAMO et al, 1997; MACIEL et al, 1989; RAY e CARRASCO 2000; SEALS, 1993).

O efeito de treinamento de endurance no controle autonômico da FC já foi investigado (MACIEL et al, 1989). Neste estudo a musculatura de membro inferior foi treinada e a resposta da FC ao exercício isométrico foi avaliada por meio do exercício de *handgrip*. Neste trabalho não foram observadas modificações no controle autonômico da FC, este resultado pode ter sido influenciado pelo fato do treinamento ter ocorrido em uma musculatura e a avaliação em outra. Ressaltamos que não foram encontrados na literatura estudos que avaliem o efeito do treinamento resistido, do tipo excêntrico, na resposta da FC ao exercício isométrico.

Outra ferramenta para se avaliar a modulação do SNA no coração é a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), termo utilizado para indicar as oscilações entre frequências cardíacas instantâneas consecutivas, assim como no intervalo entre batimentos cardíacos, oscilações estas que são moduladas pela atividade do sistema nervoso simpático e parassimpático no nó sinoatrial (LONGO, FERREIRA e CORREIA, 1995; TASK FORCE, 1996).

A VFC pode ser analisada no domínio do tempo (DT), a partir de métodos estatísticos, obtendo-se índices, como o RMSSD e o RMSM dos intervalos R-R que

apresentam relação com a atuação vagal e com a variabilidade total, respectivamente, e também no domínio da frequência (DF), que por meio da análise espectral, decompõe a VFC em componentes oscilatórios fundamentais, sendo que os principais são: a) componente de alta frequência (AF) com faixa de variação de 0,15 a 0,4Hz, que corresponde à modulação respiratória e é um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração; b) componente de baixa frequência (BF), com faixa de variação entre 0,04 a 0,15Hz, que é decorrente da ação conjunta do componente vagal e simpático sobre o coração, sendo o componente simpático predominante, portanto esta banda de frequência tem sido utilizada como um marcador da modulação simpática atuante no coração; c) componente de muito baixa frequência (MBF), com faixa de variação entre 0 e 0,04Hz, cuja explicação fisiológica não está bem definida e parece estar relacionada ao sistema renina-angiotensina-aldosterona, termoregulação e tônus vasomotor periférico. (LONGO, FERREIRA e CORREIA, 1995; TASK FORCE, 1996).

Com relação ao processo de envelhecimento tem sido observado que este reduz a VFC (CATAI et al, 2002; JENSES-URSTAD et al, 1997; LAKATTA e LEVY, 2003; LIPSITZ et al, 1990; MELO et al, 2005; PAGANI et al, 1986), o que provavelmente está relacionado com alterações próprias decorrentes do avanço da idade (JENSEN-URSTAD et al, 1997). Segundo Longo, Ferreira e Correia (1995) há uma redução tanto na atuação do componente simpático como no parassimpático atuante no nó sinoatrial, já Perini et al (2000) observaram na condição de repouso redução somente no eferente parassimpático. No estudo de Catai et al (2002) foi observado uma diminuição da atividade vagal em indivíduos de meia idade em comparação aos jovens durante o sono. Em trabalho recente do nosso laboratório Melo et al (2005) estudando jovens e idosos (sedentários e ativos) relataram uma redução da VFC de repouso com o envelhecimento, que era atenuada com o treinamento físico aeróbio. Porém o efeito do treinamento resistido em idosos ainda foi pouco explorado na literatura.

Alguns trabalhos têm referido que o treinamento físico aeróbio de curta duração parece não influenciar o controle autonômico cardíaco (CATAI et al, 2002) enquanto o de longa duração pode ser capaz de modificá-lo (SHUIT et al, 1999; STEIN et al, 1999). Já em relação ao efeito do treinamento de força sobre o sistema autonômico cardíaco, pouco se tem estudado. Taylor et al (2003), avaliaram o efeito do treinamento de força isométrica de *handgrip*, a 30% da contração voluntária máxima (CVM), na VFC de indivíduos hipertensos e, observaram aumento na banda AF no grupo treinado e, conseqüentemente, redução na relação entre a baixa frequência e a alta frequência (BF/AF), embora essa não tenha alcançado significância estatística. Forte, De Vito e Figura (2003), avaliaram o efeito do treinamento de resistência muscular dinâmica, realizado em cicloergômetro, na VFC em um grupo de

mulheres idosas. O treinamento consistia em pedalar 8 séries de 8 revoluções a 80% da resistência máxima (grupo de alta intensidade) e 8 séries de 16 revoluções a 40% da resistência máxima (grupo de baixa intensidade), sendo a porcentagem considerada a partir da força realizada para completar duas revoluções no cicloergômetro. Os autores não encontraram alterações na VFC, tanto no DT como no DF, após o treinamento de 16 semanas. Adicionalmente, Cooke e Carter (2005) também não observaram modificações na VFC, após submeterem jovens saudáveis a 8 semanas de treinamento de força envolvendo vários grupos musculares. Portanto, ainda permanecem dúvidas na literatura em relação ao efeito do treinamento resistido sobre a VFC.

Dessa forma apesar do treinamento resistido ser amplamente recomendado persistem dúvidas e questionamentos sobre o efeito da modalidade excêntrica no controle autonômico da FC. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi verificar se o treinamento resistido do tipo excêntrico é capaz de modificar a modulação do SNA na FC, avaliada pelas respostas da FC e VFC no repouso e durante o exercício isométrico.

3. ARTIGO

(versão em português com inclusão de ilustrações)

Takahashi ACM; Quitério RJ; Melo RC; Silva E; Catai AM. Efeito do treinamento de força excêntrica no controle autonômico da frequência cardíaca de idosos durante o repouso e contrações isométricas.

3.1 INTRODUÇÃO

A máxima capacidade de geração de força muscular atinge seu valor de pico entre a segunda e a terceira décadas de vida. A partir deste período sofre reduções atingindo queda de 15% na 6^a e na 7^a décadas e de 30% nas seguintes (MACALUSO e De VITO, 2004; ACSM, 1998). No entanto, estudos recentes documentam os benefícios do treinamento resistido em indivíduos nesta faixa etária não somente no ganho de força, como também na melhora da densidade mineral óssea, sensibilidade à insulina e melhora na qualidade de vida (EVANS, 1999; FRONTERA et al, 1988; MACALUSO e De VITO, 2004; WILLIAMS, HIGGINS e LEWEK, 2002).

Dentre os tipos de exercícios, a contração excêntrica tem sido cada vez mais estudada e recomendada para programas de treinamento resistido (ACSM, 2002; OVEREND et al, 2000; POULIN et al, 1992). Overend et al (2000) sugerem que o exercício isocinético excêntrico é a forma mais apropriada para treinamento ou reabilitação em idosos, uma vez que a força excêntrica está mais preservada com o envelhecimento e desta gerar maior torque com menores respostas de frequência cardíaca (FC) e pressão arterial quando comparada às contrações concêntricas e isométricas (HUGGET et al, 2004; LASTAYO et al, 1999). Essa menor resposta cardiocirculatória ao exercício excêntrico também foi relatada em coronariopatas (MEYER et al 2003) e em diferentes faixas etárias (HORSTMANN et al 1994), ou seja, valores de FC e pressão arterial similares ou menores quando comparados ao exercício concêntrico, apesar do torque excêntrico ser maior. Adicionalmente menores valores de consumo de oxigênio, diferença arterio-venosa de oxigênio e concentração de lactato foram observados no exercício excêntrico (MEYER et al 2003).

No sentido de se avaliar a função autonômica na resposta da FC a literatura refere vários tipos de testes (HONLOSER e KLINGENHEBEN, 1998), dentre estes a resposta da FC ao exercício isométrico é uma ferramenta amplamente utilizada, principalmente o *handgrip*, (GALVEZ et al, 2000; MACIEL et al, 1987, 1989) e a extensão de joelho (IELAMO et al, 1997; SILVA et al, 1999). Este tipo de avaliação é possível uma vez que durante a contração ocorre uma interação entre os sistemas cardiovascular, nervoso autônomo no coração e o muscular (MITCHELL et al, 1990). Somando-se a isto estudos prévios com bloqueio farmacológico já estabeleceram a dinâmica de atuação dos componentes simpáticos e parassimpático na resposta da FC durante o exercício isométrico (MACIEL et al, 1985, 1987; MARTIN et al, 1974).

Outra ferramenta para se avaliar a modulação do sistema nervoso autônomo (SNA) na FC é a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), termo utilizado para indicar as oscilações entre frequências cardíacas instantâneas consecutivas, assim como no intervalo entre batimentos cardíacos, oscilações estas que são moduladas pela atividade do sistema nervoso simpático e parassimpático no nó sinoatrial (TASK FORCE, 1996). Com relação ao processo de envelhecimento, tem sido observado que este reduz a VFC (CATAI et al, 2002; JENSEN-URSTAD et al, 1997; LAKATTA e LEVY, 2003; LIPSITZ et al, 1990; MELO et al, 2005; PAGANI et al, 1986), o que provavelmente está relacionado com alterações próprias decorrentes do avanço da idade (JENSEN-URSTAD et al, 1997). Melo et al (2005) estudando jovens e idosos (sedentários e ativos) relataram uma redução da VFC de repouso com o envelhecimento, que era atenuada com o treinamento físico aeróbio, porém o efeito do treinamento resistido em idosos ainda foi pouco explorado na literatura. Taylor et al (2003), avaliaram o efeito do treinamento de força isométrica de *handgrip* na VFC de indivíduos hipertensos e, observaram aumento da atuação parassimpática. Forte, De Vito e Figura (2003) estudando mulheres idosas não encontraram alterações na VFC após o treinamento de resistência muscular dinâmica, realizado em cicloergômetro. Adicionalmente, Cooke e Carter (2005) também não observaram modificações na VFC, após submeterem jovens saudáveis a 8 semanas de treinamento de força envolvendo vários grupos musculares.

Dessa forma apesar do treinamento resistido ser amplamente recomendado persistem dúvidas e questionamentos sobre o efeito da modalidade excêntrica no controle autônomo da FC. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi testar a hipótese que o treinamento resistido do tipo excêntrico é capaz de modificar a modulação do SNA na FC, avaliada pelas respostas da FC e VFC no repouso e durante o exercício isométrico.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Voluntários

Vinte e oito idosos aparentemente saudáveis (na faixa etária de 60 a 69 anos) se dispuseram a participar deste estudo, mas somente 12 estavam aptos a participar da pesquisa e somente 9 completaram o treinamento de força. O tamanho da amostra necessário para detectar diferenças na FC após a intervenção foi estimado baseado num estudo piloto prévio. Para detectar diferenças de no mínimo 5 batimentos/min entre as intervenções ($1 - \beta = 0,8$ e $\alpha = 0,05$), o tamanho da amostra foi estimado em 10 sujeitos. Os nove sujeitos que completaram

o estudo (idade de 62 ± 2 anos, massa corporal de $72,52 \pm 7,67$ kg, estatura de $1,69 \pm 0,05$ m, IMC de $25,43 \pm 1,92$ kg/m²) foram considerados saudáveis baseado nos exames clínicos, físicos e laboratoriais que constaram de eletrocardiograma convencional de 12 derivações (ECG) em repouso, teste ergométrico clínico conduzido por um cardiologista, raio X de tórax, hemograma completo, exame de urina e bioquímicos do sangue (glicemia de jejum, colesterol total e frações, triglicérides, ácido úrico, creatinina). Foram excluídos do estudo indivíduos com hipertensão arterial, diabetes, doença pulmonar obstrutiva crônica, neurológica, cardiovascular, respiratória ou músculo esquelética. Também foram excluídos indivíduos obesos, fumantes, etilistas, usuários de drogas ilícitas ou medicamentos e aqueles que participaram de treinamento resistido regular 6 meses antes do início do estudo. Todos os voluntários foram esclarecidos e orientados a respeito do protocolo experimental e após concordarem em participar do trabalho assinaram um termo de consentimento pós informado livre esclarecido. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição (nº 098/2005).

Procedimento experimental

Todos os voluntários foram avaliados no período da tarde, considerando-se as influências do ciclo circadiano nas respostas das variáveis estudadas (TASAKI et al, 2006). Os experimentos foram conduzidos em sala climatizada: 22 a 23°C com umidade relativa do ar em torno de 50 a 60%. Entre a realização de cada protocolo foi dado um intervalo de 5 a 7 dias. Previamente, os voluntários foram familiarizados com todos os equipamentos e protocolos utilizados, de modo a reduzir a ansiedade e a expectativa dos mesmos, também foram orientados para que no dia anterior ao experimento não utilizassem bebidas alcoólicas e/ou estimulantes (café, chá e outros), não realizassem esforços físicos extenuantes, e que fizessem uma refeição leve pelo menos 2 horas antes dos testes. No dia do experimento foram examinados para confirmar seu estado de saúde, a ocorrência de uma noite de sono normal e se as condições controle de FC e pressão arterial sistêmica (PAS) estavam dentro da faixa de normalidade. Os protocolos I, II, II, e IV, que estão descritos abaixo, foram realizados antes e após o programa de treinamento de força excêntrica.

Durante os protocolos I, II, e III os sujeitos foram monitorizados na derivação MC5 para o registro dos intervalos R-R (iR-R). O ECG e FC foram captados por um monitor cardíaco de um canal (TC -500, ECAFIX, São Paulo, SP, Brasil) com uma frequência de aquisição de 500Hz e processados por meio de um conversor analógico digital Lab.PC+ (National Instruments, Co., Austin, TX, USA) que constitui numa “interface” entre o monitor cardíaco e um microcomputador. A partir da “interface”, o sinal analógico do ECG foi

convertido e os iR-R (ms) foram calculados batimento a batimento utilizando um software específico (SILVA et al, 1994). Em todos os protocolos de exercício (protocolos II, III, IV e V) foram realizadas medidas não invasivas da pressão arterial pelo método auscultatório, antes e após o esforço.

O consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), determinado durante exercício incremental em cicloergômetro até a exaustão, por meio de um ergoespirômetro (CPX-D, Medical Graphics, St Paul, MN, USA), foi utilizado para melhor caracterização dos sujeitos e obtenção da classificação aeróbia dos mesmos. De acordo com a *American Heart Association* (COOPER e STROKE, 2001) que classifica a capacidade aeróbia baseada na idade e gênero, os voluntários possuíam nível regular ($\dot{V}O_2$ pico = $25,93 \pm 4,76$ mL.kg⁻¹.min⁻¹).

Protocolos experimentais

Protocolo I: Condição de repouso

Inicialmente o voluntário permaneceu na postura supina por 20 minutos para que a FC pudesse retornar as condições de controle e para que fossem realizadas a tricotomia e limpeza da pele para colocação e fixação dos eletrodos para ECG na derivação MC5. Então, os dados do ECG foram coletados na posição supina e sentada durante 15 minutos cada. Durante todo o período de coleta o voluntário foi instruído a manter o repouso bem como a respiração espontaneamente. A figura 1 ilustra a tela de captação da FC, batimento a batimento, durante os 15 minutos de repouso na posição supina de um dos voluntários estudados.

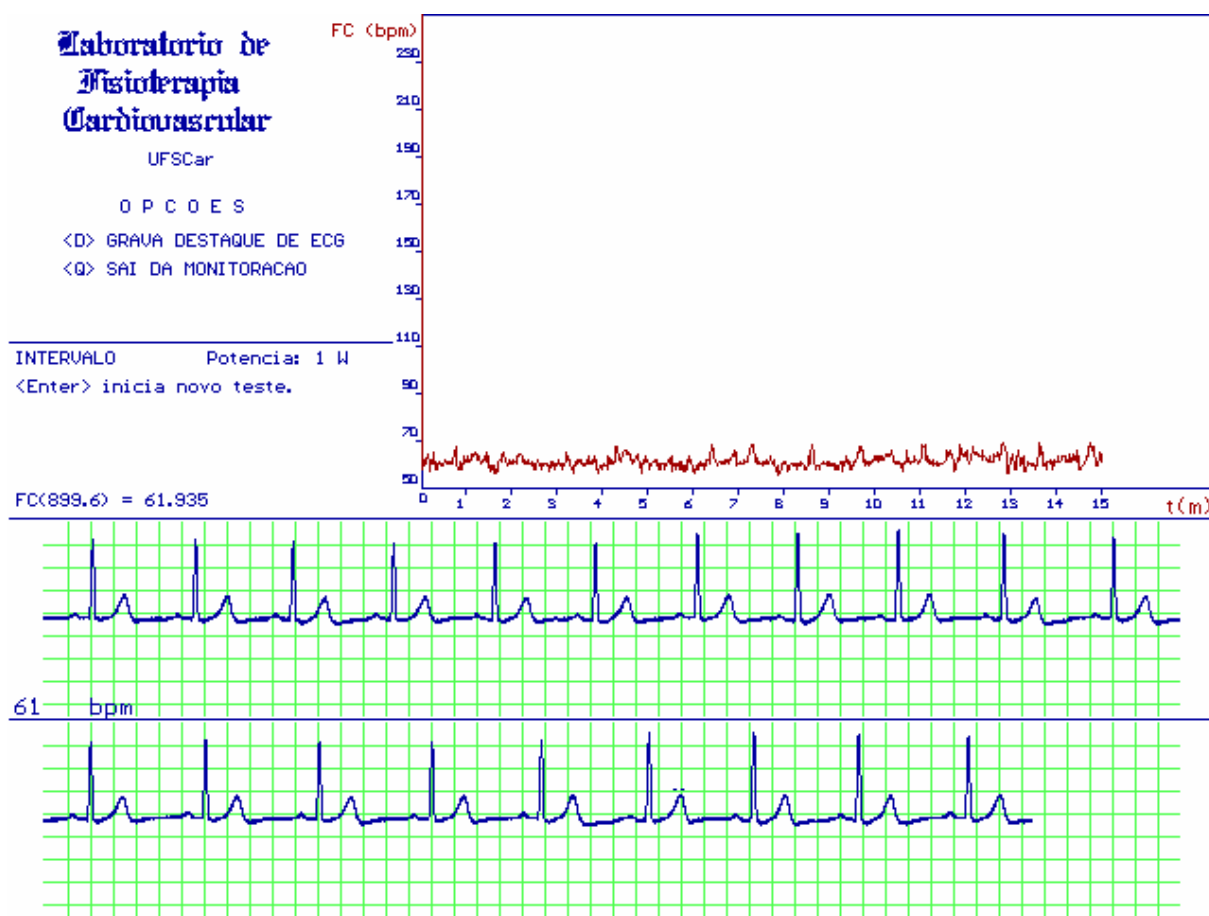


Figura 1: Ilustração da tela de captação da FC, batimento a batimento, durante os 15 minutos de repouso na posição supina de um dos voluntários estudados.

Protocolo II: Teste de contração voluntária isométrica máxima (CVIM).

A CVIM dos músculos extensores do joelho do membro dominante foi testada no ângulo articular de 60° (extensão completa = 0°) de flexão utilizando-se um dinamômetro isocinético (Biodex Multi Joint System III, Biodex Medical System Inc., Shirley, NY, USA). A célula de carga foi calibrada antes de cada teste posicionando-se e estabilizando-se horizontalmente o braço de força em relação ao chão e inserindo-se um peso conhecido na célula de carga. Antes de se iniciar os testes, os voluntários realizaram um período de aquecimento de quatro minutos em cicloergômetro, com velocidade em torno de 22 km/h, seguido de 3 séries de alongamento para os músculos quadríceps e isquiotibiais com duração de 30 segundos cada. Após essa preparação inicial, os voluntários foram posicionados na cadeira do dinamômetro (ângulo do assento da cadeira = 90°) e estabilizados com faixas de contenção no tórax, pelve e coxa. O eixo de rotação do dinamômetro foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur, outra faixa de contenção foi colocada na porção distal da perna fixada ao braço de força do dinamômetro, aproximadamente 2 cm acima do maléolo lateral, o que permitia total dorsiflexão do tornozelo. O fator de correção da gravidade (torque adicional

gerado pelo peso da perna e faixa de contenção) foi determinado em 60°, com o voluntário relaxado.

Os sujeitos realizaram 3 repetições de CVIM, com duração de 10s cada e com um período de repouso de 5 a 10 minutos entre estas. Este período de recuperação foi estabelecido para assegurar que a FC e PAS retornassem aos valores basais e para que os músculos testados se recuperassem do esforço realizado (FUNDERBURK et al, 1974). Neste protocolo a FC foi registrada pré exercício (60s) durante a CVIM e nos 120s iniciais de recuperação, conforme pode ser observado na Figura 2.

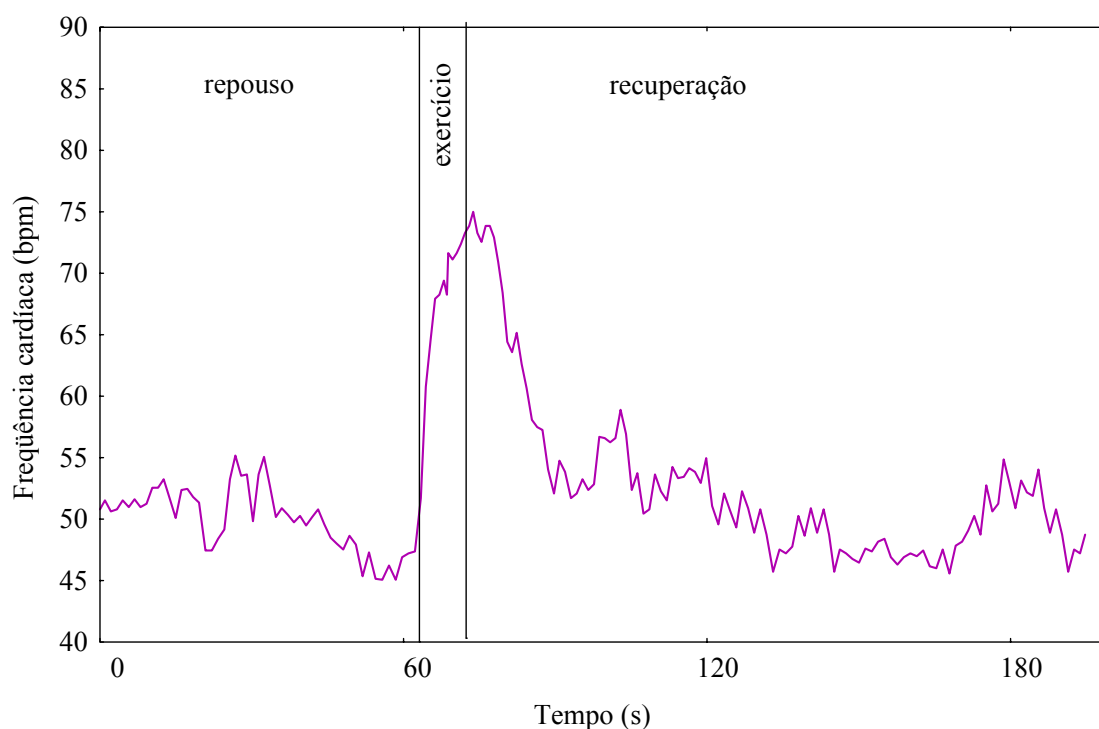


Figura 2: Frequência cardíaca, batimento a batimento, durante o repouso pré exercício (60s), durante a contração isométrica voluntária máxima (10s) e nos 120s iniciais de recuperação, de um dos voluntários estudados.

Durante as contrações os voluntários foram estimulados por comandos verbais, orientados para evitar contrações desnecessárias dos músculos que não foram alvo do estudo, estarem atentos ao *feedback* visual gerado no visor do monitor do aparelho de dinamometria e a manterem a respiração espontaneamente, evitando a manobra de Valsalva, verificada pela ausência de bradicardia reflexa após o esforço. O maior valor de torque das CVIM foi adotado como valor de pico de torque (N.m). A ilustração do procedimento experimental é mostrada na figura 3.

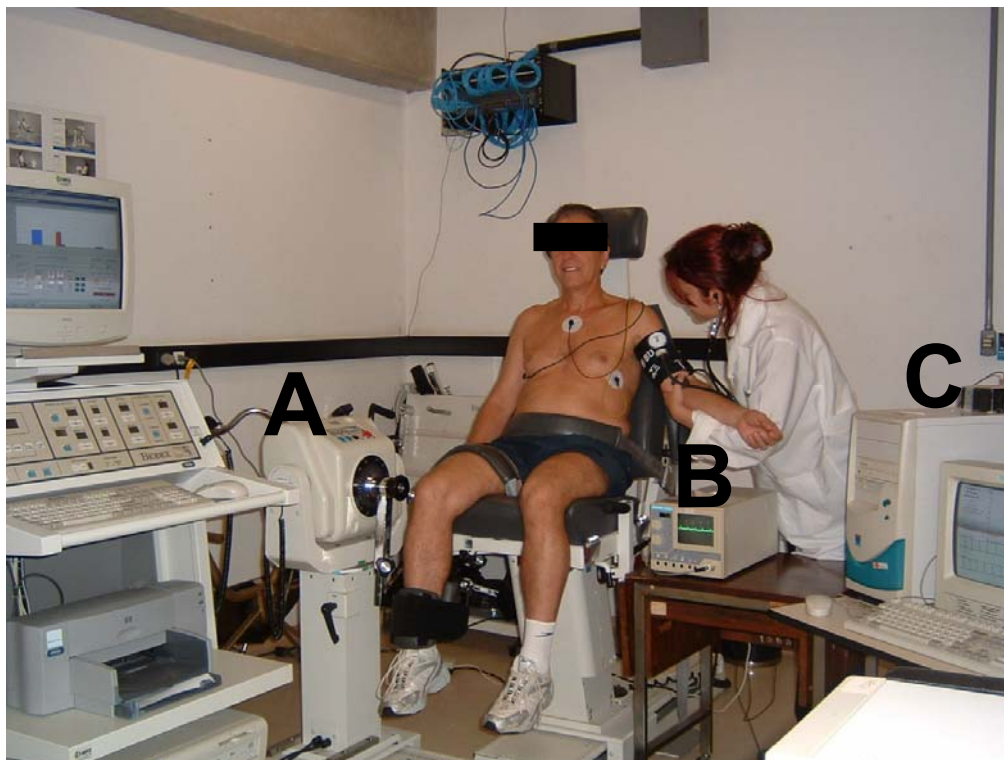


Figura 3: Ilustração do procedimento experimental: A) dinamômetro isocinético e acessórios, B) monitor cardíaco, C) sistema de captação da frequência cardíaca, batimento a batimento.

Protocolo III: Teste de contrações isométricas submáximas (CIS).

Os procedimentos relacionados à calibração, posicionamento no dinamômetro isocinético, preparação do sujeito e orientações durante as contrações foram os mesmos já descritos no protocolo II. Os voluntários realizaram 3 contrações isométricas submáximas dos músculos extensores do joelho, sendo a primeira na intensidade de 15%, a segunda em 30% e a última em 40% do pico de torque obtido no protocolo II. Esta ordem foi fixada para todos os voluntários e foi dado um repouso de 15 a 20 min entre cada nível de esforço. Esse longo período de recuperação foi estabelecido para garantir que a FC e PAS retornassem aos valores basais. Adicionalmente, a ordem fixa das CIS foi adotada, ao invés da randomização, para minimizar a influência da execução de maiores intensidades sobre as respostas obtidas em menores níveis de esforço, já que a literatura relata que quanto maior a intensidade de contração, maior é o grau de obstrução mecânica ao fluxo sanguíneo, reduzindo a perfusão de oxigênio tecidual e o pH e aumentando o acúmulo de metabólitos (GAFFNEY; SJOGAARD e SALTIN, 1990).

Cada CIS teve duração de 240 segundos ou até a exaustão do voluntário, observada pela não manutenção do torque por mais de 5 segundos (HUNTER; CRITCHLOW e ENOKA, 2005). O torque, na intensidade previamente estipulada, foi verificado durante o

experimento pela visualização desta variável, em tempo real, na tela do monitor do dinamômetro (Figura 4).

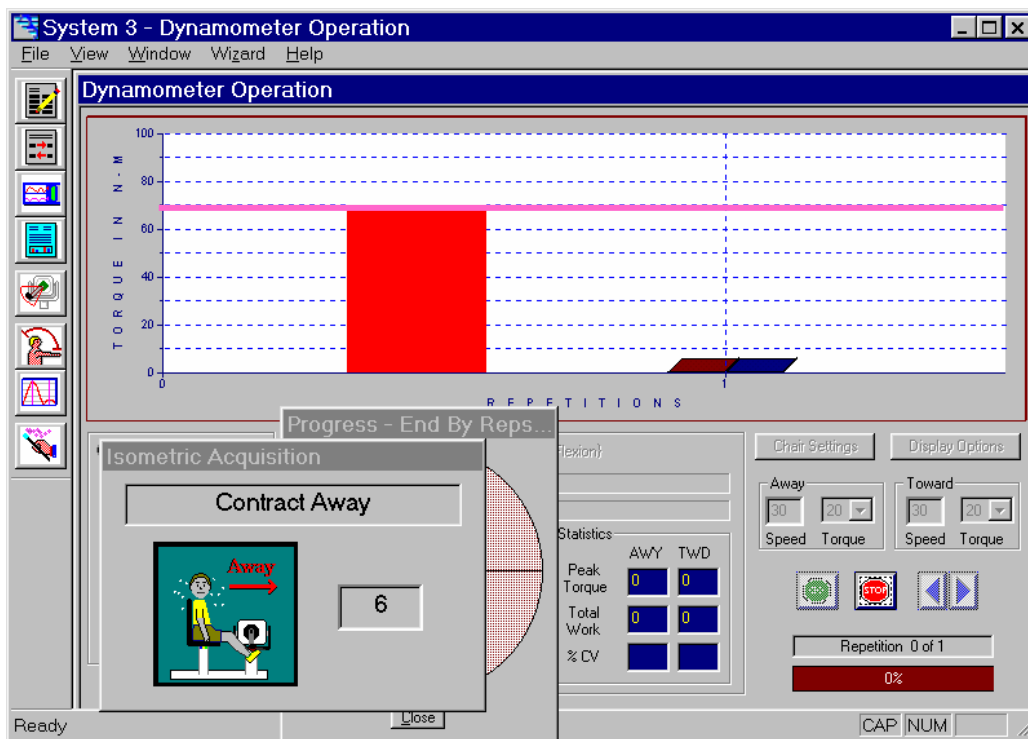


Figura 4: Ilustração da tela do monitor do dinamômetro isocinético mostrando a visualização do torque realizado por um dos voluntários em tempo real.

Neste protocolo para cada intensidade de contração a FC foi registrada pré exercício (60s) durante a CIS e nos 120s iniciais de recuperação, conforme ilustrado na Figura 5.

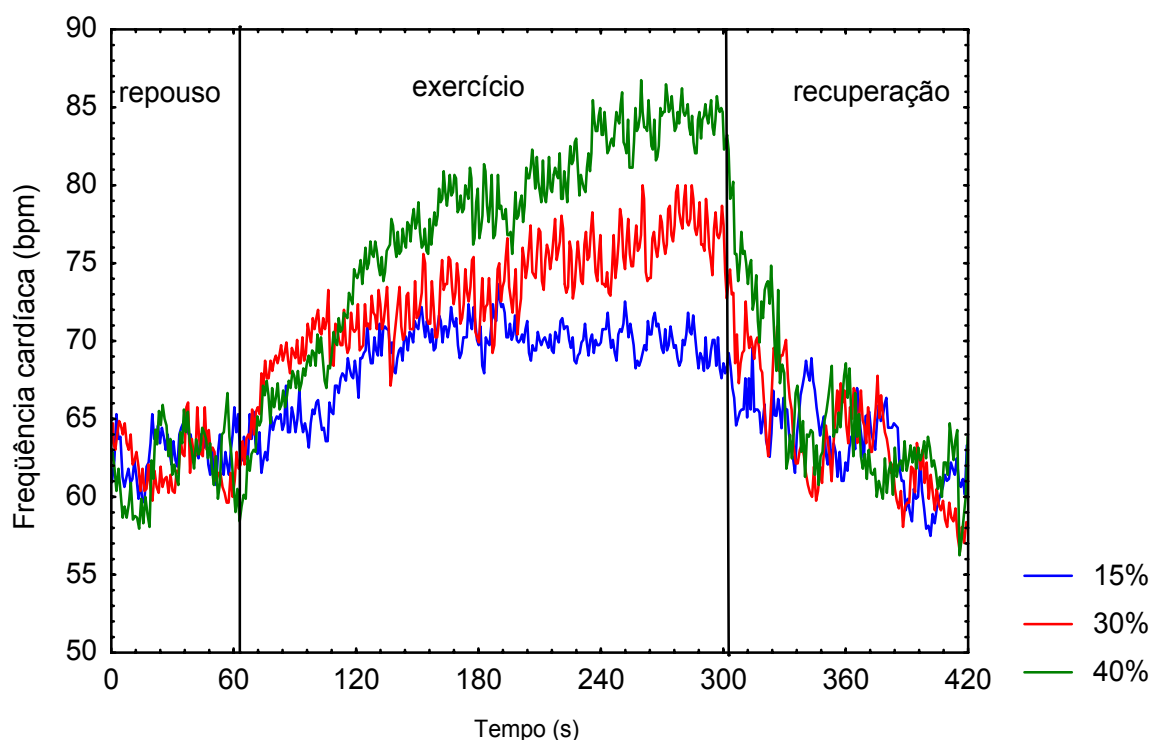


Figura 5: Frequência cardíaca, batimento a batimento, durante o repouso pré exercício (60s), durante as contrações isométricas submáximas nas intensidade de 15%, 30% e 40% e nos 120s iniciais de recuperação, de um dos voluntários estudados.

Protocolo IV: Teste de contração isocinética excêntrica.

Com o objetivo de se estimar o ganho de força foi mensurado o pico de torque excêntrico dos músculos flexores e extensores do joelho, antes e após o programa de treinamento. Este foi determinado no arco de movimento de 90 a 30° de flexão (extensão completa = 60°), na velocidade de 60°/s, no modo excêntrico/ excêntrico no dinamômetro isocinético (Biodex Multi Joint System III, Biodex Medical System Inc., Shirley, NY, USA). Os procedimentos relacionados à calibração, posicionamento no dinamômetro isocinético, preparação do sujeito e orientações foram descritas no protocolo II. Os voluntários realizaram 3 séries de 5 repetições máximas, com um intervalo entre as séries de 120s. Durante as contrações os voluntários foram motivados verbalmente. O maior valor obtido em todas as contrações foi adotado como o valor de pico de torque (N.m).

Protocolo IV: Programa de treinamento de força.

O programa de treinamento de força consistiu de exercícios excêntricos para os músculos flexores e extensores do joelho, realizado em ambos os membros no mesmo

dinamômetro isocinético da avaliação inicial. Os voluntários treinaram 2 vezes por semana, durante 12 semanas realizando de 2 a 4 séries de 8 a 12 repetições com intensidade de 70 a 80% do pico de torque excêntrico, com intervalos entre as séries de 120 s. O arco de movimento e a velocidade foram os mesmos adotados na avaliação do pico de torque excêntrico (protocolo IV), que foi repetida a cada duas semanas com intuito de se ajustar a intensidade ao decorrer do período de treinamento. No início de cada sessão foi realizado um aquecimento de 4 minutos no cicloergômetro, seguido de alongamento dos músculos quadríceps e isquiotibiais.

Análise dos dados

Para a análise da resposta da FC durante as contrações, foram calculadas as variações (Δ) entre a FC de repouso (60s pré exercício) e a FC nos 10s, 30s, 60s e ao final da contração (Δ_{10} , Δ_{30} , Δ_{60} e Δ_{final} , respectivamente) para cada contração submáxima. Para a contração isométrica máxima, de duração de 10s, foi calculado o Δ entre a FC de repouso (pré exercício) e a FC pico observada no final da contração.

A análise da VFC foi realizada no domínio do tempo por meio do índice RMSSD dos iR-R (ms) que corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os iR-R (ms) sucessivos no registro, divididos pelo número de iR-R (ms) menos 1. Foram analisados os cinco minutos dos períodos mais estáveis dos iR-R registrados no repouso (supino e sentado) e os 30s iniciais e finais de cada contração submáxima.

Análise estatística

O efeito do treinamento no torque, no tempo de contração e na FC e VFC de repouso foram avaliados pelo teste t pareado. Os efeitos do tempo e intensidade das contrações isométricas submáximas na resposta da FC e da VFC foram avaliados pelo teste ANOVA *two-way* de medidas repetidas. Comparações específicas foram realizadas utilizando contrastes planejados. Os dados nas tabelas são apresentados em média \pm desvio padrão (DP) e na figura em média \pm erro padrão, com nível de significância de $p < 0,05$.

3.3 RESULTADOS

FC e VFC de repouso

Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes com o treinamento de força nas variáveis FC e VFC, a última avaliada pelo índice RMSSD dos i-RR, na condição de repouso tanto para posição supina quanto para a sentada. (Tabela 1)

Tabela 1: Dados de frequência cardíaca (FC) e dos índices RMSSD dos iR-R em ms de repouso (nas posições supina e sentada). Valores em média \pm desvio padrão

	Pré-treinamento	Pós-treinamento
FC de repouso (bpm)		
supina	62 \pm 11	65 \pm 9
sentada	62 \pm 11	66 \pm 9
RMSSD de repouso (ms)		
supina	28,53 \pm 17,97	21,43 \pm 8,39
sentada	30,45 \pm 20,79	18,86 \pm 6,18

Torque e duração das contrações isométricas submáximas.

Não houve efeito do treinamento no torque isométrico e nem no tempo de execução de cada contração isométrica submáxima, porém o pico de torque excêntrico tanto dos músculos flexores como dos extensores do joelho aumentaram significativamente com o treinamento (extensão = 210,02 \pm 38,46 N.m para 252,71 \pm 60,95 N.m, flexão = 117,56 \pm 25,07 N.m para 132,96 \pm 27,27 N.m) (Tabela 2).

Comportamento da FC durante as contrações isométricas.

Na tabela 2 estão apresentados os dados em média e desvio padrão das variações da FC durante as CIS e da CVIM nas avaliações pré e pós-treinamento. Não se observou efeito do treinamento de força no comportamento da FC durante as CIS nem durante a CVIM (Tabela 2).

As variações da FC no decurso do tempo durante os testes de CIS da avaliação pré-treinamento estão ilustradas na figura 6. A avaliação inicial mostrou interação entre os fatores intensidade e tempo da CIS, cujos resultados das análises estatísticas estão apresentados nas tabelas 3 e 4. Com relação ao fator tempo de contração ocorreram diferenças significativas entre 15% e 30% no $\Delta 60$ e no Δ_{final} , entre 15% e 40% em $\Delta 10$, $\Delta 30$, $\Delta 60$ e Δ_{final} (Tabela 3), com relação ao fator intensidade de CIS ocorreram diferenças significativas entre $\Delta 10$ e $\Delta 60$, entre $\Delta 10$ e Δ_{final} , entre $\Delta 30$ e $\Delta 60$, entre $\Delta 30$ e Δ_{final} e entre $\Delta 60$ e Δ_{final} somente para 30 e 40% (Tabela 4).

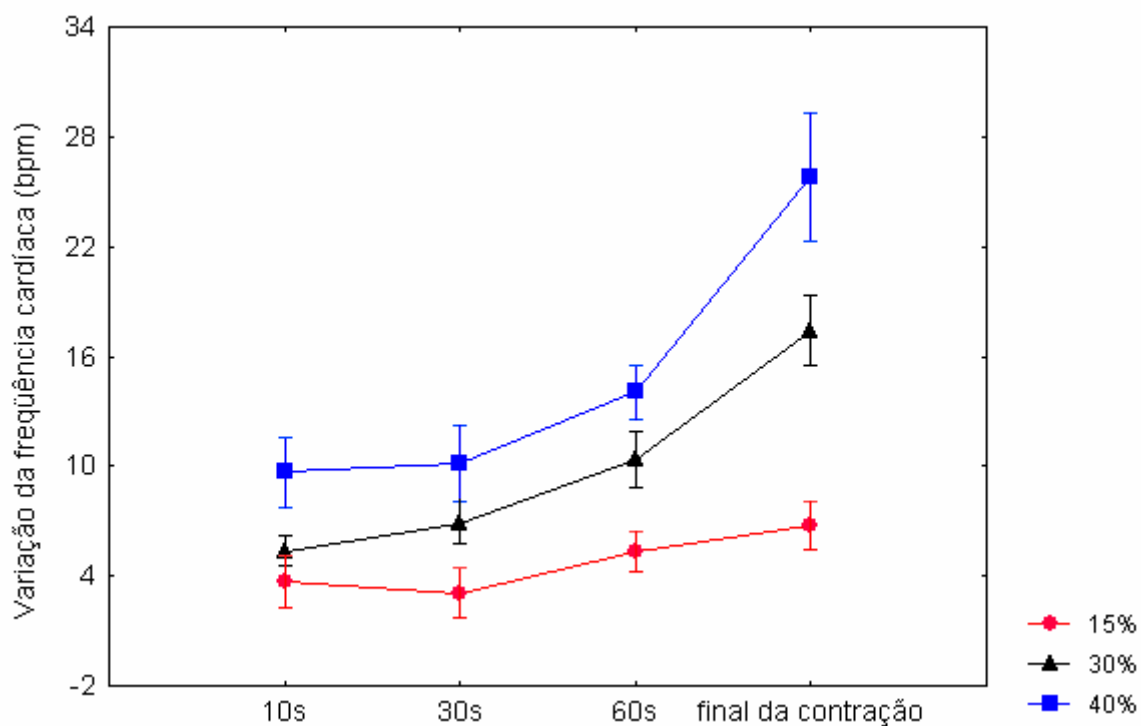


Figura 6: Variações da frequência cardíaca (bpm) aos 10s, 30s, 60s e ao final das contrações isométricas submáximas de 15%, 30% e 40% em relação ao repouso pré exercício na avaliação pré-treinamento. Dados em média \pm erro padrão.

VFC durante contrações isométricas submáximas.

Na tabela 2 podemos observar os valores do índice RMSSD dos i-RR calculados nos 30s iniciais e finais de cada contração submáxima. Houve redução significativa do índice RMSSD do início para o final das contrações independente da intensidade. Nenhum efeito do treinamento foi observado no índice RMSSD durante as CIS.

Tabela 2: Pico de torque excêntrico e isométrico, duração das contrações isométricas submáximas (CIS), variações da FC (Δ FC) nos 10s, 30s, 60s e ao final das CIS e final da contração voluntária isométrica máxima (CVIM), e índices RMSSD dos iRR nos 30s iniciais e finais nas CIS.

	Pré treinamento	Pós treinamento
Pico de torque excêntrico (N.m)		
extensão	210,02 \pm 38,46	252,71 \pm 60,95*
flexão	117,56 \pm 25,07	132,96 \pm 27,27*
Pico de torque isométrico(N.m)		
	177,58 \pm 24,95	195,22 \pm 31,85
Duração das CIS (s)		
15%	240 \pm 0	240 \pm 0
30%	203,4 \pm 55,03	217,9 \pm 50,13
40%	135,6 \pm 56,75	144,6 \pm 55,64
Δ FC em 15% (bpm)		
10s	4 \pm 6	2 \pm 3
30s	4 \pm 5	2 \pm 3
60s	5 \pm 4	6 \pm 3
final	7 \pm 5	5 \pm 4
Δ FC em 30% (bpm)		
10s	6 \pm 3	3 \pm 3
30s	7 \pm 4	8 \pm 7
60s	11 \pm 5	9 \pm 6
final	17 \pm 6	16 \pm 9
Δ FC em 40% (bpm)		
10s	10 \pm 7	10 \pm 6
30s	11 \pm 8	11 \pm 9
60s	14 \pm 6	15 \pm 8
final	24 \pm 11	25 \pm 13
Δ FC na CVIM (bpm)		
final	20 \pm 7	19 \pm 6
RMSSD em 15% (ms)		
30s iniciais	19,53 \pm 6,97†	18,33 \pm 13,32†
30s finais	17,90 \pm 9,38	15,51 \pm 9,81
RMSSD em 30% (ms)		
30s iniciais	17,66 \pm 5,54†	16,86 \pm 7,74†
30s finais	14,07 \pm 6,75	11,24 \pm 4,67
RMSSD em 40% (ms)		
30s iniciais	17,02 \pm 5,63†	15,42 \pm 4,12†
30s finais	9,69 \pm 5,06	9,74 \pm 3,18

Dados em média \pm DP, *p<0,05 entre o pré e pós treinamento, †p<0,05 entre o índice RMSSD nos 30s iniciais e finais das CIS

Tabela 3: Valores de p para o fator tempo de contração na interação entre tempo (Δ FC 10s, Δ FC 30s, Δ FC 60s e Δ FC final) e intensidade de contração isométrica submáxima (15%, 30% e 40%). Δ FC = variação da frequência cardíaca, vs = *versus*, ns = não significante estatisticamente, $p > 0,05$.

	Δ FC 10s	Δ FC 30s	Δ FC 60s	Δ FC final
15% vs 30%	ns	ns	0,032	0,01
15% vs 40%	0,022	0,015	0,001	0,0001
30% vs 40%	ns	ns	ns	ns

Tabela 4: Valores de p para o fator intensidade de contração na interação entre tempo (Δ FC 10s, Δ FC 30s, Δ FC 60s e Δ FC final) e intensidade de contração isométrica submáxima (15%, 30% e 40%). Δ FC = variação da frequência cardíaca, vs = *versus*, ns = não significante estatisticamente, $p > 0,05$.

	15%	30%	40%
ΔFC 10s vs ΔFC 30s	ns	ns	ns
ΔFC 10s vs ΔFC 60s	ns	0,003	0,012
ΔFC 10s vs ΔFC final	ns	0,0001	0,000007
ΔFC 30s vs ΔFC 60s	ns	0,026	0,002
ΔFC 30s vs ΔFC final	ns	0,0009	0,00001
ΔFC 60s vs ΔFC final	ns	0,007	0,00008

3.4 DISCUSSÃO

Em nosso estudo houve um aumento na força isométrica e excêntrica, porém somente a última apresentou diferença estatisticamente significativa, mostrando a especificidade do treinamento utilizado. Nossos dados estão de acordo com Symons et al (2005) e Paddon-Jones et al (2001) que relataram um maior ganho de força muscular no tipo de contração utilizada durante o treinamento. Após o treinamento não ocorreu aumento significativo no tempo de execução das contrações isométricas submáximas. Uma possível explicação para este resultado é a especificidade do treinamento utilizado, no entanto Ray e Carrasco (2000) utilizaram contrações isométricas submáximas tanto na avaliação como no treinamento e obtiveram dados similares aos nossos, ou seja, não alteração na duração das contrações na avaliação pós-treinamento.

Com relação ao padrão de resposta da FC ao exercício isométrico, estudos prévios com bloqueio farmacológico (MACIEL et al, 1985, 1987; MARTIN et al, 1974) relatam que este é baseado numa dinâmica bifásica tempo dependente. A fase inicial é caracterizada pelo aumento rápido da FC nos primeiros 10s de exercício, decorrente da retirada vagal. Em seguida, com a manutenção da contração ocorre um gradual aumento na FC devido à contribuição simpática. Este mesmo padrão de resposta da FC foi observado em nosso estudo

e também por outros autores que não utilizaram bloqueio farmacológico (RAY e CARRASCO 2000; HUNTER; CRITCHLOW e ENOKA, 2005; IELLAMO et al, 1997; MACIEL et al, 1989; SEALS, 1993).

O padrão de resposta da FC ao exercício isométrico também está na dependência da intensidade da contração. A literatura tem relatado para diferentes grupos musculares que em intensidades acima de 20% CVIM ocorre um aumento significativo dos valores de FC (GALVEZ et al, 2000; HUNTER; CRITCHLOW e ENOKA, 2005; IELLAMO et al, 1997; MACIEL et al, 1989; RAY e CARRASCO 2000; SEALS, 1993) e que a magnitude de taquicardia está diretamente relacionada com a intensidade do exercício (FUNDERBURK et al, 1974; GALVEZ et al, 2000; MACIEL et al, 1989; SEALS, 1993), o que foi confirmado em nosso estudo. Em intensidades menores, como 15% CVIM, não observamos alterações significativas nas variações entre a FC de repouso e a FC durante as CIS. Resultado similar foi obtido por Mitchell et al, (1989), porém estes avaliaram exercício de *handgrip*, portanto uma menor massa muscular em comparação aos músculos extensores do joelho.

Na análise dos nossos resultados observamos a interação entre os fatores tempo de exercício e intensidade de contração. Assim, os maiores % CVIM geraram maiores valores de FC. No decurso do tempo as intensidades de 30 e 40% a partir de 30s geraram um aumento significativo nas variações da FC. Esses resultados têm uma significância clínica, dessa forma ressaltamos que na prescrição de exercício isométrico devam ser avaliadas não só a intensidade, mas também o tempo de contração, uma vez que mesmo baixas intensidades de esforço mantidas por tempo prolongado geram sobrecarga cardíaca e acentuação da atividade simpática, podendo desencadear eventos arrítmicos. Fato potencialmente perigoso para pacientes com doença da artéria coronária, especialmente se esta não foi previamente diagnosticada. Dessa forma, assim como Iellamo et al (1997), também sugerimos uma avaliação cardiológica antes dos indivíduos iniciarem um programa de reabilitação ortopédica mesmo em intensidades submáximas, especialmente em indivíduos cardiopatas, portadores de fatores de risco para doença arterial coronariana ou com idade avançada.

O treinamento resistido do tipo excêntrico, por sua vez não modificou a FC de repouso nem a resposta da FC ao exercício isométrico. Estes resultados podem ser atribuídos a especificidade e duração do treinamento, a massa muscular treinada (somente os músculos extensores e flexores de joelho e não diversos grupos musculares), bem como o tempo de estímulo de exercício durante cada sessão não ter sido suficiente (cerca de 20 minutos) para provocar maiores adaptações no controle autônomo da FC. Nossos dados estão de acordo com outros estudos (CARTER et al, 2003; COOKE e CARTER, 2005; RAY e CARRASCO

2000; TAYLOR et al, 2003) que não observaram alterações na FC de repouso em diferentes populações (jovens, idosos, saudáveis e doentes) e diferentes modalidades de treinamento de força (isometria e isotonia). Além disso, de acordo com o nosso conhecimento, o presente estudo foi o primeiro a avaliar o efeito do treinamento excêntrico na resposta da FC durante o exercício isométrico em idosos. Outros autores avaliaram outros tipos de treinamento, o *endurance* de membro inferior (MACIEL et al, 1989) e o *handgrip* (RAY e CARRASCO 2000), sendo que nestes estudos também não foram observados efeitos do treinamento na resposta da FC durante exercício isométrico.

Em relação a VFC, o índice RMSSD dos iR-R dos 30s iniciais para os 30s finais das contrações isométricas submáximas apresentou redução dos seus valores independente da intensidade avaliada, sugerindo uma menor atuação vagal e maior contribuição simpática com o decorrer do exercício. Estes dados são concordantes com o estudo de Iellamo et al (1999) que avaliou a VFC, durante a isometria dos músculos extensores do joelho em 30% CVIM, por meio da análise espectral e observou aumento significativo da banda de baixa frequência (que reflete o componente simpático) e redução da banda de alta frequência em unidades normalizadas (que reflete o componente parassimpático).

No que diz respeito ao efeito do treinamento resistido sobre a VFC, a maioria dos estudos na literatura têm focado esta variável somente na situação de repouso (COOKE e CARTER, 2005; FORTE, DE VITO E FIGURA, 2003; TAYLOR et al, 2002). Dentre estes somente o de Taylor et al (2002) que avaliou indivíduos idosos hipertensos, observou aumento da banda de alta frequência na VFC de repouso após treinamento de *handgrip* com 30% da CVIM. Em nosso estudo foram avaliadas a VFC de repouso na postura supina e sentada e durante a isometria e não foram observadas evidências de alterações deste parâmetro no domínio do tempo. Este resultado pode ser devido aos mesmos motivos já expostos anteriormente relacionados a não modificação da resposta da FC, adicionado ao fato de que com o envelhecimento ocorre uma redução da VFC (JENSEN-URSTAD et al, 1997; CATAI et al, 2002; MELO et al, 2005) o que pode contribuir para uma menor adaptação desta variável. Esta hipótese também foi sugerida por Forte et al (2003) ao estudar o efeito do treinamento de resistência dinâmica em mulheres idosas. No entanto, Cooke e Carter (2005) ao investigarem o efeito do treinamento de força em jovens saudáveis também não observaram alterações na VFC de repouso avaliada no domínio do tempo e da frequência.

Nossos resultados devem ser considerados tendo em vista a limitação da ausência de um grupo controle. No entanto, tivemos dificuldades na seleção de voluntários idosos

saudáveis devido à alta ocorrência de certas doenças nesta faixa etária, como por exemplo, diabetes, hipertensão arterial, artrose ou ainda uso de medicação.

Contudo o presente estudo traz contribuições importantes quanto ao efeito do treinamento de força excêntrica na modulação do sistema autônomo na FC avaliada no repouso e durante exercício isométrico em idosos. Embora o treinamento tenha melhorado a força, este não foi capaz de modificar a resposta da FC e a sua variabilidade, avaliada no domínio do tempo, na condição de repouso nem durante a realização de contrações isométricas submáximas. Dessa forma, ainda são necessários mais estudos para avaliar o efeito de outras metodologias de treinamento resistido, em outros grupos musculares, bem como o uso de outros tipos de análise da VFC como, por exemplo, a análise espectral e a análise não linear em condições de repouso e de exercício.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS FUTUROS

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS FUTUROS

O presente estudo forneceu contribuições importantes quanto ao efeito do treinamento de força excêntrica na modulação do sistema autônomo na FC. Apesar deste tipo de treinamento melhorar a força excêntrica este não causou adaptações suficientes para promover alterações no controle autonômico da FC no repouso e durante exercício isométrico. Adicionalmente, os resultados referentes ao efeito agudo das contrações isométricas submáximas na FC se revestem de grande importância clínica, no que diz respeito à prescrição de exercício isométrico. Uma vez que foi observado interação entre a intensidade e tempo de contração, ou seja, mesmo contrações submáximas mantidas por tempo prolongado causaram aumento significativo nas variações da FC.

No sentido de aprofundar ainda mais os resultados e conclusões do presente estudo espera-se num próximo trabalho:

- Incluir dois grupos: sendo um controle, composto por idosos e outro composto por jovens;
- Aplicar novas rotinas de análise da VFC, durante o repouso e durante o exercício isométrico, como *detrend fluctuations analysis* e *wavelets*, que no momento estão sendo desenvolvidas em nosso laboratório.
- Iniciar estudos sobre o efeito do treinamento excêntrico em indivíduos cardiopatas e portadores de fatores de risco para doença da artéria coronária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSM: AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position Stand on Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, p. 364-380, 2002.

ACSM: AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position Stand on Exercise and physical activity for older adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, p. 992-1008, 1998.

CARTER, J. R. et al. Strength training reduces arterial blood pressure but not sympathetic neural activity in young normotensive subjects. **J Appl Physiol**, v. 94, p. 2212-2216, 2003.

CASTRO, C. L. B.; NOBREGA, A. C. L.; ARAÚJO, C. G. S. Teste autonômicos cardiovasculares. Uma revisão Crítica. Parte I. **Arq Bras Cardiol**, v. 59, n. 1, p. 75-85, 1992a.

CASTRO, C. L. B.; NOBREGA, A. C. L.; ARAÚJO, C. G. S. Teste autonômicos cardiovasculares. Uma revisão Crítica. Parte II. **Arq Bras Cardiol**; v. 59, n. 2, p. 151-158, 1992b.

CATAI, A. M. et al. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. **Braz J Med Res**, v. 35, p. 741-752, 2002.

CIOLAC, E.G.; GUIMARÃES, G. V. Importância do exercício resistido para o idoso. **Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo**, n. 6, (suppl A), p. 15-26, 2002.

COOKE, W. H.; CARTER, J. R. Strength training does not affect vagal-cardiac control or cardiovagal baroreflex sensitivity in young healthy subjects. **Eur J Appl Physiol**, n. 93, p. 719-725, 2005.

COOPER, C. B.; STORER, T. W. **Exercise testing & interpretation: a practical approach**. Port Chester, NY, USA: Cambridge University Press, p.232, 2001.

DVIR, Z. **Isocinética : avaliações musculares, interpretações e aplicações clínicas**. 1. ed. Barueri: Manole. 2002.

EVANS, W. J. What's sarcopenia? **J Gerontol**, v. 50 (A), p. 5-8, 1995.

EVANS, W. J. Exercise training guidelines for the elderly. **Med Sci Sports Exerc**, n. 31, p. 12-17, 1999.

FORTE, R.; De VITO, G.; FIGURA, F. Effects of dynamic resistance training on heart rate variability in healthy older women. **Eur J Appl Physiol**, v. 89, p. 85-89, 2003.

FRONTERA, W. R. et al. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. **J Appl Physiol**, n. 64, p. 1038-1044, 1988.

FUNDERBURK, C. F. et al. Development of and recovery from fatigue induced by static effort at various tensions. **J Appl Physiol**, n. 37, p. 392-396, 1974.

GAFFNEY, F. A.; SJOGAARD, G.; SALTIN, B. Cardiovascular and metabolic responses to static contraction in man. **Act Physiol Scand**, n. 138, p. 249-258, 1990.

GALVEZ, J. M. et al. Effect of muscle mass and intensity of isometric contraction on heart rate. **J Appl Physiol**, n. 88, p.487-492, 2000.

GOUVÊA, E. C. et al. Implementação e incorporação dos módulos de análise de dados e emissão de relatórios ao sistema computacional de eletrocardiografia de esforço. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 6., 1998, São Carlos, **Anais...**São Carlos: UFSCar, 1998.

HATHER, B. M. et al. Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. **Acta Physiol Scand**, v. 143, p. 177-185, 1991.

HOHNLOSER, S. H.; KLINGENHEBEN, T. Basic autonomic tests. In: MALIK, M. (ed). **Clinical guide to cardiac autonomic tests**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 51-63.

HORSTMANN, T. et al. The cardiocirculatory reaction to isokinetic exercises in dependence on the form of exercise and age. **Int J Sports Med**, v. 15, p. S50-S55, 1994.

HUGGETT, D. L. et al. Comparison of heart rate and blood pressure increases during isokinetics eccentric versus isometric exercise in older adults. **J Aging Phys Acta**, v. 12, p. 157-169, 2004.

HUNTER, S. K.; CRITCHLOW, A.; ENOKA, R. M. Muscle endurance is greater for old men compared with strength-matched young men. **J Appl Physiol**, v. 99, p. 890-897, 2005.

IELLAMO, F. et al. Effects of isokinetic, isotonic and isometric submaximal exercise on heart rate and blood pressure. **Eur J Appl Physiol**, v. 75, p.89-96, 1997.

IELLAMO, F. et al. Muscle metaboreflex contribution to sinus node regulation during static exercise: Insights from spectral analysis of heart rate variability. **Circulation**, v. 100, p. 27-32, 1999.

JENSEN-URSTAD, K. et al. Heart rate variability in healthy subject is related to age and gender. **Acta Physiol Scand**, v. 160, p 235-241, 1997.

LAKATTA, E. G.; LEVY, D. Arterial and cardiac aging: major shareholds in cardiovascular diseases enterprises. Part II: the aging heart in health: links to heart diseases. **Circulation**, v. 107, p. 346- 354, 2003.

LASTAYO, P. C. et al. Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. **Am J Physiol**, v. 45, p. 611-615, 1999.

LIPSITZ, L. A. et al. Spectral characteristics of heart rate variability before and during postural tilt. Relations to aging and risk of syncope. **Circulation**, v. 81, p. 1803- 1810, 1990.

LIPORONE, M. A. et al. Aplicativo gráfico para a análise de dados relativos a frequência cardíaca obtidos a partir de eletrocardiograma e armazenados em arquivos. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 5.,1997, São Carlos, **Anais ...** São Carlos: UFSCar, p.64.

LONGO, A.; FERREIRA, D.; CORREIA, M. J. Variabilidade da frequência cardíaca. **Rev Port Cardiol**, v. 14, n. 3, p. 241-262, 1995.

MACALUSO, A.; De VITO, G. Mucle strenght, power and adaptations to resistance training in older people. **Eur J Appl Physiol**, v. 91, p. 450-472, 2004.

MACIEL, B. C. et al. Efficacy of pharmacological blockade of the cardiac parasympathetic system with atropine in normal men. **Braz J Med Biol Res**, v. 18, p. 303-308, 1985.

MACIEL, B. C. et al. Autonomic nervous control of the heart rate during isometric exercise in normal men. **Pflugers Arch**, v. 408, p. 173-177, 1987.

MACIEL, B. C. et al. Leg endurance trainnig has no effect on the autonomic control of heart rate during isometric exercise. **Braz J Med Biol Res**, v. 2, p. 225-232, 1989.

MARTIN, C. E. et al. Autonomic mechanisms in hemodynamic responses to isometric exercise. **J Clin Invest**, v. 54, p. 104-115, 1974.

MARÃES, V. R. F. S. et al. Identification of anaerobic threshold using heart rate response during dynamic exercise. **Braz J Med Biol Res**, v. 38, n. 5, p. 731-735, 2005.

MARÃES, V. R. F. S. et al. Modulação do sistema nervoso autonômico na resposta da frequência cardíaca em repouso e à manobra de Valsalva com o incremento da idade. **Rev Bras Fisiot**, v. 8, n. 2, p. 97-103, 2004.

MELO, R. C. et al. Effects of age and physical activity on the autonomic control of heart rate in healthy men. **Braz J Med Res**, v. 38, p.1331-1338, 2005.

MEYER, K. et al. Eccentric exercise in coronary patients: Central hemodynamic and metabolic responses. **Med Sci Sports Exerc**, v. 35, n. 7, p. 1076-1082, 2003.

MITCHELL, J. H. et al. Autonomic blockade and cardiovascular responses to static exercise in partially curarized man. **J Physiol**, v. 413, p. 433-445, 1989.

MITCHELL, J. H. Neural control of circulation during exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 22, p. 141-54, 1990.

NOVAIS, L. D. et al. Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca em repouso de homens saudáveis sedentários e de hipertensos e coronariopatas em treinamento físico. **Rev Bras Fisiot**, v. 8, n. 3, p. 207-213, 2004.

NOVAIS, L. D. **Determinação do limiar de anaerobiose por meio de consumo de oxigênio, frequência cardíaca e eletromiografia em homens saudáveis e coronariopatas de meia idade.** São Carlos, SP: UFSCar, 2006. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia - Universidade Federal de São Carlos.

OLIVEIRA, L. et al. Sistema computacional para a captação e processamento em tempo real de sinais de eletrocardiograma. In: REUNIÃO ANUAL DA FEDERAÇÃO DE SOCIEDADES DE BIOLOGIA EXPERIMENTAL, 11., 1996, Caxambu, **Anais...**, p. 317.

OVEREND, T. J. et al. Cardiovascular stress associated with concentric and eccentric isokinetic exercise in young and older adults. **J Gerontol**, v. 55a, p. 177-182, 2000.

PADDON-JONES, D. et al. Adaptation to chronic eccentric exercise in humans: the influence of contraction velocity. **Eur J Appl Physiol**, v. 85, p. 466-471, 2001.

PAGANI, M. et al. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in men and conscious dog. **Circ Res** v. 59, p. 178-193, 1986.

PERINI, R. et al. Heart rate variability during dynamic exercise in elderly males and females. **Eur J Appl Physiol**, v. 82, p. 8-15, 2000.

PITHON, K. R. et al. Comparação das respostas cardiorrespiratórias entre exercício de carga constante e incremental abaixo, acima e no limiar de anaerbiose ventilatório. **Rev Bras Fisiot**, v. 10, n. 2, p. 163-169, 2006.

POULIN, M. J. et al. Eccentric and concentric torques of knee and elbow extension in young and older men. **Can J Spt Sci**, v. 17, p. 3-7, 1992.

POZZI, L. G. et al. Determinação do limiar de anaerbiose de idosos saudáveis: comparação entre diferentes métodos. **Rev Bras Fisiot**, v. 10, n. 3, p. 333-338, 2006.

QUITÉRIO, R. J. et al. Correlação entre as respostas da frequência cardíaca, do torque e do sinal eletromiográfico ao exercício isométrico de flexão de joelho. **Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo**, v. 13, supl A, p. 2-14, 2003.

RAY, C. A.; CARRASCO, D. I. Isometric handgrip training reduces arterial pressure at rest without changes in sympathetic nerve activity. **Am J Physiol Heart Circ**, v. 279, p. 245-249, 2000.

REIS, M. S. et al. Análise da modulação autonômica da frequência cardíaca em homens sedentários jovens e de meia idade. **Fisioterapia em movimento**, v. 18, n. 2, p. 11-18, 2005.

REIS, M. S. et al. Efeitos do treinamento aeróbio sobre a variabilidade da frequência cardíaca e capacidade funcional de um homem submetido a implante de valva aórtica. **Fisioterapia em movimento**, v. 9, p. 25-34, 2006.

RIBEIRO, T. F. et al. Heart rate variability at resting conditions in postmenopausal and young woman. **Braz J Med Biol Res**, v. 34, p. 871-877, 2001.

SAKABE, D. I. et al. Análise da modulação autonômica do coração durante condições de repouso em homens de meia-idade e mulheres pós-menopausa. **Rev Bras Fisiot**, v. 8, n. 1, p. 89-95, 2004.

SANTOS, M. D. B. et al. Estudo da arritmia sinusal respiratória e da variabilidade da frequência cardíaca de homens jovens e de meia idade. **Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo**, v. 13, supl A, p. 15-26, 2003.

SANTOS, M. D. B. Estudo da variabilidade da frequência cardíaca em pacientes com infarto agudo do miocárdio submetidos à fisioterapia: fase I da reabilitação cardiovascular. São

Carlos, SP: UFSCar, 2006. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia - Universidade Federal de São Carlos.

SCHUIT, A. J. et al. Exercise training and heart rate variability in older people. **Med Sci Sports Exerc**, v. 31, p. 816-821, 1999.

SEALS, D. R. Influence of force on muscle and skin sympathetic nerve activity during sustained isometric contractions in humans. **J Physiol**, v. 462, p. 147-159, 1993.

SILVA, E. et al. Evaluation of electromyographic activity and heart rate responses to isometric exercise. The role played by muscular mass and type. **Braz J Med Biol Res**, v. 32, p. 115-120, 1999.

SILVA, E. et al. Design of a computerized system to evaluate the cardiac function during dynamic exercise. **Phys Med Biol**, v. 33, p. 409, 1994.

STEIN, P. K. et al. Effect of exercise training on heart rate variability in healthy older adults. **Am Heart J**, v. 138, p. 567-76, 1999.

SYMONS, T. B. et al. Effects of maximal isometric and isokinetic resistance training on strength and functional mobility in older adults. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 60, p. 777-781, 2005.

TASAKI, H. et al. Long-term follow-up of the circadian rhythm of heart rate and heart rate variability in healthy elderly patients. **Circ J**, v. 70, p. 889-895.

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **Circulation**, v. 93, p. 1043-1065, 1996.

TAKAHASHI, A. C. M. et al. Avaliação do controle autonômico da frequência cardíaca e determinação do limiar de anaerobiose em homens saudáveis e coronariopatas. **Rev Bras Fisiot**, v. 9, n. 2, p. 157-64, 2005.

TAYLOR, A. C et al. Isometric training lowers resting blood pressure and modulates autonomic control. **Med Sci Sports Exerc**, v. 35, p. 251-256, 2003.

WILLIAMS, G. N.; HIGGINS, M. J.; LEWEK, M. D. Aging skeletal muscle: physiologic changes and the effects of training. **Phys Ther**, v. 82, p. 62-68, 2002.

APÊNDICE**(artigo versão em inglês submetido à revista internacional)**

EFFECT OF ECCENTRIC STRENGTH TRAINING ON AUTONOMIC CONTROL OF HEART RATE IN OLDER MEN AT REST AND DURING ISOMETRIC EXERCISE.

Takahashi ACM¹; Quitério RJ^{1,2}; Melo RC¹; Silva E^{1,2}; Catai AM¹.

¹Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico. Depto de Fisioterapia. UFSCar. São Carlos - SP.

²Faculdade de Ciências da Saúde. FACIS - UNIMEP. Piracicaba - SP.

✉ Aparecida Maria Catai. Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico (NUPEF) – Depto de Fisioterapia – UFSCar. Via Washington Luiz, Km 235, CP: 676. São Carlos – SP – 13565-905. Fone: +55-16-33518705. Fax +55-16-33612081 e-mail: mcatai@power.ufscar.br

ABSTRACT

The purpose of the present study was to investigate the effect of eccentric strength training (ST) on autonomic control of heart rate (HR) evaluated at rest and during isometric exercise. Nine healthy men (62 ± 2 years old) were submitted to 12 weeks of ST for knee extensors and flexors muscles (2x/week, 2-4 series of 8-12 repetitions, 70-80% of eccentric peak torque). Before and after the ST, the HR and its variability (HRV) were evaluated at rest (supine and seated conditions) and during the sub-maximal isometric voluntary contractions (SIVC; 15, 30 and 40% of maximal voluntary contraction) of knee extension which were performed during 240s or until exhaustion. The variation (Δ) between the resting HR and HR at 10, 30, 60s and end of contraction during each SIVC was analyzed. The HRV was evaluated by the RMSSD index, which was determined at rest and during SIVC. The ANOVA two-way (repeated measures) and t-test was utilized for statistical analysis ($p < 0.05$). The ST increased the eccentric torque (extension: 210 ± 38 to 252.7 ± 61 N.m, flexion: 117.6 ± 25.1 to 133 ± 27.3 N.m), but did not change the HR and HRV at rest, the isometric peak torque and the duration of SIVC. During the SIVC, the pattern of HR response and the RMSSD index was similar for the pre- and post training. Despite the ST increased the eccentric torque, it did not generate changes in the autonomic control of heart rate at rest and during the SIVC.

Key words: heart rate, autonomic nervous system, heart rate variability, isometric exercise, strength training.

INTRODUCTION

The maximum force generation capacity of an individual reaches its peak between the second and third decades of life. From this period on, muscle strength declines by approximately 15% per decade in the 6th and 7th decades and about 30% thereafter (Macaluso and De Vito 2004; Mazzeo et al. 1998). However, several studies report the benefits of strength training, not only for developing musculoskeletal strength, but also for improving bone mineral density, insulin sensitivity and quality of life in older adults (Evans 1999; Frontera et al. 1988; Macaluso and De Vito 2004; Williams et al. 1995).

Amongst the types of exercises, the eccentric contraction has been studied more and more and recommended for strength training programs (Kramer et al. 2002; Overend et al. 2000; Poulin et al. 1992). Overend et al. (2000) suggest that eccentric isokinetic exercise is a very appropriate form of resistance exercise for training or rehabilitation in older adults because the eccentric strength may be more preserved with aging. Also, it generates greater torque than other modes of contraction and appears more protective of cardiovascular responses (lower values of heart rate and arterial pressure) in both maximal and submaximal protocols when compared to the cardiovascular responses of concentric and isometric exercises (Hugget et al. 2004; LaStayo et al. 1999; Overend et al. 2000). This low cardiovascular stress generated by eccentric exercise also was reported in coronary patients (Meyer et al. 2003) and in different ages (Horstmann et al. 1994). These studies observed lower or similar values of heart rate (HR) and arterial pressure with eccentric exercise compared with concentric. Despite a greater torque generated by eccentric exercise. Furthermore lower oxygen consumption, smaller arteriovenous oxygen difference and lower blood lactate concentration were observed during eccentric exercise (Meyer et al. 2003).

The literature reports the use of many types of tests to evaluate autonomic function on HR (Honloser and Klingenheben 1998). One of them is isometric exercise, mainly for handgrip (Galvez et al. 2000; Maciel et al. 1987; Maciel et al. 1989) and knee extension (Iellamo et al. 1997; Silva et al. 1999) exercises. This evaluation is possible because the cardiovascular, autonomic nervous and musculoskeletal systems show an interaction during the contraction (Mitchell et al. 1990). Besides, previous studies using pharmacological blockade (Martin et al. 1974; Maciel et al. 1985; Maciel et al. 1987) already reported the pattern of HR response to isometric exercise based on the action of two main components of the autonomic nervous system on HR: the parasympathetic and the sympathetic (Maciel et al. 1985; Maciel et al. 1987; Martin et al. 1974).

Another tool to evaluate the modulation of the autonomic nervous system on the heart is heart rate variability (HRV). This is used to indicate the oscillations between consecutive instantaneous heart rate that are modulated by sympathetic and parasympathetic activity on the sinus node (Malik et al. 1996). The aging process reduces the HRV (Catai et al. 2002; Jensen-Urstad et al. 1997, Lakatta and Levy 2003, Lipsitz et al. 1990, Melo et al. 2005, Pagani et al. 1986), which probably is related to intrinsic alterations of aging (Jensen-Urstad et al. 1997). Melo et al (2005) studied young and older men (active and sedentary) and reported a decrease of HRV with aging, but this decrease was attenuated by aerobic training. However the effect of force strength on HRV in older men was not established. Taylor et al (2003) evaluated the effect of isometric training (handgrip) in hypertensive patients. They observed increase in parasympathetic action. Forte et al (2003) studied older women and they did not observed changes in HRV after dynamic resistive training in cycle ergometer. Similar data were also reported in young men after 8 weeks of whole-body strength training (Cooke and Carter 2005).

The eccentric strength training programs are recommended as an important component for improving the quality of life. Nevertheless, longitudinal studies investigating the influence of eccentric strength training on autonomic modulation of heart rate do not exist. On the basis of these considerations, the purpose of the present study was to test the hypothesis that eccentric strength training is capable of modifying the modulation of the autonomic nervous system on HR and HRV responses evaluated at rest and during the isometric exercise.

METHODS

Subjects

Twenty-eight apparently healthy older men (age range 60 – 69 years old) volunteered to participate in this study, but only twelve of them were able to participate and only nine completed the strength training. The size of the sample necessary to detect differences in HR for the interventions planned was estimated on the basis of a previous pilot study. To detect differences of at least 5 beats/min between interventions ($1-\beta = 0.8$, $\alpha = 0.05$), sample size was estimated to be 10 participants. The remaining nine subjects (age = 62 ± 2.0 , weight = 72.52 ± 7.67 , height = 1.69 ± 0.05 , body mass index = 25.43 ± 1.92) were in good health based on clinical and physical examination and laboratory tests that included a standard electrocardiogram (ECG), maximum exercise test conducted by physician, chest X-ray, total blood count, urinalysis and clinical biochemical screen test (glucose, uric acid, total

cholesterol and fractions, and triglycerides). Subjects that had hypertension, diabetes, chronic obstructive pulmonary disease, neurological injuries, cardiovascular, respiratory and muscle skeletal diseases were excluded from the study. Subjects were also excluded if they were current smokers, alcoholics, taking any type of medication, or if they had participated in a regular strength training program in the 6 months prior to the study. The subjects were informed about the experimental procedures and signed an informed consent form approved by the Ethics Committee of the Institution.

Experimental Procedures

All subjects were evaluated at the same time of day in order to respect the different responses due to circadian changes. The experiments were carried out in a climatically controlled room at 22-23°C and relative air humidity at 50-60%, and performed on different days separated by a 5-7 day interval among each protocol. Before the day of the experiment, the subjects were taken to the experimental room for familiarization with the procedures and the equipment to be used. Each subject had been oriented to avoid caffeinated and alcoholic beverages and to not perform moderate and heavy exercise on the day before the application of the protocols. Before beginning the test on each experimental day, the subjects were interviewed and examined to confirm their state of good health, the occurrence of a normal night's sleep, and to confirm that the control conditions (HR and systemic blood pressure) were within the normal range.

During the all experiments (i.e., Protocols I, II and III which are described below) the subjects were monitored at the CM5 lead to register HR and R-R intervals. The electrocardiogram (ECG) and HR were obtained from a one-channel heart monitor (TC 500, ECAFIX, São Paulo, SP, Brazil) with a sampling frequency of 500 Hz and processed using an analog-digital converter Lab.PC+ (National Instruments, Co., Austin, TX, USA), which is an interface between the heart monitor and a microcomputer. The signals were recorded in real time after analog to digital conversion and the R-R interval (ms) were calculated on a beat-to-beat basis using specific software (Silva et al. 1994). In addition, for all exercise protocols (i.e., Protocols II, III, IV and V which are described below) a non-invasive blood pressure (BP) measurement was taken before and after each effort, using the auscultatory method.

The oxygen uptake data ($\dot{V}O_2$), determined during an incremental cycle ergometer exercise to exhaustion using a specific metabolic analyzer (CPX-D, Medical Graphics, St. Paul, MN, USA), was used to better characterize the subjects and obtain their aerobic classification. According to the American Heart Association (Cooper and Stoker, 2001) that

classified aerobic capacity based on age and gender, the subjects studied had an "average level" of aerobic capacity ($\dot{V}O_2 \text{ peak} = 25.93 \pm 4.76 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

Experimental Protocol

Protocol I: Resting Condition.

First, the subjects were maintained at rest for 20 minutes for HR to return to control conditions. Then, the electrocardiogram data were obtained while subjects rested quietly, breathing spontaneously, in supine and seated positions (15 minutes in each condition).

Protocol II: Maximal Isometric Voluntary Contraction (MIVC).

The MIVC of knee extension of the dominant leg were tested at 60° of knee flexion (full extension = 0°) using an isokinetic dynamometer (Biodex Multi Joint System III, Biodex Medical System Inc., Shirley, NY, USA). The load cell was calibrated before each test by positioning and stabilizing the lever arm horizontally to the floor and hanging a known weight on the load cell. Before testing, the subjects performed a 4-min. light warm-up on a cycle ergometer followed by stretching of the quadriceps and hamstring muscles. After that, they were positioned on the dynamometer chair (seat back angle = 90°) and were stabilized using pelvis, chest and thigh straps. The rotational axis of the dynamometer was aligned with the lateral femoral epicondyle and the resistance pad positioned distally above the malleoli on the lower leg, still allowing for full ankle dorsiflexion. The gravity correction factor (additional torque produced by the leg segment and resistance pad weights) was determined at about 60° below horizontal position, with the subject relaxed.

The subjects performed 3 sets of MIVC (duration = 10 s), with a resting period of 10-15 min between each. A long recovery period was established to ensure that HR and blood pressure returned to the basal values and the tested muscle recovered from the maximal effort (Funderburk et al., 1974). In this protocol, the HR was recorded at rest (60 s), during the isometric contraction (10 s) and at recovery (only the first 2 minutes of entire recovery). During the MIVC trials, the subjects were motivated with loud and consistent verbal encouragement and instructed to pay attention to visual feedback generated by screen of isokinetic dynamometer, to avoid contractions of others muscles, to keep breathing spontaneously and to avoid the occurrence of Valsalva maneuver checked by absence of bradycardia after the contraction. The highest value obtained of all maximum efforts was used as the peak torque (PT) value (N.m).

Protocol III: Submaximal Isometric Voluntary Contraction.

The subjects were submitted to three submaximal isometric voluntary contractions (SIVC) of knee extension. The first contraction was performed at 15%, the second at 30% and the last at 40% of the maximal isometric PT determined in Protocol II. The procedures related to the isokinetic dynamometer calibration, subject preparation and instructions were the same as described above in Protocol II. The submaximal contractions were performed subsequently in a fixed order (i.e., 15, 30 and 40%) with a resting period of 15-20 min. between each level. This long recovery period was established to ensure that HR and blood pressure returned to the basal values. In addition, a fixed order of submaximal contraction was adopted, instead of a random order, to minimize the influence of metabolites produced by the great mechanical blood occlusion (i.e., high intensity level of submaximal isometric contraction) on the low intensity level responses. The literature reports that the intensity of isometric action has a positive correlation with mechanical blood occlusion degree and, consequently, it intensifies the reduction of blood perfusion, pH and increases the excess of metabolites (Gaffney et al. 1990).

Each submaximal contraction was maintained during 240 s or until the exhaustion, which was confirmed when the subject was not able to maintain the stipulated torque for more than 5 s (Hunter et al. 2005). In this protocol, the HR was recorded at rest (60 s), during the submaximal isometric contraction and at recovery (only the first 2 minutes of entire recovery).

Protocol IV: Maximal Eccentric Voluntary Contraction.

To estimate the strength gains in response to the strength training (ST) program, isokinetic eccentric (ECC) knee extension and flexion PT were measured before and after training. Eccentric knee extension and flexion PT of the dominant leg were tested at 60°/s, through a range of 90° to 30° knee flexion (full extension = 0°), using reactive mode (i.e., ECC/ECC cycles) and measured using an isokinetic dynamometer (Biodex Multi Joint System III, Biodex Medical System Inc., Shirley, NY, USA). The procedures related to the isokinetic dynamometer calibration and subject preparation were the same as described above in the Protocol II. The subjects performed three sets of five maximal eccentric cycles, with a resting period of 120 s between each set. During the maximal efforts trials, participants were motivated with loud and consistent verbal encouragement. The highest value obtained of all maximal efforts was used as the PT value (N.m).

Protocol V: Strength Training Program

The ST program consisted of 2-4 sets of bilateral knee eccentric flexion and extension on the same isokinetic dynamometer. Subjects trained 2d.wk⁻¹ for 12 wks and performed 8-12 repetitions with resistance equaling approximately 70-80% PT. Each set was followed by a 2 min rest period. The range and velocity of movement were the same of the initial evaluation (protocol IV). The PT was measured at the beginning of the training period and every two weeks thereafter until the training period was completed. Each training session started with a light, four-minute warm-up on a cycle ergometer followed by supervised stretching of the quadriceps and hamstring muscle groups

Data Analysis

To analyze HR response during isometric contraction, the variation (Δ) between resting HR (60s pre-contraction) and the HR at 10, 30, 60s and the end of contraction (Δ_{10} , Δ_{30} , Δ_{60} and Δ_{end} of contraction, respectively) of each submaximal contraction were calculated. For the maximal contraction, which had a duration of 10s, the Δ was calculated between the resting HR and the HR peaks observed at the end of contraction.

The HRV was analyzed by the time domain methods utilizing the RMSSD index (the square root of the mean sum of the squares of the difference between adjacent normal iR-R in the record divided by the number of R-R intervals within a given time minus one). To analyze HRV, five minutes of the highest stability section of iR-R registered at rest (i.e, supine and seated position) were selected and, then, the RMSSD index was calculated. To evaluate the autonomic control during the sub-maximal isometric contraction, the RMSSD index was calculated in the first (30s) and last (30s) iR-R section of each contraction.

Statistical Analysis

The effect of strength training on torque, duration of contraction and resting HRV was assessed by t-test for dependent samples. The effects of time and intensity of sub-maximal isometric contraction on the HR responses were evaluated by two-way ANOVA for repeated measures followed by, when appropriate, post test (planned comparison analysis). All data are presented as means \pm SD and the level of significance was set at $p < 0.05$.

RESULTS

HR and Resting HRV

No strength training effect was observed for the HR and RMSSD indexes in both resting conditions studied (Table 1).

<< Insert Table 1 >>

Torque and Exercise Duration

No significant changes in the maximal isometric PT and execution time of each sub-maximal isometric contraction were observed after the strength training period. However, a strength training effect was observed for the eccentric PT (extension = 210.02 ± 38.46 to 252.71 ± 60.95 N.m; flexion = 117.56 ± 25.07 to 132.96 ± 27.27 N.m) (Table 2).

HR Responses during the Isometric Contractions.

Table 2 presents the mean \pm SD values of Δ HR during SIVC and MIVC calculated before and after strength training. The strength training did not modify the heart rate response during maximal and submaximal isometric contractions (Table 2).

Figure 1 illustrates the variation of HR in time course analysis during the submaximal isometric contractions in pre training evaluation. The initial evaluation showed interaction between time of contraction and level of force. The results of statistical analysis are presented in table 3 and 4. For the time of contraction factor, statistical significance was observed between 15% and 30% MIVC for $\Delta 60$ and Δ end of contraction and between 15% and 40% for $\Delta 10$, $\Delta 30$, $\Delta 60$ and Δ end of contraction (Table 3). For the level of force factor, statistical difference was noted between $\Delta 10$ and $\Delta 60$, between $\Delta 10$ and Δ end of contraction, between $\Delta 30$ and $\Delta 60$, between $\Delta 30$ and Δ end of contraction and between $\Delta 60$ and Δ end of contraction for only 30 and 40% MIVC (Table 4).

HRV during the Sub-maximal Isometric Contraction.

The RMSSD index values calculated in the two pre-selected windows (i.e, 30s in duration at the initial and ending of R-R intervals data) for each level of force are presented in Table 2. Significant decrease of the RMSSD index was observed during the isometric contraction, independent of intensity. No strength training effect was observed in the RMSSD index during the isometric exercise.

<< Insert Figure 1 >>

<< Insert Table 2 >>

<< Insert Table 3 >>

<< Insert Table 4 >>

DISCUSSION

Our study observed an increase in isometric and eccentric force, however only the eccentric force presented a significant difference, showing the specificity of the training used. Our data are in agreement with Symons et al. (2005) and Paddon-Jones et al. (2001) that showed the greatest gains in strength generated by the training that used specific muscle contraction. After the training, no significant increase in the time of submaximal isometric contraction was found. A possible explanation for these results is the use of contraction-specific training in the present study. However, Ray et al. (2000) used submaximal isometric contraction during evaluation and training and they obtained similar results.

Previous studies using pharmacological blockade (Maciel et al. 1985; Maciel et al. 1987; Martin et al. 1974) report that the pattern of HR response to isometric exercise is based on a biphasic mechanism that is time dependent. In the beginning of contraction the fast elevation in HR occurs due a vagal withdrawal. With the continuation of isometric exercise a gradual tachycardia becomes evident and it is attributed a sympathetic contribution. This pattern of HR response was observed in our study and also by authors who did not use a pharmacological blockade (Hunter et al. 2005; Iellamo et al. 1997; Maciel et al. 1989; Ray et al. 2000; Seals 1993).

The HR response to isometric exercise also is dependent on the levels of contraction. For different muscle groups the literature has related a significant increase on HR in levels of force beyond 20% of maximal voluntary contraction (Galvez et al. 2000; Hunter et al. 2005; Iellamo et al. 1997; Maciel et al. 1989; Ray et al. 2000; Seals 1993) and that the magnitude of the tachycardia is directly related to intensity of contraction (Funderburk et al. 1974; Galvez et al. 2000; Maciel et al. 1989; Seals 1993). These data are in agreement with the present study. The low level of force (15% MIVC) did not elicit a significant increase on Δ HR. This result is in accordance with Mitchell et al. (1999), however they evaluated the handgrip exercise, so less muscle mass than the muscles of knee extension.

In the present study the interaction of the time of contraction and level of force was observed. Thus the greater %MIVC evoked greater increases in HR. In the time-course analysis, 30 and 40% MIVC generated a significant increase in Δ HR from 30s until the end of the exercise. There are evident clinical implications ensuing from these results. Thus, we

emphasized that an isometric exercise prescription should evaluate not only the %MIVC but also the time of contraction inasmuch as even submaximal contractions maintained for a long period yield elevated functional stress on the heart rate and increase sympathetic activity that may precipitate arrhythmic events. These potentially harmful events would be worse in patients with coronary artery disease, especially if it is unrecognized or silent. So, in accordance with Iellamo et al. (1997), we also suggest a cardiovascular examination before subjects undergo orthopedic rehabilitation exercise protocols of even submaximal intensity, particularly for cardiac patients, patients with risk factors for coronary artery disease and patients of advanced age.

The eccentric strength training modified neither the resting HR nor the HR response to isometric exercise. These results could be attributed to the specificity of training, the time of training, the muscle mass involved (only flexors and extensor of knee in contrast to a whole-body training) and to the training stimulus that was not sustained for a sufficient period of time during each exercise session to influence these variables (about 20 minutes). Our data are in agreement with other studies (Carter et al. 2003; Cooke and Carter 2005; Ray et al. 2000; Taylor et al. 2003) that did not observe alteration in HR resting in different groups (young, older, healthy and sick subjects) and different types of strength training (isometric, isotonic). Furthermore, to our knowledge, this is the first study in which the effect of eccentric strength training on HR response to isometric exercise was evaluated in older men. Other authors studied other types of training: leg endurance (Maciel et al. 1989) and handgrip (Ray et al. 2000) and both of these studies also did not observe the effect of training on HR response to isometric exercise.

Concerning the HRV, the RMSSD index during SIVC showed a decrease at all force levels. It suggests a decrease of parasympathetic activity and an increase of sympathetic activity independent of force levels. These results are in accordance with Iellamo et al. (1999) who observed a significant decrease in the high frequency of normalized units (representative of parasympathetic control) and an increase in low frequency (representative of sympathetic control) when evaluating the power spectral analysis of HRV during isometric exercise of knee extension at 30% MIVC.

Regarding the effect of strength training on HRV, most of the studies have evaluated this variable only in the resting condition (Cooke and Carter 2005; Forte et al. 2003; Taylor et al. 2002). Of these studies, only Taylor et al. (2002) who evaluated hypertensive older adults reported an increase in high frequency post handgrip training at 30% MIVC. In the present study we did not observe changes on HRV in the time domain nor at resting (supine and

seated positions) during isometric exercise. Some possible explanations for these results could be the same as the reasons described previously for HR response to isometric exercise and HR resting unchanged. Moreover HRV decreased with age (Jensen-Urstad et al. 1997; Catai et al. 2002; Melo et al. 2005) which could have affected the “trainability” of HRV and made it less sensitive to training. This speculation also was suggested by Forte et al. (2003) when evaluating the effect of dynamic resistance training on HRV in older women. Nevertheless, Cooke and Carter (2005) also did not observe the effect of strength training on HRV in time and frequency domains in spite of the fact that the subjects of their study were young.

Our results should be considered in absence of the control group which is an important limitation of the present study. Nevertheless we had difficulty in selection of healthy older adults due a high occurrence of diabetes, arterial hypertension, knee arthrosis or use of medication. Twenty eight subjects apparently healthy volunteered but only 12 met the inclusion criteria. Then, of these selected subjects, only 9 finished the training.

The present study explored the relationship between the effect of eccentric strength training and autonomic modulation on HR evaluated at resting and during isometric exercise in older men. Although training have improved strength, it did not modify HR response and HRV (in the time domain) at rest or during submaximal isometric exercise. However, more studies are needed to evaluated others training stimuli, muscle mass and analysis of HRV as spectral and non-linear analysis at resting and exercise conditions.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to Prof^a Tânia de Fátima Salvini for allowing the use of isokinetic dynamometer.

REFERENCES

- Carter JR, Chester AR, Downs EM, Cooke WH (2003) Strength training reduces arterial blood pressure but not sympathetic neural activity in young normotensive subjects. *J Appl Physiol* 94: 2212-2216
- Catai AM, Chacon-Mikahil MPT, Martinelle FS, Forti VAM, Silva E, Golfetti R, Martins LEB, Szrajter JS, Wanderley JS, Lima-Filho EC, Milan LA, Marin-Neto JA, Maciel BC, Gallo JR L (2002) Effects of aerobic axercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. *Braz J Med Res* 35: 741-752

- Cooke WH, Carter JR (2005) Strength training does not affect vagal-cardiac control or cardiovagal baroreflex sensitivity in young healthy subjects. *Eur J Appl Physiol* 93: 719-725
- Cooper, CB, Storer, TW (2001) *Exercise testing & interpretation: a practical approach*. Cambridge University Press, Port Chester, NY, USA:, p.232
- Evans WJ (1999) Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 31:12-17
- Forte R, De Vito G, Figura F (2003) Effects of dynamic resistance training on heart rate variability in healthy older women. *Eur J Appl Physiol* 89: 85-89.
- Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP, Knuttgen HG, Evans WJ (1988) Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol* 64: 1038-1044
- Funderburk CF, Hipskind SG, Welton RC, Lind AR (1974) Development of and recovery from fatigue induced by static effort at various tensions. *J Appl Physiol* 37: 392-396
- Gaffney FA, Sjogaard G, Saltin B (1990) Cardiovascular and metabolic responses to static contraction in man. *Acta Physiol Scand* 138: 249-258
- Galvez JM, Alonso JP, Sangrador LA, Navarro G (2000) Effect of muscle mass and intensity of isometric contraction on heart rate. *J Appl Physiol* 88: 487-492
- Hohnloser SH, Klingenstein T, (1998) Basic autonomic tests. In: Malik M (ed). *Clinical guide to cardiac autonomic tests*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. pp 51-63
- Horstmann T, Mayer F, Fisher J, Maschmann K, Röcker K, Dickhuth (1994) The cardiocirculatory reaction to isokinetic exercises in dependence on the form of exercise and age. *Int J Sports Med* 15:S50-S55
- Huggett DL, Elliott ID, Overend TJ, Vandervoort AA (2004) Comparison of heart rate and blood pressure increases during isokinetic eccentric versus isometric exercise in older adults. *J Aging Phys Acta* 12: 157-169
- Hunter SK, Critchlow A, Enoka, RM (2005) Muscle endurance is greater for old men compared with strength-matched young men. *J Appl Physiol* 99: 890-897
- Iellamo F, Legramante JM, Raimondi G, Castrucci F, Damiani C, Foti C, Peruzzi G, Caruso I (1997) Effects of isokinetic, isotonic and isometric submaximal exercise on heart rate and blood pressure. *Eur J Appl Physiol* 75: 89-96
- Iellamo F, Pizzinelle P, Massaro M, Raimondi G, Peruzzi G, Legramante JM (1999) Muscle metaboreflex contribution to sinus node regulation during static exercise. Insights from spectral analysis of heart rate variability. *Circulation* 100: 27-32

- Jensen-Urstad K, Storck N, Bouvier F, Ericson M, Linblad LE, Jensen-Urstad M (1997) Heart rate variability in healthy subject is related to age and gender. *Acta Physiol Scand* 160: 235-241
- Kramer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooley C, Feigenbaum MS, Fleck SJ, Franklin B, Fry AC, Hoffman JR, Newton RU, Potteiger J, Stone MH, Ratamess NA, Triplett-McBride T, American College of Sports Medicine (2002) American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 34: 364-380
- Lakatta EG, Levy D (2003) Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular diseases enterprises. Part II: the aging heart in health: links to heart diseases. *Circulation* 107: 346-354
- LaStayo PC, Reich TE, Urquhart M, Hoppeler H, Lindstedt S (1999) Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. *Am J Physiol* 45: 611-615
- Lipsitz LA, Mietus J, Moody GB, Goldberger AL (1990) Spectral characteristics of heart rate variability before and during postural tilt. Relations to aging and risk of syncope. *Circulation* 81:1803-1810
- Macaluso A, De Vito G (2004) Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *Eur J Appl Physiol* 91: 450-472
- Maciel BC, Gallo Jr L, Marin-Neto JA, Terra-Filho J, Manço JC (1985) Efficacy of pharmacological blockade of the cardiac parasympathetic system with atropine in normal men. *Braz J Med Biol Res* 18: 303-308
- Maciel BC, Gallo Jr L, Marin-Neto JA, Martins LBE (1987) Autonomic nervous control of the heart rate during isometric exercise in normal men. *Pflugers Arch* 408: 173-177
- Maciel BC, Gallo Jr L, Marin-Neto JA, Martins LBE (1989) Leg endurance training has no effect on the autonomic control of heart rate during isometric exercise. *Braz J Med Biol Res* 2: 225-232
- Martin CE, Shaver JA, Leon DF, Thompson ME, Reddy PS, Leonard JJ (1974) Autonomic mechanisms in hemodynamic responses to isometric exercise. *J Clin Invest* 54: 104-115
- Malik JM, Bigger AT, Camm AJ, Kleiger RE, Malliani A, Moss AJ, Schwartz PJ. Task Force of the European Society of Cardiology and North American Society of Pacing And Electrophysiology (1996) Heart rate variability: Standards of measurement physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 93: 1043-1065

- Mazzeo RS, Cavanagh P, Evans WJ, Fiatarone M, Hagberg J, McAuley E, Startzelli J, American College of Sports Medicine (1998) American College of Sports Medicine Position Stand on Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 30: 992-1008.
- Melo RC, Santos MDB, Silva E, Quitério RJ, Moreno MA, Reis MS, Verzola IA, Oliveira L, Martins LEB, Gallo Jr L, Catai AM (2005) Effects of age and physical activity on the autonomic control of heart rate in healthy men. *Braz J Med Res* 38: 1331-1338
- Meyer K, Steiner R, Lastayo P, Lippuner K, Allemann Y, Eberli F, Schmid J, Saner H, Hoppeler H (2003) Eccentric exercise in coronary patients: Central hemodynamic and metabolic responses. *Med Sci Sports Exerc* 35(7):1076-1082
- Mitchell JH, Reeves Jr DR, Rogers HB, Secher NH, Victor RGB (1989) Autonomic blockade and cardiovascular responses to static exercise in partially curarized man. *J Physiol* 413: 433-445
- Mitchell JH. (1990) Neural control of circulation during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 22: 141-54.
- Overend TJ, Versteeg TH, Thompson E, Birmingham TB, Vandervoort AA (2000) Cardiovascular stress associated with concentric and eccentric isokinetic exercise in young and older adults. *J Gerontol* 55a: 177-182
- Paddon-Jones D, Leveritt M, Lonergan A, Abernethy P (2001) Adaptation to chronic eccentric exercise in humans: the influence of contraction velocity. *Eur J Appl Physiol* 85: 466-471
- Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, Rimoldi O, Furlan R, Pizzinelli P, Sandrone G, Malffatto G, Dell'Orto S, Piccaluga E, Turiel M, Baselli G, Cerutti S, Malliani A (1986) Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in men and conscious dog. *Circ Res* 59:178-193
- Poulin MJ, Vandervoort AA, Paterson DH, Kramer JF, Cunningham DA (1992) Eccentric and concentric torques of knee and elbow extension in young and older men. *Can J Spt Sci* 17: 3-7
- Ray CR, Carrasco DI (2000) Isometric handgrip training reduces arterial pressure at rest without changes in sympathetic nerve activity. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 279: 245-249
- Seals DR (1993) Influence of force on muscle and skin sympathetic nerve activity during sustained isometric contractions in humans. *J Physiol* 462: 147-159
- Silva E, Catai AM, Trevelin LC, Guimarães JO, Silva Jr LP, Oliveira L, Milan LA, Martins LEB Gallo Jr L (1994) Design of a computerized system to evaluate the cardiac function during dynamic exercise. *Phys Med Biol* 33: 409

Silva E, Oliveira L, Catai AM, Ferreira Filho P, Bérzin F, Gallo Jr L (1999) Evaluation of electromyographic activity and heart rate responses to isometric exercise. The role played by muscular mass and type. *Braz J Med Biol Res* 32: 115-120

Symons TB, Vandervoort AA, Rice CL, Overend TJ, Marsh GD (2005) Effects of maximal isometric and isokinetic resistance training on strength and functional mobility in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60: 777-781

Taylor AC, McCartney N, Kamath MV, Wiley RL (2003) Isometric training lowers resting blood pressure and modulates autonomic control. *Med Sci Sports Exerc* 35: 251-256

Williams GN, Higgins MJ, Lewek, MD (2002) Aging skeletal muscle: physiologic changes and the effects of training. *Phys Ther* 82: 62-68

Table 1

	Pre-training	Post-training
HR resting (bpm)		
supine	62 ± 11	65 ± 9
seated	62 ± 11	66 ± 9
RMSSD index at rest (ms)		
supine	28.53 ± 17.97	21.43 ± 8.39
seated	30.45 ± 20.79	18.86 ± 6.18

Table 2

	Pre-training	Post-training
Peak eccentric torque (N.m)		
extensor	210.02 ± 38.46	252.71 ± 60.95*
flexor	117.56 ± 25.07	132.96 ± 27.27*
Peak isometric torque (N.m)	177.58 ± 24.95	195.22 ± 31.85
Time of SVIC (s)		
15%	240 ± 0	240 ± 0
30%	203.4 ± 55.03	217.9 ± 50.13
40%	135.6 ± 56.75	144.6 ± 55.64
Δ HR at 15% (bpm)		
10s	4 ± 6	2 ± 3
30s	4 ± 5	2 ± 3
60s	5 ± 4	6 ± 3
end of contraction	7 ± 5	5 ± 4
Δ HR at 30% (bpm)		
10s	6 ± 3	3 ± 3
30s	7 ± 4	8 ± 7
60s	11 ± 5	9 ± 6
end of contraction	17 ± 6	16 ± 9
Δ HR at 40% (bpm)		
10s	10 ± 7	10 ± 6
30s	11 ± 8	11 ± 9
60s	14 ± 6	15 ± 8
end of contraction	24 ± 11	25 ± 13
Δ HR at MIVC (bpm)		
end of contraction	20 ± 7	19 ± 6
RMSSD index at 15% (ms)		
first 30s	19.53 ± 6.97†	18.33 ± 13.32†
last 30s	17.90 ± 9.38	15.51 ± 9.81
RMSSD index at 30% (ms)		
first 30s	17.66 ± 5.54†	16.86 ± 7.74†
last 30s	14.07 ± 6.75	11.24 ± 4.67
RMSSD index at 40% (ms)		
first 30s	17.02 ± 5.63†	15.42 ± 4.12†
last 30s	9.69 ± 5.06	9.74 ± 3.18

Data are reported as mean ± SD, *p< 0.05 compared to pre-training to post-training, †p<0.05 RMSSD index compared to the last 30s of the contractions.

Table 3

	Δ HR at 10s	Δ HR at 30s	Δ HR at 60s	Δ HR at end of contraction
15% vs 30%	ns	ns	0.032	0.01
15% vs 40%	0.022	0.015	0.001	0.0001
30% vs 40%	ns	ns	ns	ns

Table 4

	15%	30%	40%
ΔHR at 10s vs ΔHR at 30s	ns	ns	ns
ΔHR at 10s vs ΔHR at 60s	ns	0.003	0.012
ΔHR at 10s vs ΔHR at end of contraction	ns	0.0001	0.000007
ΔHR at 30s vs ΔHR at 60s	ns	0.026	0.002
ΔHR at 30s vs ΔHR at end of contraction	ns	0.0009	0.00001
ΔHR at 60s vs ΔHR at end of contraction	ns	0.007	0.00008

Legends

Figure 1: Heart rate variation (bpm) between resting (pre-exercise) and at 10s, 30s, 60s and end of contraction of the submaximal isometric contraction (15%, 30% e 40%) in pre-training evaluation . Data are reported as mean.

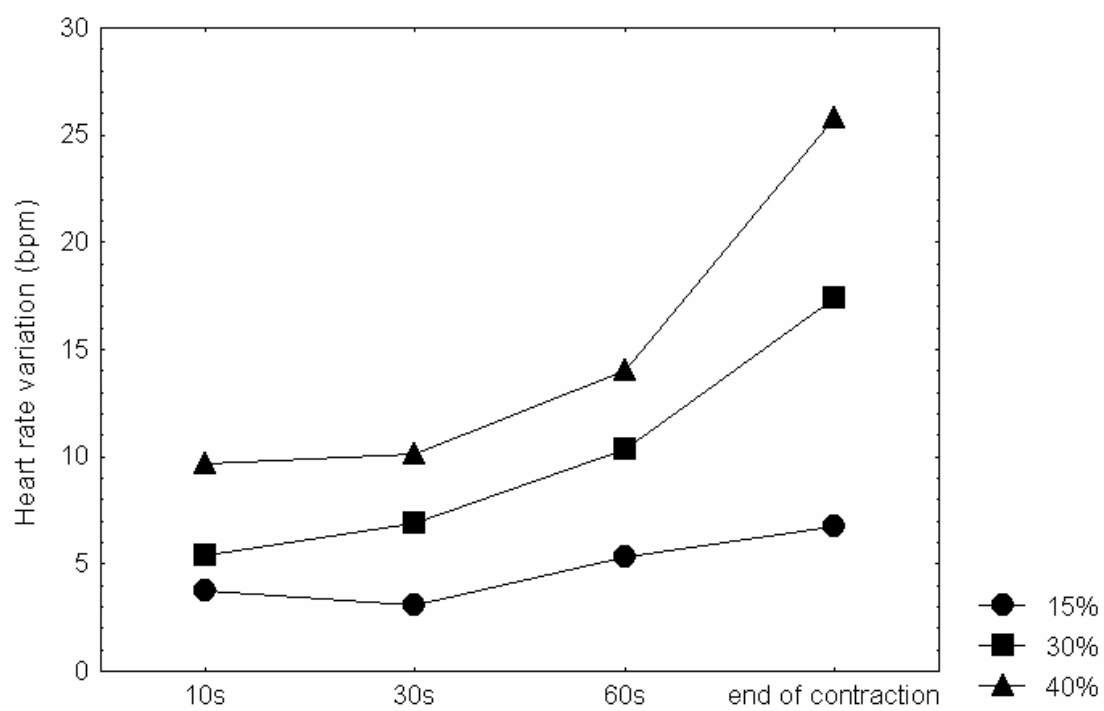
Table 1: Values of heart rate (HR) and RMSSD index at rest (supine and seated positions). Data are reported as mean \pm SD.

Table 2: Eccentric and isometric peak torques (N.m), duration of isometric submaximal voluntary contractions (SIVC), heart rate variations (Δ HR) at 10s, 30s, 60, and at end of SIVC, RMSSD index at first and last 30s of SIVC.

Table 3: p values for time of contraction factor in the interaction between time of contraction (Δ HR at 10s, Δ HR at 30s, Δ HR at 60s and Δ HR at end of contraction) and intensity of isometric submaximal contractions (15%, 30%, 40%). Δ HR = heart rate variation, vs = *versus*, = nonsignificant $p > 0.05$.

Table 4: p values for intensity of contraction factor in the interaction between time of contraction (Δ HR at 10s, Δ HR at 30s, Δ HR at 60s and Δ HR at end of contraction) and intensity of isometric submaximal contractions (15%, 30%, 40%). Δ HR = heart rate variation, vs = *versus*, = nonsignificant $p > 0.05$.

Figure 1



ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
 COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS
 Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676
 Fones: (016) 3351-8109 / 3351-8110
 Fax: (016) 3361-3176 - Telex 162369 - SCUF - BR
 CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil
 End. Eletrônico: propp@power.ufscar.br

CAAE 0021.0.135.000-05

Título do Projeto: Efeito do Treinamento de Força Excêntrica na Modulação Autonômica da Freqüência Cardíaca e nas Respostas da Eletromiografia Durante Contrações Isométricas Máximas e Submáximas

Classificação: Grupo III

Pesquisadores (as): Anielle Cristhine de Medeiros Takahashi, Profa. Dra. Aparecida Maria Catai

Parecer Nº 098/2005

1. Avaliação

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU: O presente estudo envolverá doze indivíduos adultos, do sexo masculino, com idade entre 60 e 70 anos. A pesquisa terá por finalidade avaliar o efeito do treinamento de força nas respostas de torque, da freqüência cardíaca e do sinal eletromiográfico ao exercício isométrico durante contração máxima e da variabilidade da freqüência cardíaca e sinal eletromiográfico durante contrações sobmáximas. O pesquisador garante que testes de triagem serão supervisionados por um médico cardiologista, no laboratório de Fisioterapia Cardiovascular. Durante os exercícios, a pressão arterial e a freqüência cardíaca serão monitorizadas. Como risco potencial, os sujeitos poderão referir dor muscular após os exercícios. O Termo de consentimento está completo. Mas como em outros projetos, o pesquisador utiliza a expressão "estou ciente da importância do protocolo que serei submetido e procurarei seguir com o programa, salvo algum problema que possa surgir que me impossibilite de participar". Na seqüência o pesquisador ameniza: "No entanto, tenho a liberdade de abandonar o programa, a qualquer momento, caso seja de minha vontade." Neste caso específico, entendemos que a frase acima apontada não compromete a aprovação do projeto.

2. Conclusão:

Projeto aprovado

3. Normas a serem seguidas

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, item III.2.e).



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS
Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676
Fones: (016) 3351-8109 / 3351-8110
Fax: (016) 3361-3176 - Telex 162369 - SCUF - BR
CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil
End. Eletrônico: propg@power.ufscar.br

- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente em ___/___/___ e ao término do estudo.

São Carlos, 7 de junho de 2005.

Prof. Dra. Márcia Niituma Ogata
Coordenadora do CEP/UFSCar

**ANEXO B – Carta de submissão do artigo na revista European Journal of Applied
Physiology.**

Catai

De: <ejap@makek.dstb.uniud.it>
Para: <mcatai@power.ufscar.br>
Enviada em: Thursday, January 18, 2007 3:56 PM
Assunto: Manuscript submitted - EJAP-00028-2007

Dear Dr. Catai,

I am pleased to acknowledge receipt of your manuscript entitled
"EFFECT OF ECCENTRIC STRENGTH TRAINING ON AUTONOMIC CONTROL OF
HEART RATE IN OLDER MEN AT REST AND DURING ISOMETRIC EXERCISE.",
(EJAP-00028-2007).

I would kindly ask you to send the Copyright Transfer Statement
duly filled and signed to the address reported below.
Please send it by fax and then send the original by mail. If
this is a revised version (EJAP-xxxx-200x.R1 or R2) you do not
need to send the copyright transfer statement again.

To know the status of your manuscript, please enter at
<http://ejap.manuscriptcentral.com/> and access your Author
Center, to view the name of the Responsible Editor for your
manuscript click on Submitted Manuscripts.

Thank you for submitting your paper to the European Journal of
Applied Physiology.

Yours sincerely,
Olimpia Aveta
Editorial office assistant

Fax: ++39 0432 494 301

Postal Address:
Professor Pietro Enrico di PRAMPERO
Università degli Studi di Udine
Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biomediche
4, Piazzale M. Kolbe
I - 33100 UDINE
I T A L I A