

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

EFEITO AGUDO E CRÔNICO DO EXERCÍCIO
RESISTIDO DE ALTA INTENSIDADE SOBRE O
TORQUE, ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DO
VASTO LATERAL E FREQUÊNCIA CARDÍACA DE
HOMENS IDOSOS

Robison José Quitério

Tese de Doutorado

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

EFEITO AGUDO E CRÔNICO DO EXERCÍCIO RESISTIDO
DE ALTA INTENSIDADE SOBRE O TORQUE, ATIVIDADE
ELETROMIOGRÁFICA DO VASTO LATERAL E
FREQUÊNCIA CARDÍACA DE HOMENS IDOSOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos, para obtenção do título de doutor em Fisioterapia.

Robison José Quitério

São Carlos
2007

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

Q6ea

Quitério, Robison José.

Efeito agudo e crônico do exercício resistido de alta intensidade sobre o torque, atividade eletromiográfica do vasto lateral e frequência cardíaca de homens idosos / Robison José Quitério. -- São Carlos : UFSCar, 2007. 134 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2007.

1. Envelhecimento. 2. Dinamômetro isocinético. 3. Exercício físico concêntrico. 4. Exercício físico excêntrico. 5. Exercício físico isométrico. 6. Eletromiografia. I. Título.

CDD: 612.67 (20^a)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA PARA DEFESA DE TESE DE DOUTORADO DE Robison José Quitério, APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 27 DE FEVEREIRO DE 2007.

BANCA EXAMINADORA:



**Aparecida Maria Catai
UFSCar**



**Mara Patrícia T. Chacon-Mikahil
UNICAMP**



**Tânia de Fátima Salvini
UFSCar**



**Sergio L. D. Cravo
UNIFESP**



**Sebastião Gobbi
UNESP**

Investigação conduzida no Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico (NUPEF) e no Laboratório de Dinamometria Isocinética da Universidade Federal de São Carlos, com apoio financeiro da CAPES e CNPq.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Aparecida Maria Catai...

Pela amizade, respeito e sábias orientações recebidas neste período.

Aos meus familiares...

pelo amor, apoio e compreensão, mesmo naqueles momentos quando eu me fiz ausente.

Às companheiras de pesquisa...

Anielle Christine Takahashi e Ruth Caldeira de Melo pela amizade e inestimável colaboração na execução deste trabalho.

Aos amigos ...

Profas Dras. Ester, Audrey, Valéria e Luciana; e aos mestres Daniel, Mali, Michel, Pozzi, Michele; assim como ao Rodrigo, Renata, Vitor, Poliana, Camila; pelo companheirismo e respeito mútuo.

A todos os professores do Programa de Pós-

Graduação em Fisioterapia da UFSCar...

pela importância que tiveram no meu desenvolvimento profissional.

À Profa. Dra. Tânia de Fátima Salvini...

por ter disponibilizado o dinamômetro eletrônico

Ao Prof. Dr. Aparecido Luis Milan pela assistência na análise estatística.

A Profa. Nelcy pelo inestimável apoio durante o processo de recrutamento dos voluntários.

Aos voluntários, sem os quais não teria sido possível este trabalho.

As cardiologistas Isabela Verzola Aniceto e Fabiana Darezo pelas avaliações clínicas dos voluntários.

E, finalmente, a DEUS...

Pela concretização de mais este sonho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Influência do tipo de contração e da velocidade de execução dos exercícios sobre o torque, atividade eletromiográfica e da frequência cardíaca.....	19
1.2. Adaptações na força muscular, atividade eletromiográfica e frequência cardíaca de homens idosos submetidos ao treinamento físico resistido de alta intensidade.....	23
2. CASUÍSTICA E MÉTODOS	28
2.1. Aspectos éticos.....	29
2.2. Local de realização do estudo	29
2.3. Voluntários estudados	29
2.4. Critérios de inclusão	30
2.5. Critérios de exclusão	30
2.6. Avaliação inicial	31
2.7. Procedimentos gerais	32
2.8. Procedimentos para caracterizar a potência aeróbia funcional dos voluntários	32
2.9. Procedimentos para coleta dos dados de torque, eletromiográficos e de frequência cardíaca.....	33
2.9.1. Dinamometria	33
2.9.2. Eletromiografia de superfície (EMGs)	39
2.9.3. Eletrocardiografia	42
2.10. Procedimentos experimentais específicos.....	45
2.11. Treinamento com exercício físico resistido excêntrico.....	49
2.12. Reavaliação.....	50
2.13. Métodos de processamento e análises dos dados	50
2.13.1. Torque	51
2.13.2. Sinais da eletromiografia de superfície (EMGs).....	53
2.13.3. Frequência cardíaca	55
2.14. Metodologia estatística	55
3. RESULTADOS	58
3.1. Voluntários estudados	59
3.2. Condições ambientais durante os testes de contração voluntária máxima	59
3.3. Efeito agudo do tipo de contração e da velocidade angular sobre as respostas de torque, sinal mioelétrico do vasto lateral e da frequência cardíaca.....	61
3.3.1. Torque	61
3.3.2. RMS do sinal eletromiográfico do vasto lateral	66
3.3.3. Frequência cardíaca	67

3.4 Efeitos do treinamento resistido sobre as respostas de torque, sinal mioelétrico do vasto lateral e da variação da frequência cardíaca durante contrações isométrica, concêntrica e excêntrica.....	69
3.4.1. Torque	69
3.4.2. RMS do sinal eletromiográfico do vasto lateral	74
3.4.3. Frequência cardíaca	77
4. DISCUSSÃO	81
4.1. Voluntários estudados	82
4.2. Condições experimentais	84
4.3. Influência do tipo de contração e da velocidade angular sobre a magnitude das respostas de torque e RMS da amplitude do sinal eletromiográfico do vasto lateral	84
4.4. Efeito do treinamento físico resistido sobre a magnitude das respostas de torque e da atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral, durante contrações isométricas, concêntricas e excêntricas voluntárias máximas.....	89
4.5. Influência do tipo de contração e da velocidade angular sobre a magnitude das respostas da frequência cardíaca às contrações isométricas, concêntricas e excêntricas, antes e após o treinamento físico resistido.....	96
4.6. Aplicações clínicas	102
5. CONCLUSÕES	104
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
APÊNDICES.....	122
ANEXOS	133

ABREVIações E SÍMBOLOS

Δ	= delta
ΔFC	= variação da frequência cardíaca
ACSM	= American College of Sports Medicine
AHA	= American Heart Association
C60	= concêntrico em 60 graus por segundo
C60F	= concêntrico em 60 graus por segundo do grupamento flexor do joelho
C60Ex	= concêntrico em 60 graus por segundo do grupamento extensor do joelho
C120	= concêntrico em 120 graus por segundo
C120F	= concêntrico em 120 graus por segundo do grupamento extensor do joelho
C120Ex	= concêntrico em 120 graus por segundo do grupamento extensor do joelho
CVM	= contração voluntária máxima
D	= direito
DB	= decibéis
DII	= derivação eletrocardiográfica bipolar: eletrodo negativo no manúbrio esternal e o positivo no sexto espaço intercostal, na linha axilar anterior.
Dp	= desvio padrão
E	= esquerdo
Ex	= extensão
ECG	= eletrocardiograma
E60	= excêntrico em 60 graus por segundo
E60F	= excêntrico em 60 graus por segundo do grupamento flexor do joelho
E60Ex	= excêntrico em 60 graus por segundo do grupamento extensor do joelho

E120	= excêntrico em 120 graus por segundo
E120F	= excêntrico em 120 graus por segundo do grupamento flexor do joelho
E120Ex	= excêntrico em 120 graus por segundo do grupamento extensor do joelho
EMG	= eletromiografia
EMGs	= eletromiografia de superfície
F	= flexão
\overline{FC}	= frequência cardíaca média
\overline{FC}_{rep}	= frequência cardíaca média durante o repouso
FC _{pico}	= frequência cardíaca pico no final da contração voluntária máxima
Gohm	= giga ohm
HDL-c	= colesterol de alta densidade
IMC	= índice de massa corporal
IEx	= isométrico do grupamento extensor do joelho
IF	= isométrico do grupamento flexor do joelho
IT	= ísquios tibiais
iR-R	= intervalos R-R
LDL-c	= colesterol de baixa densidade
MC5	= derivação eletrocardiográfica DI modificada: eletrodo negativo no manúbrio esternal e o positivo no quinto espaço intercostal, na linha axilar anterior esquerda.
n	= número
N.m/Kg	= Newton.metro por quilograma
NUPEF	= Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico
PA	= pressão arterial
PAD	= pressão arterial diastólica
PAS	= pressão arterial sistólica
RM	= repetição máxima
RMS	= “root mean square” (raiz quadrada da média)

SNC	= sistema nervoso central
TMM	= torque máximo médio
UM	= unidades motoras
UFSCar	= Universidade Federal de São Carlos
URA	= Umidade relativa do ar
vs	= versus
V2	= derivação eletrocardiográfica no quarto espaço intercostal ao lado esquerdo do esterno
VO ₂	= consumo de oxigênio
VO ₂ pico	= maior valor de consumo de oxigênio atingido antes de ocorrer saturação dos sistemas de transporte de oxigênio

RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos agudos e crônicos do exercício físico resistido de alta intensidade sobre a magnitude das respostas de torque máximo médio (TMM) normalizado pela massa corporal, RMS da amplitude do sinal eletromiográfico (EMGs) do vasto lateral e da variação da frequência cardíaca (FC). Foram estudados 09 homens, $61,7 \pm 1,7$ anos, $72,5 \pm 6,5$ Kg, $1,69 \pm 0,06$ m de estatura, com padrão ativo de vida, não fumantes e não usuários de medicamentos ou qualquer tipo de droga, considerados saudáveis após as avaliações clínicas e laboratoriais. O protocolo experimental foi realizado com o voluntário na posição sentada com o quadril fixado em 85° de flexão em um dinamômetro computadorizado (Biodex Multi Joint System III) e constou de 6 testes de contração voluntária máxima (CVM): 10 s de flexão isométrica do joelho em 30° (IF) e extensão isométrica em 60° (IEx); 5 CVM concêntricas do joelho em $60^\circ/s$ (C60) e 8 em $120^\circ/s$ (C120); 5 CVM excêntricas do joelho em $60^\circ/s$ (E60) e 8 em $120^\circ/s$ (E120). Os valores de TMM foram normalizados pela massa corporal dos voluntários (N.m/Kg). Foi registrada a EMGs do vasto lateral, calculado os valores de RMS da amplitude do sinal eletromiográfico e após, esses dados foram normalizados pelos valores de RMS obtidos durante a CVM isométrica de extensão do joelho em 60° . A FC (bpm) foi registrada, batimento a batimento, a partir de um monitor cardíaco de um canal (TC 500 ECAFIX), interfaceado a um microcomputador (PC-AT 486 DX-4), por meio de conversor analógico-digital (Lab.PC + National Instruments, Co.), durante 60 s de repouso; durante os testes e por 120 s de recuperação. Os voluntários foram monitorizados na derivação MC5 modificada. Para as variáveis estudadas (TMM, EMGs e FC), calculou-se a média das 3 repetições de cada teste para posterior aplicação de análise estatística. Os voluntários foram submetidos a 2 sessões semanais de treinamento resistido excêntrico na velocidade angular de $60^\circ/s$, durante 3 meses, com intensidade de 70-80% da CVM, 2-4 séries de 8-12 repetições. A intensidade foi readequada a partir de avaliações quinzenais do torque pico. Ao final do período

de treinamento os mesmos foram reavaliados. O TMM excêntrico foi similar ao isométrico e ambos foram superiores ao concêntrico, tanto para flexão quanto para extensão. O TMM C60 foi superior ao C120 para flexão e extensão. Os valores de RMS obtidos durante os testes concêntricos foram maiores que o dos excêntricos ($P < 0,05$). A variação da frequência cardíaca (ΔFC) dos testes isométricos foi menor que a dos dinâmicos ($P < 0,05$). Após o treinamento foi verificado: aumento significativo do TMM de flexão e extensão excêntrica em $60^\circ/s$ e $120^\circ/s$; aumento da RMS da EMGs em IEx, C60Ex, E60Ex e E120Ex; aumento da ΔFC em C120 e E60. Os dados sugerem que: o maior TMM e menores valores de EMG durante excêntrico quando comparados aos obtidos durante as contrações concêntricas, pode ser atribuído à contribuição adicional, dos componentes elásticos passivos na maior geração de força durante a contração excêntrica; a ΔFC depende da mecânica do exercício (estático ou dinâmico) e independe do nível de torque, magnitude da ativação muscular e velocidade angular durante exercício de curta duração; após o treinamento resistido foi observado que as adaptações do TMM são modo-específicas, porém, esta especificidade não ocorre em relação a EMGs e a ΔFC .

Palavras chaves: envelhecimento, isocinético, concêntrico, excêntrico, isométrico, frequência cardíaca, eletromiografia.

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the acute and chronic effects of high intensity resistance physical exercise on the magnitude of maximal average torque response normalized by body mass (MAT), RMS amplitude of electromyographic signals (EMGs) of the vastus lateralis and heart rate variation (Δ HR). Subjects were nine non-smoking men (ages 61.7 ± 1.7 years, weight 72.5 ± 6.5 Kg., height 1.69 ± 0.06 meters) with an active lifestyle, who did not use medications or any type of drug, and were evaluated as healthy by laboratory tests and clinical examination. The experimental protocol was carried out with the volunteer in seated position with hip flexed at 85° in a computerized isokinetic dynamometer (Biodex Multi Joint System III) and consisted of 6 tests of maximal voluntary contraction (MVC): 10 sec. of isometric knee flexion at 30° (IEx) and isometric extension at 60° (IF); 5 MVC concentric of the knee at $60^\circ/\text{s}$ (C60) and 8 at $120^\circ/\text{s}$ (C120); 5 MVC eccentric of the knee at $60^\circ/\text{sec.}$ (E60) and 8 at $120^\circ/\text{sec.}$ (E120). The values for MAT were normalized for body mass (N.m/Kg). EMGs of the vastus lateralis were registered; RMS amplitude values of electromyographic signals were calculated and then normalized for RMS of MVC isometric knee extension at 60° . HR was recorded beat to beat in bpm for 60 seconds at rest, during tests and for 120s during recuperation, by a one-channel heart monitor (TC 500 ECAFIX), interfaced to a microcomputer (PC-AT 486 DX-4) by an analog-digital converter (Lab.PC + National Instruments, Co.). The volunteers were monitored at modified MC5 derivation. For the variables studied (MAT, EMGs and HR), the mean of 3 repetitions of each test was calculated for later statistical analysis. At an intensity of 70-80% of MVC, the volunteers performed 2-4 series of 8-12 repetitions of eccentric resistance exercises in twice weekly sessions at angular velocity of $60^\circ/\text{s}$ for three months. The intensity was corrected from fortnightly evaluations of the torque peak. At the end of the training period the same ones were revalued. The MAT eccentric was similar to the isometric and both were superior to the concentric in both flexion and extension. The MAT in C60 was greater than C120 for flexion and extension. The RMS of the concentric tests

were superior to the eccentric ($P < 0,05$). The ΔHR (heart rate variation) for the isometric tests was smaller than those for the dynamic ($P < 0,05$). After training was verified: significant increase of MAT eccentric at $60^\circ/s$ and $120^\circ/s$ for flexion and extension; increase in RMS at IEx, C60Ex, E60Ex e E120Ex; ΔHR was greater in the concentric tests at $120^\circ/s$ and eccentric at $60^\circ/s$. The data suggest that: greater MAT and lower EMG values during eccentric exercise, when compared to values obtained during concentric contractions, may be attributed to an additional contribution of passive elastic components to the greater force during eccentric contractions; the ΔHR depends on the mechanics of the exercise (static or dynamic) and is independent of torque level, magnitude of muscular activation and angular velocity during short duration exercise; after resistance training only MAT adaptations were observed to be mode specific as no such adaptations occurred in relation to EMGs and ΔHR .

Key words: elderly, isokinetic, concentric, exccentric, isometric, heart rate, electromyographic.

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A diminuição da massa muscular que ocorre durante o processo fisiológico de envelhecimento é de caráter multifatorial. DOHERTY (2003) a refere como sarcopenia, sendo esta resultante de uma gradual e seletiva redução de fibras musculares, mais acentuada nas fibras do tipo II, e é considerada como uma das causas do declínio da força (ACSM, 1998; BROSS, STORER & BHASIN, 1999), com cifras de diminuição de 30% entre os 50 e 70 anos (ACSM, 1998; NEWMAN et al, 2003). Segundo Bross, Storer & Bhasin (1999), essas alterações mais o aumento de gordura intramuscular e de tecido conjuntivo reduzem o volume de tecido contrátil utilizado na locomoção e funções metabólicas do tecido, contribuindo para a diminuição das capacidades funcionais dos idosos,

Alguns autores têm referido (FRONTERA et al 2000; LEXELL, TAYLOR & SJOSTROM, 1988) que a diminuição na produção de força em idosos está mais relacionada com perda de massa muscular e alterações no percentual de tecido contrátil no músculo, que ao déficit na ativação muscular, ou seja, recrutamento e frequência de disparo das unidades motoras. Entretanto, a magnitude dessas adaptações pode ser influenciada por fatores metabólicos, hormonais, nutricionais, imunológicos (DOHERTY, 2003) e pelo nível de atividade física (MORSE et al, 2004).

Além do declínio na capacidade funcional (BAUNGARTNER et al, 1998; FIATARONE et al, 1990), a diminuição da massa muscular está relacionada a uma série de disfunções relacionadas à taxa metabólica basal e ao gasto energético diário (VAUGHAN et al, 1991), a sensibilidade à insulina (KOLTERMAN et al, 1980; MILLER et al, 1984), a densidade mineral óssea (LAYNE & NELSON, 1999; SINAKI et al, 1986). Portanto, as alterações da massa e força muscular têm contribuído para um importante problema em saúde pública, já que diminui a qualidade de vida e aumento dos gastos.

Considerando o crescente número de pessoas nesta faixa etária e os apontamentos de que os exercícios físicos sejam efetivos para prevenir a

sarcopenia do idoso (ACSM, 1998; BAMMAN et al, 1998), ainda não estão totalmente esclarecidos a influência do tipo de contração muscular e da velocidade de execução dos exercícios sobre as respostas agudas e crônicas dos sistemas neuromusculares e cardiovasculares do homem idoso submetido ao exercício físico resistido de alta intensidade. Portanto, inicialmente, abordaremos os aspectos relacionados aos efeitos agudos e, num segundo momento, as adaptações ao exercício resistido, no idoso.

1.1 Influência do tipo de contração e da velocidade de execução dos exercícios sobre o torque, atividade eletromiográfica e frequência cardíaca.

Está bem estabelecido que o declínio na força muscular do idoso ocorre tanto nas contrações isométricas (HORTOBAGYI et al, 1995; LINDLE et al, 1997), quanto nas concêntricas (FRONTERA et al, 2000; PORTER et al, 1995; POULIN et al, 1992) e excêntricas, apesar da magnitude da força muscular ser mais preservada nesse último tipo de tensão (PORTER et al, 1995; POULIN et al, 1992). Segundo Pouson, Lepers & Hoecke (2001), os mecanismos para a preservação da força excêntrica no idoso pode estar mais relacionada com as mudanças nas propriedades dos elementos contráteis (aumento da viscosidade, diminuição na frequência de desconexão das pontes cruzadas e aumento no número de conexões de pontes cruzadas com o envelhecimento) que nas mudanças da atividade muscular.

Comparando-se a magnitude da força gerada nos três tipos de tensão muscular, verifica-se que a contração excêntrica gera maior força muscular que a concêntrica (BABAULT et al, 2001; GRABINER, 1999; HORSTMANN et al, 1994 e 2001; KELLIS & BALZPOULOS, 1998; KOMI et al, 2000; LINNAMO et al, 2002; QUITÉRIO et al, 2005; WU 1997) e a isométrica (HOLDER-POWELL 1999; HUGGETT et al, 2004). E que a magnitude do torque desenvolvido durante as contrações isométricas é maior que a observada nas tensões musculares concêntricas (BABAULT et al, 2001 e 2002; QUITÉRIO et al, 2005). Porém, alguns

autores não têm encontrado diferenças significativas entre os valores de torque obtidos durante as contrações isométricas e excêntricas (BABAULT et al, 2001; KOMI et al, 2000; QUITÉRIO et al, 2005).

No que se refere à ativação voluntária dos extensores do joelho, as evidências eletromiográficas sugerem que a mesma depende do tipo de ação muscular realizada. Babault et al (2001) encontraram maior ativação muscular durante as contrações isométricas quando comparadas às concêntricas ou excêntricas. Já a atividade mioelétrica durante as contrações concêntricas são maiores que as excêntricas (KELLIS & BALZOPoulos, 1998; KOMI et al, 2000; LINNAMO et al, 2002). A menor ativação muscular durante as contrações excêntricas tem sido atribuída à inibição neural, ou seja, os músculos não são totalmente ativados (AMIRIDIS et al, 1996; HORSTMANN et al, 2001; LINNAMO et al, 2002; WESTING et al, 1990 e 1991) e cuja vantagem seria proteger os tecidos moles de lesões (SPURWAY, 2000). Apesar disso, Lieber & Fridén (1999) sugerem que os eventos associados à lesão muscular no exercício excêntrico são primariamente devido à excessiva tensão do sarcômero.

Além do tipo de contração, outro fator que pode influenciar a magnitude do torque e da atividade eletromiográfica é a velocidade angular. Durante a contração concêntrica tem sido observado menores valores de torque em consequência do aumento da velocidade angular, tanto em jovens (GERDLE et al, 1988; GÜR et al, 2000; HAENNEL, et al, 1992; HOLDER-POWELL et al, 1999; HORSTMANN et al, 1994; KAWAKAMI et al, 2002; KOUTEDAKIS et al, 1995; WU et al, 1997;), quanto em idosos (FRONTERA et al, 1988 e 1991). Por outro lado, existem resultados conflitantes em relação a influência da velocidade angular durante ações musculares excêntricas. Enquanto alguns estudos (KELLIS & BALZOPoulos, 1995 e 1998) afirmam que a magnitude do torque aumenta em velocidades maiores, outros (CRAMER et al, 2002; HORSTMANN et al, 1994) não tem confirmado estes achados.

Já em relação à influência da velocidade sobre o sinal mioelétrico, os dados da literatura não são conclusivos. Alguns estudos referem que a atividade eletromiográfica apresenta relação direta e inversa, durante a contração

concêntrica e excêntrica, respectivamente (KAWAKAMI et al, 2002; KELLIS & BALZPOULOS, 1998). No entanto, outros autores sugerem que o sinal mioelétrico não sofre influência da velocidade angular durante ambos os tipos de contração (BURDEN et al, 1999; CRAMER et al, 2002; GERDLE et al, 1988).

Quanto aos ajustes do sistema nervoso autônomo ao exercício físico, sabe-se que o mesmo é mediado por dois mecanismos: um chamado de comando central, que representa a ativação paralela do sistema autonômico e motor por centros motores do cérebro e outro, denominado mecanismo neural reflexo ou comando periférico, que se origina a partir das terminações nervosas musculares e articulares aferentes (fibras do tipo III e IV), relacionadas com as atividades mecânicas e metabólicas dos músculos em contração, que também incidem sobre a área cardiovascular (MITCHELL 1990; O'SULLIVAN 2000; ROWELL, 1990; SEALS, 1989).

Ambos os comandos, central e periférico, interagem entre si e determinam mudanças nos níveis de atividade autonômica do coração e dos vasos sanguíneos (FREITAS, 2000; GALLO JR et al, 1988; MACIEL et al, 1987; MITCHELL, 1990; ROWELL, 1990; SEALS et al, 1983;) levando a modificações nas respostas da frequência cardíaca, volume de ejeção sistólica, débito cardíaco e pressão arterial.

A magnitude das respostas da frequência cardíaca (FC) ao exercício resistido também é influenciada pelo tipo de tensão muscular, quando realizadas na mesma intensidade de esforço. Tem sido referido que o exercício concêntrico resulta em maior incremento da FC mesmo gerando menores níveis de força em relação ao isométrico (HAENNEL 1992; HORSTMANN et al, 1994; IELLAMO et al, 1997; QUITÉRIO et al, 2005) e ao excêntrico (DURAND et al, 2003; HORSTMANN et al, 1994; MAYER et al, 1999). Essas diferenças são atribuídas a menor demanda metabólica requerida durante as contrações excêntricas, durante a qual ocorre uma maior contribuição dos tecidos elásticos passivos na geração do torque (HORSTMANN et al, 1994; MAYER et al, 1999). Porém, QUITÉRIO et al, (2006), estudando homens de 60 a 70 anos, não encontraram diferenças na magnitude das respostas da FC durante 10 s de contrações concêntricas e

excêntricas. Já, Hugget et al, (2004) encontraram um maior incremento da FC durante exercícios isométricos, quando comparados aos excêntricos, dados esses divergentes do estudo de Horstmann et al (1994).

Em adição, parece que a magnitude das respostas da FC independe da velocidade angular durante as contrações concêntricas (HAENNEL 1992; QUITÉRIO et al, 2006) e excêntricas (HAENNEL et al, 1992; MALFATTI et al, 2006; QUITÉRIO et al, 2006), quando realizadas em períodos de curta duração.

Ainda, Haennel et al, (1992), Horstmann et al, (1994) e Overend et al, (2000) avaliaram e compararam as respostas agudas de diferentes tipos de exercícios em indivíduos jovens e idosos. Haennel et al, (1994) não encontraram diferenças nos valores de pressão arterial média entre o exercício isométrico, isocinético concêntrico e dinâmico em cicloergômetro, sendo que a frequência cardíaca (FC) pico apresentou-se significativamente maior durante o exercício dinâmico. Tem sido observado ainda que a atividade concêntrica provoca maiores aumentos de frequência cardíaca (HAENNEL et al, 1992; HORSTMANN et al, 1994), seguida pela excêntrica e isométrica (HORSTMANN et al, 1994; OVEREND et al, 2000), sendo as respostas à atividade isocinética independentes da velocidade, mas proporcionais à massa muscular ativa (HAENNEL et al, 1994). No entanto, os ajustes ocorridos no sistema cardiovascular durante o exercício físico isométrico ou isocinético, se apresentam com respostas cardiovasculares de menor magnitude nos indivíduos idosos, comparativamente aos jovens estudados (HORSTMANN et al, 1994).

Ressalta-se que poucos estudos se destinaram a investigar a influência do tipo de contração e da velocidade angular sobre as respostas simultâneas de torque, eletromiografia de superfície e frequência cardíaca durante exercícios de curta duração. E ainda, considerando que o exercício excêntrico causa menores aumentos de PA e FC (MEYER et al, 2003), mais pesquisas são necessárias para investigar o impacto deste sobre as respostas cardiovasculares.

1.2 Adaptações da força muscular, atividade eletromiográfica e frequência cardíaca de idosos submetidos ao treinamento físico resistido de alta intensidade.

Apesar da diminuição da força durante o processo de envelhecimento ser multifatorial, é provável que o desuso (diminuição da atividade física) seja a causa primária da atrofia das fibras musculares, particularmente as fibras do tipo II, que ocorre durante o envelhecimento, portanto a massa muscular pode ser aumentada pelo treinamento de força no idoso (HAKKINEN et al, 1998; NARICI, 2004).

Por este motivo, desde 1990 o ACSM reconhece o treinamento resistido como um componente importante do treinamento físico para indivíduos saudáveis de todas as idades, haja visto que o mesmo contribui para o aumento da densidade mineral óssea, diminuição da massa gorda e aumento da massa magra (EVANS, 1999; SEGUIM, 2003), aumento da força (FIATARONE et al, 1990; VICENTE et al, 2002), aumento do HDL-c e diminuição do LDL-c, aumento do consumo máximo de oxigênio, aumento da resistência física e aumento no metabolismo basal (ACSM, 1990), reduz os fatores de risco associados com doenças das artérias coronárias (HURLEY et al, 1988), melhora a estabilidade dinâmica e preserva a capacidade funcional (EVANS, 1999; FLEG et al, 1988), melhora a flexibilidade, auxilia a reduzir os vários sintomas relacionados às doenças crônicas como a artrite, depressão, diabetes do tipo 2, osteoporose, distúrbios do sono e doenças cardíacas (SEGUIM, 2003) e promove benefícios psicológicos (EWART, 1989).

Portanto, esse tipo de exercício pode ser uma boa alternativa para atenuar certas variáveis do processo de envelhecimento, diminuir a prevalência de algumas doenças, melhorar a qualidade de vida do idoso e prolongar seu período de independência (ACSM, 1998).

É aceito que a melhora da força promovida pelo treinamento resistido sistemático independe da idade, quando o volume, a intensidade e a frequência do treinamento são adequados (ACSM, 1998; HÄKKINEN et al, 1998). Os resultados de alguns estudos (FRONTERA et al, 1988; HAKKINEN et al, 2001; HUNTER et al, 1999) que examinaram o efeito do treinamento de alta intensidade sobre a força e massa muscular, reportam que na primeira fase do treinamento (entre a 1ª e 2ª semanas), ocorre um rápido aumento na habilidade em realizar o exercício, o qual é resultado, essencialmente, do efeito da aprendizagem e é mediada pelas mudanças na coordenação motora e nível de motivação.

Na segunda fase (3ª e 4ª semanas) ocorre ganho de força sem aumento na massa muscular. Este ganho tem sido atribuído a adaptações neurais (; HAKKINEN et al, 2001; KOMI, 1986; MILNER-BROWN et al, 1975; MORITANI & De VRIES, 1980; McCARTNEY et al, 1988; NARICI et al, 1989) às quais incluem aumento da ativação muscular (número de unidades motoras recrutadas, frequência de disparo e sincronização individual das unidades motoras), melhora na coordenação dos músculos sinergistas e antagonistas e aumento no *drive* neural a partir dos altos níveis do sistema nervoso central (SALE, 1988), que podem ser evidenciados pelo aumento da atividade eletromiográfica de superfície (EMGs) (HAKKINEN & HAKKINEN, 1995; HAKKINEN et al, 1998; MORITANI e De VRIES, 1980). A raiz quadrada da média (*Root mean square* – RMS) da amplitude do sinal eletromiográfico (De LUCA, 1997) reflete tanto o número quanto a frequência de despolarização das unidades motoras ativas (BASMAJIAN & De LUCA, 1995; ESPÓSITO et al, 1996). Alguns investigadores têm mostrado significativo aumento na amplitude do sinal de EMGs dos agonistas e diminuição na atividade dos músculos antagonistas (HAKKINEN et al, 1998) após o treinamento resistido.

Na terceira fase, após a sexta semana, a adaptação da força é caracterizada pelo aumento na massa muscular (ALWAY, 1989; HAKKINEN et al, 2000; HIKIDA et al, 2000; McCALL et al, 1996; TESCH et al, 1987;), que, segundo Staron et al (1994), só são aparentes após 8 semanas de treinamento e mais significativas a partir do terceiro e quarto mês (FRONTERA et al, 1988 e 1999).

Outros mecanismos responsáveis pelo aumento de força em decorrência do treinamento resistido de alta intensidade incluem o aumento nos níveis séricos de hormônios anabolizantes (testosterona, hormônio de crescimento) e nos fatores de crescimento (IGF-1) (HAKKINEN et al, 2000; IZQUIERDO et al, 2001; GODSHALK et al, 1997), mudanças na arquitetura do músculo (KAWAKAMI et al, 1993; NARICI, 2004), aumento da tensão do tendão (NARICI, 2004) e no metabolismo (COLLINES et al, 1986; GODSHALK et al, 1997; ROONEY et al, 1994; SMITH & RUTHERFORD, 1995).

Em relação à hipertrofia muscular, tem-se verificado que a sua magnitude depende da exposição do tecido muscular a uma combinação favorável do estímulo de treinamento e de recuperação. É certo que há a necessidade de altas intensidades (JONES, 1992) e um grande volume para estimular o hormônio de crescimento (GOTSHALK et al, 1997; KRAEMER et al, 1990 e 1991), haja visto que o treinamento com baixo volume tem pequeno efeito sobre a insulina e o hormônio de crescimento, envolvidos no crescimento muscular (WILLIAMS, 2002).

Em adição, as adaptações ao treinamento resistido são específicas ao estímulo aplicado: ação muscular envolvida (DUDLEY et al, 1991; HATHER et al, 1991), velocidade do movimento (DUDLEY et al, 1991), amplitude do movimento (BANDY et al, 1993), grupo muscular treinado (FLECK et al, 1997), sistema energético envolvido (ROBERGS et al, 1991), intensidade e volume do treinamento (SCHLUMBERGER, 2001).

Em relação ao tipo de contração muscular, tem sido reportado que o treinamento excêntrico causa maior hipertrofia muscular (HATHER et al, 1991; HIGBIE et al, 1994; SEGER, 1998), comparado ao concêntrico e ao isométrico e que as adaptações na força muscular induzidas pelo treinamento excêntrico são modo-específico, ou seja, são específicas ao tipo de contração utilizada no treinamento (DUNCAN et al, 1989; HIGBIE et al, 1996; HORTOBÁGYI et al, 1996; RYAN et al, 1991). Hortobágyi et al, (1996) demonstrou um grande aumento na força excêntrica (116%), mas não na concêntrica (5%) após 12 semanas de treinamento excêntrico do quadríceps na velocidade de 60°/s. Porém, outros

estudos mostraram aumento em ambos, torque concêntrico e excêntrico, após treinamento excêntrico (KOMI & BUSKIRK 1972; RYAN et al, 1991).

Vários estudos (HOUSH et al, 1992; NARICI et al, 1989; TOMBERLINI et al, 1991), com velocidades variando de 30 a 300°/s, reportam significativo aumento na força muscular e, apesar de extensivamente discutida, não têm sido apresentadas conclusões definitivas (BEHM & SALE 1993; KELLIS E BALZOPoulos 1995). Alguns autores (CAIOZZO et al, 1981; NARICI et al, 1989; SEGER, 1998) referem que o aumento no pico de torque é limitado à velocidade no qual o treinamento foi realizado, ou em velocidades similares. O que não foi confirmado em outros trabalhos (KELLIS E BALZOPoulos, 1995) que afirmam que o exercício excêntrico não é velocidade-específico.

No que se refere às adaptações da frequência cardíaca ao treinamento resistido, estas dependem do tipo, intensidade, frequência e duração do estímulo, assim como de fatores genéticos (CARTER et al, 2003). Entretanto não foram encontrados na literatura trabalhos que investigaram o efeito crônico do treinamento excêntrico sobre a magnitude das respostas da FC durante contrações de curta duração.

Meyer et al, (2003) referem que o exercício excêntrico é de especial importância para as pessoas com doenças cardiovasculares, haja visto que a menor sobrecarga metabólica e menor estresse cardiocirculatório com manutenção dos efeitos do treinamento neuromuscular pode ser um fator decisivo em alguns casos, no entanto, concluem que são necessários estudos adicionais para obter informações mais precisas em relação à capacidade de estresse em portadores de fatores de risco (idosos, por exemplo) e em pacientes com doença cardíaca. Portanto, o exercício excêntrico pode ser uma boa alternativa, por impor menor sobrecarga cardiovascular. Como a maioria das atividades de vida diária envolve ações excêntricas e concêntricas e considerando que o treinamento excêntrico pode melhorar a capacidade de estocar energia elástica, a coordenação e a reorganização do aparato contrátil das fibras musculares, mais pesquisas são necessárias para investigar estas adaptações e o impacto destas sobre as respostas cardiovasculares.

Considerando que o processo de envelhecimento está associado à sarcopenia (ACSM, 1998; BROSS et al, 1999), com conseqüente redução na capacidade de geração de força e que as respostas da frequência cardíaca não são influenciadas pela velocidade angular e o tipo de contração quando o exercício físico é realizado em curtos períodos de tempo (HAENNEL, 1992; MALFATTI et al, 2006; QUITÉRIO et al, 2006); e ainda, que o treinamento resistido na modalidade excêntrica gera maior torque com menor sobrecarga cardiovascular, nós hipotetizamos que no indivíduo idoso:

- O treinamento resistido excêntrico de alta intensidade reduz a resposta da FC de repouso e da FC durante a realização dos diferentes tipos de contração muscular.

Portanto, os objetivos do presente estudo foram:

- Investigar a influência das contrações voluntárias máximas isométricas, concêntricas e excêntricas sobre as respostas do torque, sinal mioelétrico do vasto lateral e da frequência cardíaca em homens idosos;
- Verificar se as respostas dessas variáveis sofrem adaptações ao treinamento físico resistido excêntrico de alta intensidade.

2. CASUÍSTICA E MÉTODOS

2. CASUÍSTICA E MÉTODOS

2.1 Aspectos Éticos

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, processo número 069/2003 (anexo 1).

Os voluntários foram previamente informados do propósito e procedimentos experimentais e após terem lido e concordado, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (apêndice 1) para participarem voluntariamente deste estudo, conforme determina resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

2.2 Local de realização do estudo

Os testes e procedimentos experimentais foram realizados no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular - Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico (NUPEF) e no Laboratório de Dinamometria Isocinética, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

2.3 Voluntários estudados

Foram contatados em torno de quatro centenas de sujeitos durante visitas em clubes classistas, culturais, esportivos e de serviços que atuam com idosos, além de abordagens aos usuários de espaços públicos para a prática de atividades físicas e recreativas, dos quais somente 28 preencheram os critérios requeridos na entrevista (anamnese). Desses, somente 12 voluntários foram considerados aptos a participar desta pesquisa após realização dos exames clínicos e laboratoriais, por estarem de acordo com os critérios de inclusão/exclusão. Entretanto, três deles não completaram o programa de treinamento resistido: um foi suspenso devido ao aparecimento de arritmias cardíacas; outro por conta do aparecimento de dores no tendão do músculo

bíceps femoral. Ambos foram encaminhados para tratamentos específicos. E o terceiro desistiu do treinamento sem nenhum motivo.

Portanto, foram estudados 09 voluntários do sexo masculino, com idades compreendidas entre 60 e 65 anos (média $61,7 \pm 1,7$ anos), classificados como idosos (BRASIL, Lei 10741, 2003) com capacidade aeróbia classificada como fraca ou regular ($25,93 \pm 4,76$ mL.Kg⁻¹.min), de acordo com a *American Heart Association* (1972), não obesos (índice de massa corporal menor que 29,9 Kg/m²) (GRUNDY et al, 1999) e classificados como saudáveis após as avaliações e exames descritos no item 2.6. Os voluntários apresentavam padrão ativo de vida caracterizado pela prática regular de caminhada, corrida, natação ou hidroginástica.

O número de voluntários (n) para o estudo foi definido pelo cálculo amostral, utilizando-se o aplicativo *Graph Pad StatMate* v1.01 (1998), o qual indicou um “n” de 7 sujeitos, sendo que em nossa amostra foram estudados 9 idosos.

2.4 Critérios de inclusão

Foram incluídos neste estudo homens entre 60 e 70 anos de idade que não apresentaram alterações nos exames descritos no item 2.6, praticantes de atividade física aeróbia e com índices de massa corporal (IMC) menores que 30 kg/m².

2.5 Critérios de exclusão

Foram excluídos deste estudo aqueles com pressão arterial superior a 139x89 mmHg, classificada como limítrofe pela IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (Sociedade Brasileira de Hipertensão, 2002); portadores de doenças cardiovasculares, respiratórias, osteomioarticulares e/ou metabólicas; usuários de qualquer tipo de medicação ou drogas; sedentários; fumantes; e

aqueles que tivessem participado de qualquer atividade de treinamento resistido regular nos últimos 2 anos.

2.6 Avaliação inicial

Todos os voluntários foram submetidos as seguintes avaliações, previamente a aplicação dos protocolos experimentais:

a) Entrevista inicial, sendo que a partir desta foi preenchida uma ficha individual (apêndice 2) constando de dados pessoais, anamnese (hábitos de vida, história pregressa e atual de patologias, antecedentes familiares);

b) Exame clínico fisioterapêutico dos aparelhos locomotor e cardiorrespiratório (apêndice 2);

c) Avaliação antropométrica e medidas de dobras cutâneas (tricipital, supra-ilíaca, abdominal e da coxa), utilizando-se de um adipômetro (Sanny, São Paulo, Brasil) e calculado o percentual de gordura corporal conforme a técnica sugerida pelo *American College Sports Medicine* (ARAÚJO, 2000). Ainda, foi realizada a perimetria da coxa com fita métrica, 15 centímetros acima do bordo superior da patela;

d) Eletrocardiograma convencional de 12 derivações realizado em repouso na posição supina e em MC5, DII e V2 modificadas, em repouso nas posições supina e sentada, e em hiperventilação;

e) Registro da PA e da FC em todas as condições em que foi feito registro do ECG;

f) Teste ergométrico máximo em cicloergômetro, realizado por um médico cardiologista e acompanhado pelo pesquisador.

g) Exames laboratoriais (hemograma, lipidograma completo, glicemia, urina tipo I, ácido úrico, creatinina e uréia);

h) Raio X de tórax;

Estes testes e exames foram realizados para assegurar as condições de saúde e diagnosticar possíveis alterações que contra-indicasse a participação dos mesmos na pesquisa.

2.7 Procedimentos gerais

Os experimentos foram sempre realizados no período da tarde, a partir das 14 horas, considerando-se as influências circadianas.

Com intuito de reduzir a ansiedade e a expectativa dos voluntários, em dia diferente da sessão experimental foram realizados testes para familiarização com os pesquisadores e protocolos utilizados, bem como, para determinação do número de repetições dos testes isocinéticos, pois estes deveriam ter a duração aproximada dos testes isométricos (10 segundos).

Os voluntários foram orientados quanto aos possíveis sinais e sintomas durante a execução dos testes e solicitado que informassem sobre qualquer alteração percebida no seu estado geral.

Com o objetivo de preparar o ambiente experimental de modo ideal, os pesquisadores chegavam ao laboratório antecipadamente para calibrar os equipamentos e preparar os acessórios e utensílios a serem utilizados.

Durante os experimentos, a temperatura foi mantida entre 22°C e 24°C e a umidade relativa do ar entre 40% e 60%. Para esta finalidade foi utilizado um condicionador de ar (Springer, Inovare 10500, Brasil) e as condições ambientais foram monitoradas por meio de um termohigrômetro (Minipa, MT-242, China).

2.8 Procedimentos para caracterizar a potência aeróbia funcional dos voluntários.

Para melhor caracterizar o grupo, foi avaliada a capacidade aeróbia funcional ($VO_{2\text{pico}}$: maior valor de consumo de oxigênio atingido antes de ocorrer saturação dos sistemas de transporte de oxigênio) dos sujeitos por meio da aplicação de um teste de esforço físico incremental, do tipo rampa, em cicloergômetro (Corival 400, Quinton, Seattle, WA, USA), com incremento de carga de 15 watts por minuto para todos os voluntários, previamente calculada segundo a fórmula de WASSERMAN et al (1999) para todos os voluntários, utilizando-se

um analisador de medidas ventilatórias e metabólicas (CPX-D, Medical Graphics, St Paul, MN, USA).

2.9 Procedimentos para coleta dos dados de torque, eletromiográficos e de frequência cardíaca.

2.9.1 Dinamometria

Os testes de contração voluntária máxima (isométrica, concêntrica e excêntrica) foram realizados em um sistema de dinamometria eletrônica (Biodex Multi Joint System III, Biodex Medical System Inc., Shirley, NY, USA) com respectivo Software (Advantage 3.2) que permite a programação dos parâmetros a serem utilizados (tipo de exercício, amplitude de movimento, velocidade de execução, etc.) durante os testes, além da aquisição, visualização gráfica simultânea do torque e armazenamento dos dados .

O equipamento dispõe de: a) dinamômetro (cabeça de força) onde foi acoplado o dispositivo (braço de alavanca) específico para a articulação a ser testada e que fornecia resistência à contração voluntária máxima; b) cadeira com ajustes para altura, avanço ou recuo, de acordo com as características antropométricas do indivíduo, e correias almofadadas para estabilização do tronco e dos membros inferiores (figura 1).

Previamente a cada sessão de testes foram cadastrados os dados de identificação e antropométricos dos voluntários e realizada a calibração do equipamento sendo que ao final da mesma foi gerado um relatório que indicava se o procedimento foi efetuado de maneira correta.

A cadeira do dinamômetro foi regulada de modo que o assento e o encosto permanecessem com um ângulo de 85 graus entre eles. Após a realização do sorteio da seqüência dos testes, estes foram registrados no computador.



Figura 1. Ilustração do *Biodesx* composto por dinamômetro (A), cadeira (B), painel de controle (D) controlado por um microcomputador (F) conectado ao monitor de vídeo (C) e uma impressora (E).

Para eliminar a influência do peso do membro inferior na geração do torque durante os testes, anteriormente a cada sessão procedeu-se da seguinte maneira: o epicôndilo lateral do fêmur do voluntário foi alinhado com o eixo de rotação do dinamômetro (cabeça de força); o membro inferior a ser testado foi colocado semi-flexionado (joelho em 60°) e mantido relaxado sobre a almofada do braço de alavanca, apoiando-a posteriormente, 2 cm acima do maléolo lateral do tornozelo, e foi realizada a leitura do torque gerado pela força gravitacional, a partir do programa do equipamento.

Para a realização dos testes, o membro inferior foi posicionado, inicialmente, com o joelho em 90° e estabilizado junto a almofada de espuma do braço de alavanca com uma correia de contenção passando 2 cm acima do maléolo lateral do tornozelo de modo a permitir a flexão plantar e dorsi-flexão e a

coxa foi fixada no assento por uma outra correia sobre a região distal da mesma. O membro inferior contralateral permaneceu relaxado sobre um acessório do dinamômetro específico para esta finalidade. O tronco também foi estabilizado com uma correia transversal sobre a região pélvica (infra-umbilical), de forma a não tocar nos eletrodos de ECG (figura 2), evitando assim os artefatos de movimento, e não interferir na amplitude dos movimentos da caixa torácica durante as incursões respiratórias, pois foi solicitado aos voluntários que mantivessem respiração espontânea durante os testes.

Ao final de cada sessão foram impressos os relatórios (figura 3), fornecidos pelo equipamento, cada um deles contendo informações referentes as 3 repetições de cada teste e os gráficos de torque (figura 4) gerado a cada exercício.

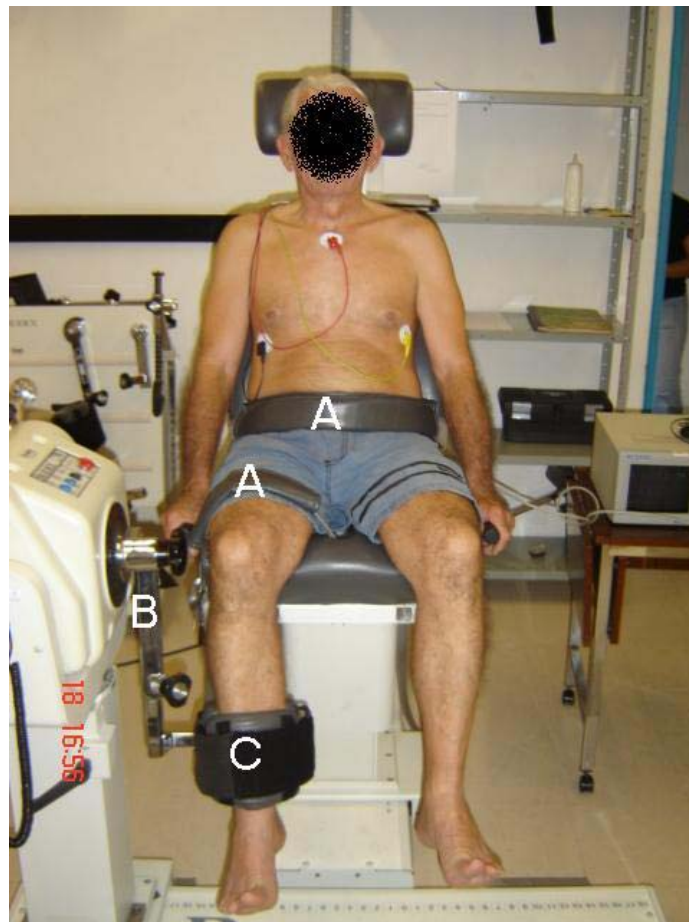


Figura 2. Ilustração do voluntário sentado com articulação do Quadril em 85° , o tronco e o membro inferior a ser testado estabilizado com as correias de contenção (A) e perna de teste fixada no braço de alavanca (B) com correias almofadadas (C).

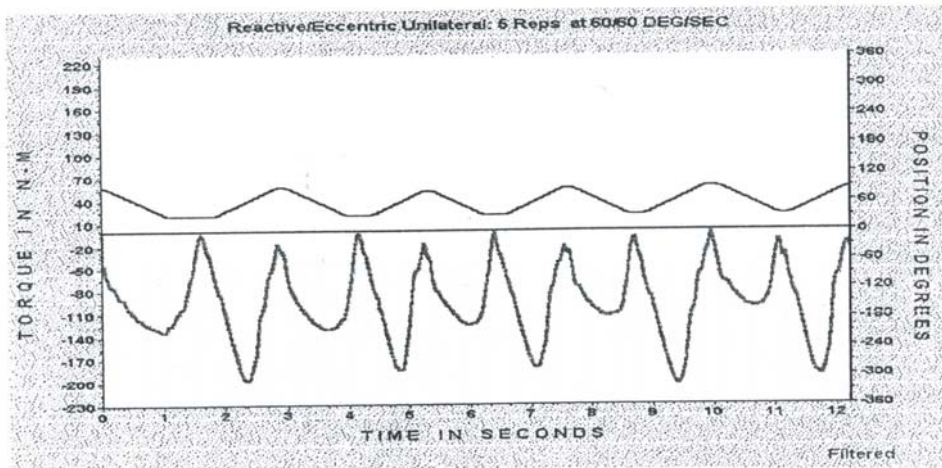


Figura 4. Ilustração do gráfico de torque fornecido pelo *software* do dinamômetro eletrônico *Biodex* após o teste de contração voluntária máxima excêntrica.

2.9.2. Eletromiografia de superfície (EMGs)

A atividade mioelétrica do vasto lateral foi obtida a partir de um módulo condicionador de sinais analógicos de oito canais (EMG800C, EMG System do Brasil, São José dos Campos, SP, Brazil) (figura 5) que apresenta modo comum de rejeição maior que 100 dB; impedância do sistema = 10^9 ohms; taxa de ruído do sinal < 3 μ V RMS, com filtro analógico passa banda (20-500 Hz), do tipo *Butterworth*. Esse sistema era interfaceado a um microcomputador por meio de uma placa conversora analógico/digital de 12 bits de resolução, com o respectivo programa de aquisição AqDados 7.0 para *Windows*, que permite coletas e visualização gráfica dos dados e armazenamento em disco, permitindo assim a manipulação dos arquivos para análise.

O sinal de EMGs foi captado do músculo vasto lateral do membro inferior dominante. Este músculo foi eleito pois segundo Alkner et al (2000), dentre os músculos do quadríceps, o vasto lateral é o melhor para predizer força, uma vez que estudando a relação entre EMG e torque, observaram que a atividade eletromiográfica aumenta linearmente com o aumento da força.

O ganho do sistema foi de 1000 vezes, a frequência de amostragem de 1000 Hz e a faixa de entrada do sinal de ± 5000 μ V. O eletrodo de referência foi colocado na região da tuberosidade do rádio esquerdo com o propósito de eliminar eventuais interferências.

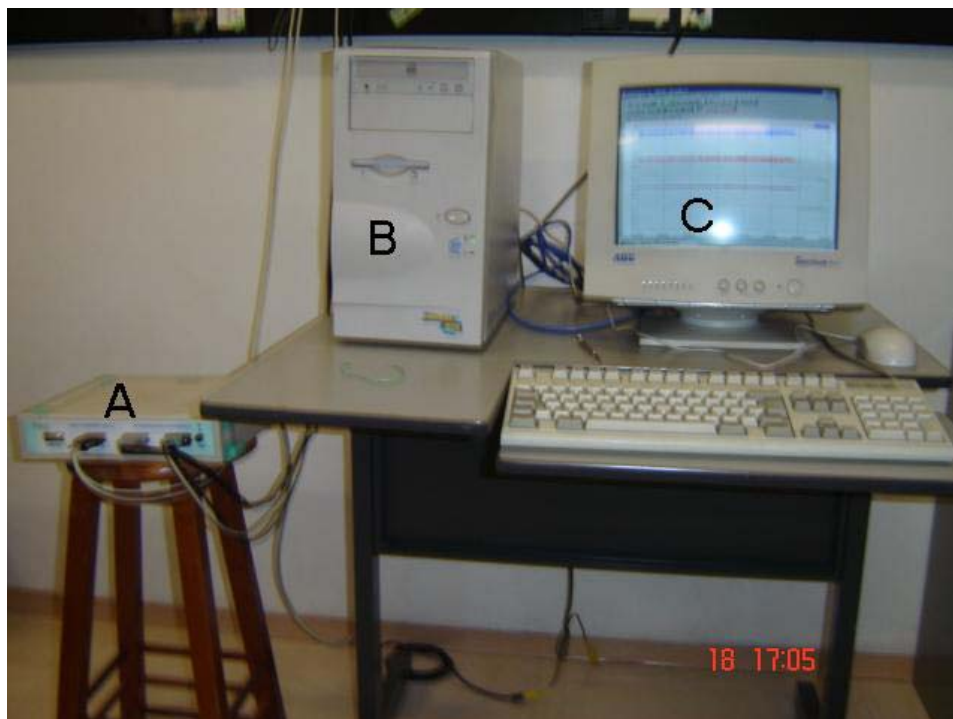


Figura 5. Ilustração do módulo EMG800C (A) para condicionamento de sinais analógicos interfaceado ao microcomputador (B) com o respectivo monitor (C).

Foram utilizados eletrodos bipolares de prata/cloreto de prata (Noraxon Dual Electrodes, Scottsdale, AZ, USA), passivos, de superfície e auto-adesivos (figura 6). O sujeito permaneceu recostado e com o joelho semi-flexionado (figura 7) e os eletrodos foram fixados com fita adesiva (*Micropore*) no ventre muscular longitudinalmente em relação às fibras musculares do músculo vasto lateral, com uma distância de 2 cm inter-eletrodo, de centro a centro, a um terço da distância entre o bordo lateral da patela e a crista ilíaca antero superior, de acordo com as recomendações do SENIAM (HERMES, FRERIKS & DISSERLHORST-KLUG, 2000). O eletrodo foi alinhado ao longo das fibras musculares, o qual ficou oblíquo à linha do fêmur num ângulo de 15° para o vasto lateral (CHAN et al, 2001) (figura 8).

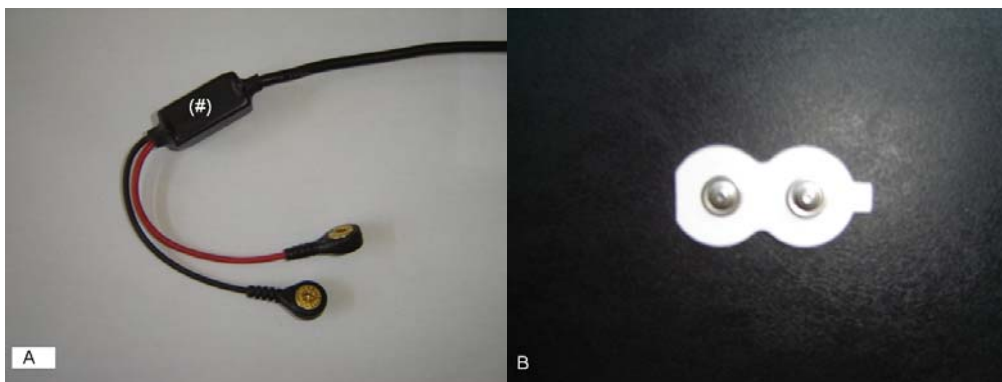


Figura 6. Ilustração do cabo de conexão (A) do eletrodo passivo diferencial simples (B) ao módulo condicionador de sinais, com amplificador (#) do sinal eletromiográfico.



Figura 7. Posicionamento do voluntário para localização da região anatômica para fixação do eletrodo de eletromiografia sobre o ventre do músculo vasto lateral.



Figura 8. Ilustração do posicionamento do eletrodo para registro da EMGs do músculo vasto lateral: no ventre muscular, 1/3 acima do bordo lateral da patela, em relação a crista íliaca antero superior.

2.9.3 Eletrocardiografia

A FC e os intervalos R-R foram obtidos a partir de um monitor cardíaco de um canal (TC 500 da ECAFIX, São Paulo, SP, Brasil), interfaceado ao microcomputador (PC-AT 486 DX-4), por meio de conversor analógico-digital (Lab.PC + National Instruments, Co, Austin, TX, USA) (figura 09). A FC e os intervalos R-R foram calculados e amostrados, batimento a batimento (figura 10), usando, para isso, um *software* específico (SILVA et al, 1994). Os voluntários foram monitorizados na derivação MC5, utilizando-se de eletrodos auto-adesivos e descartáveis, que foram colocados na seguinte configuração: eletrodo negativo no manúbrio esternal e o positivo na região do quinto espaço intercostal na direção

da linha axilar anterior esquerda e o terra no quinto espaço intercostal direito (figura 11).



Figura 9. Ilustração do monitor cardíaco de um canal (A) utilizado para captação do ECG conectado a um microcomputador (C) e o monitor de vídeo (B)

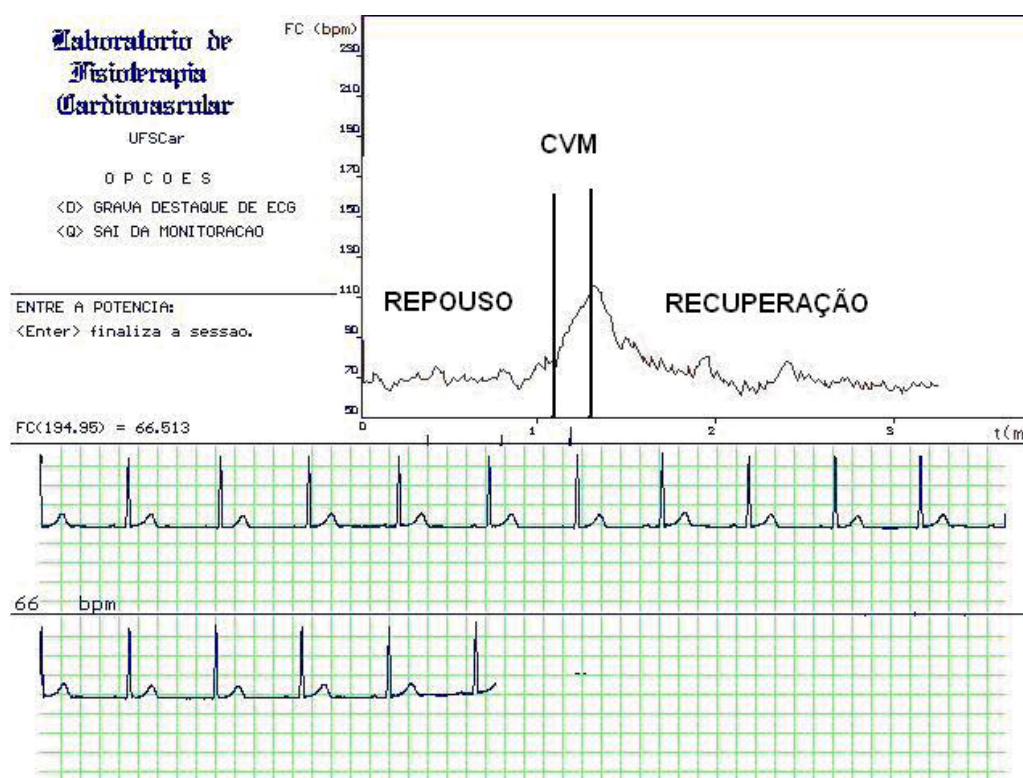


Figura 10. Ilustração da aquisição dos dados de frequência cardíaca, batimento a batimento, obtida a partir dos intervalos R-R do eletrocardiograma, durante 65 s de repouso, durante a contração voluntária máxima e 120 s de recuperação, de um dos voluntários estudados.

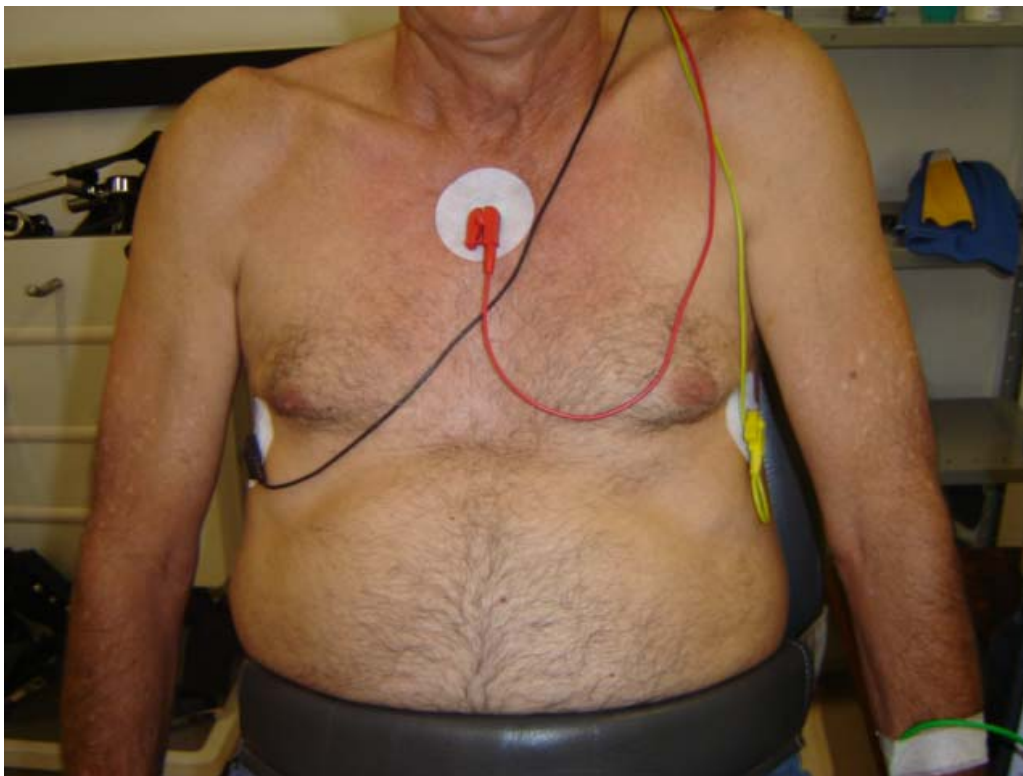


Figura 11. Ilustração do posicionamento dos eletrodos de ECG.

2.10 Procedimentos experimentais específicos

Os voluntários chegavam ao local dos experimentos com 15 minutos de antecedência trajando roupas confortáveis (shorts e camiseta) e tênis, com intervalo de, no mínimo, 2 h após a última refeição, sem terem ingerido bebidas alcoólicas ou estimulantes (chás, café, etc.) e/ou ter realizado atividade física extenuante nas últimas 48 h.

Inicialmente foi feita a localização dos pontos anatômicos para colocação dos eletrodos de ECG e de EMG e em seguida foi realizada tricotomia dos pêlos, limpeza e abrasão da pele com álcool. Nesse momento foi comunicada ao voluntário a seqüência dos testes, determinada previamente, por sorteio, bem como a duração do experimento, para que permanecessem no laboratório por tempo suficiente sem anseios devido ao horário.

Em seguida, o voluntário permaneceu por quinze minutos sentado na cadeira do dinamômetro com os pés apoiados sobre o acessório do equipamento, já conectado aos eletrodos de ECG, para a estabilização e ajustes das variáveis fisiológicas ao ambiente experimental. Decorrido este tempo, foram registrados a FC e os intervalos R-R durante 6 minutos.

Após o registro da FC descrito acima foi aferida a pressão arterial para confirmar as condições controle e em seguida foi submetido ao aquecimento que constou de 3 minutos de atividade em cicloergômetro (Monark, São Paulo, Brasil) na velocidade de 22 km/h; três séries de 15 segundos de alongamento dos grupos musculares gastrocnêmios, flexores e extensores do joelho.

Terminado o aquecimento, o voluntário foi posicionado e estabilizado na cadeira do dinamômetro. Foi realizada a conexão dos respectivos cabos de EMG e ECG nos respectivos eletrodos, conforme descrito nos itens 2.9.2 e 2.9.3 e ilustrado na figura 12. O voluntário permaneceu em repouso, por aproximadamente 5 minutos, até que os valores da FC estivessem próximos dos valores verificados no registro anterior ao aquecimento e deu-se início aos testes.



Figura 12. Ilustração dos equipamentos e da montagem experimental.

Foram realizados 6 (seis) testes de contração voluntária máxima (CVM) no membro inferior direito:

- a) 10 s de flexão isométrica do joelho em 30°;

- b) 10 s de extensão isométrica do joelho em 60°;
- c) 5 CVM de flexão e extensão concêntrica do joelho em 60°/s;
- d) 8 CVM de flexão e extensão concêntrica do joelho em 120°/s;
- e) 5 CVM de flexão e extensão excêntrica do joelho em 60°/s;
- f) 8 CVM de flexão e extensão excêntrica do joelho em 120°/s

Segundo Yasuda & Sasaki (1987) e Narici *et al.*, (1996), para os exercícios isométricos, o ângulo de 60° é o de maior torque para a extensão. Já para a flexão, Murray *et al.*, (1980) encontraram maior torque no ângulo de 30°.

A amplitude de movimento dos testes isocinéticos foi de 30° a 90° (extensão completa = 0°) e o número de repetições foi determinado em testes pilotos, de forma que todos tivessem uma duração aproximada a dos testes isométricos, ou seja, 10 s. Com relação à velocidade angular utilizada durante os exercícios dinâmicos, seguimos as recomendações do *American College of Sports Medicine* (2002), que sugere velocidades menores que 180°/s para indivíduos não treinados. Como o nosso trabalho é com idosos, optamos pela utilização de baixas velocidades, pois nesta faixa etária são verificadas perdas predominantes de unidades motoras de contração rápida e, portanto, os riscos de lesões em exercícios de alta velocidade seriam mais eminentes.

Foram realizadas três repetições para cada um dos exercícios testados, com intervalos entre os mesmos o suficiente para que a FC retornasse aos seus valores basais pré-teste ou próximo a eles.

A FC e os intervalos R-R foram captados continuamente por 195 segundos (65 s em repouso pré-teste, durante as contrações voluntárias máximas e, aproximadamente, 120 s de recuperação) e a EMG do músculo vasto lateral durante 20 segundos (5 s em repouso pré-teste, durante as contrações voluntárias máximas e, aproximadamente, 5 s de recuperação).

A coordenação dos registros durante os testes ocorreu da seguinte forma: o voluntário permaneceu em repouso e após a estabilização das variáveis fisiológicas, iniciou-se o registro da FC pré-teste, decorridos 60 s deste registro foi dado o comando verbal (*Atenção!*) pelo operador do ECG, para que o voluntário se preparasse e para que o operador da EMG iniciasse o registro dos sinais

eletromiográficos; 5 s depois (65 s de registro da FC) foi dado outro comando verbal (*Já!*) para que fosse iniciada a CVM pelo voluntário ao mesmo tempo em que o dinamômetro era acionado (figura 13).

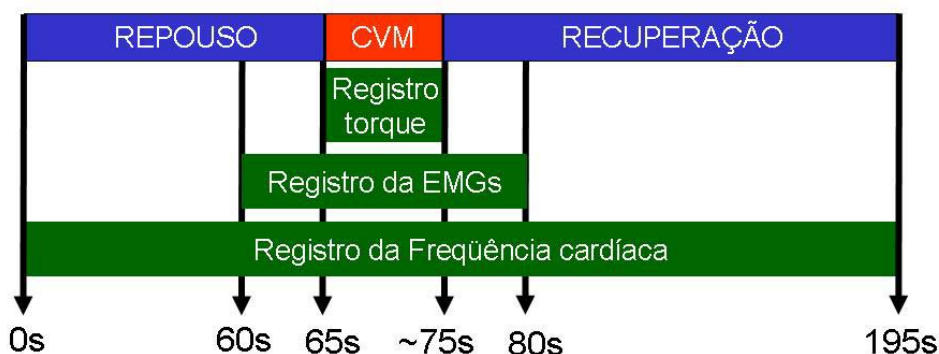


Figura 13. Seqüência temporal dos procedimentos durante cada um dos testes: período de 0 s a 65 s - repouso pré-teste; período de 65 s a, aproximadamente, 75 s – contração voluntária máxima (CVM); período de 75 s a 195 s – recuperação (repouso pré-teste). A FC e os intervalos R-R foram registrados continuamente de 0 s a 195 s; a eletromiografia de 60 s a 80 s; e o torque de 65 s a, aproximadamente, 75s.

Durante todo o período da CVM os voluntários foram estimulados por comandos verbais, tais como: *“força”, “vamos lá!” “muito bem!”*, e por estímulo visual, do gráfico de torque, que era plotado simultaneamente, no monitor do dinamômetro posicionado em sua frente, com o objetivo de manter o traçado do torque o mais estável possível durante a contração voluntária máxima.

Os voluntários foram orientados a realizar o maior nível de força que conseguissem manter durante todo o teste, o qual, no presente trabalho, definimos como contração voluntária máxima; a respirar espontaneamente e a não realizar manobra de Valsalva, para não evocar respostas reflexas da frequência cardíaca. Isto foi verificado pela análise das respostas da FC obtidas durante o período de recuperação de cada um dos testes. Quando identificada a ocorrência de bradicardia reflexa neste período, característica da intensa retomada vagal após manobra de Valsalva (LINDQVIST, 1990; MARÃES et al, 2004; MALFATTI et al, 2006), o referido teste foi descartado e um outro foi realizado.

Além disso, foi evitado que os voluntários realizassem contrações isométricas com os membros superiores concomitantemente aos testes; e solicitado para estarem atentos durante os experimentos em relação ao início e o final de cada teste, que seriam determinados por meio de comandos verbais dos pesquisadores e do comando visual do monitor do dinamômetro que mostrava luz verde no momento que se deveriam iniciar os testes.

Manteve-se a porta do laboratório fechada ao longo de todo experimento para evitar interferências que pudessem prejudicar a coleta de dados, observando-se também o máximo de silêncio durante os testes.

2.11 Treinamento com exercício físico resistido excêntrico.

Após as avaliações iniciais, cada voluntário participou de 3 meses de treinamento resistido excêntrico de alta intensidade, em dinamômetro eletrônico, dos flexores e extensores do joelho de ambos os membros. Os procedimentos em relação à calibração e posicionamento dos voluntários foram os mesmos descritos anteriormente.

Foram realizadas duas sessões semanais de contração excêntrica na velocidade angular de $60^\circ/s$ e amplitude de movimento de 30° a 90° (extensão total do joelho = 0°).

Após os testes pilotos e os de contração voluntária máxima inicial, que serviram como adaptação dos voluntários aos exercícios, iniciaram-se os treinamentos de contração excêntrica cuja intensidade foi de 70% a 80% do torque pico e o volume de 2 a 4 séries de 8 a 12 repetições (RHEA et al, 2003), distribuídos conforme descrito na tabela 1. As sessões de número 5, 10, 15, 20 e 25 correspondem a reavaliação do torque excêntrico pico, realizado da mesma forma como foi descrito anteriormente, cujo valor obtido foi utilizado para a readequação da carga absoluta e manutenção da carga relativa (80%).

Este procedimento de manipulação das cargas baseia-se na aplicação do princípio da interdependência volume-intensidade, que tem como objetivo prevenir a ocorrência de lesões musculares, além de promover uma variação

sistemática dos parâmetros de prescrição, o que torna o programa mais efetivo para a adaptação ao treinamento resistido (STONE et al, 2000). O período de recuperação entre as séries foi de dois minutos (ACSM, 2002).

Tabela 4: Distribuição do volume (séries e repetições) e da intensidade aplicados durante o programa de treinamento resistido para os idosos.

Sessões	Intensidade	Séries x repetições
1	70%	2x10
2		3x10
3		4x10
4		4x12
5, 10, 15, 20 e 25	100%	3x5
6, 7, 11, 12, 16, 17, 21, 22, 26 e 27	80%	4x8
8, 9, 13, 14, 18, 19, 23, 24, 28 e 29		4x12

Os hábitos de vida dos sujeitos, no que se refere à prática de atividade física e dieta alimentar (Apêndice 03 – inquérito alimentar) foram monitorados e mantidos durante o período da presente investigação.

2.12 Reavaliação

Encerrado o período de treinamento, entre 5 e 7 dias após, o voluntário foi submetido aos procedimentos de reavaliação de todos os protocolos, ou seja, de contração isométrica, concêntrica ($60^{\circ}/s$ e $120^{\circ}/s$) e excêntrica ($60^{\circ}/s$ e $120^{\circ}/s$), dos flexores e extensores do joelho, utilizando-se da mesma metodologia descrita no item 2.9.

2.13 Métodos de processamento e análise dos dados.

A figura 14 ilustra os dados absolutos do registro do torque, da FC (batimento a batimento) e da EMG, durante exercício isométrico de CVM de extensão do joelho direito no ângulo articular de 60° de um dos voluntários. Partindo desses dados procedeu-se a análise.

2.13.1 Torque

Para a análise dos resultados de torque obtidos antes e após o treinamento físico resistido foram utilizados os valores de torques máximos médios (TMM), haja visto, que o torque não se mantém constante durante o período das contrações e as respostas da frequência cardíaca é decorrente do esforço empreendido durante todo o período de CVM. A partir desses dados foram calculados os valores médios das 3 repetições de cada um dos testes, os quais foram normalizados pela massa corporal (N.m/Kg) verificada no pré-treinamento (JARIC et al, 2002). A normalização do torque pela massa corporal é uma técnica para individualização da interpretação da avaliação isocinética para comparação entre indivíduos (PERRIN, 1993)

Os resultados obtidos nos testes de grupamento flexor e extensor do joelho são apresentados de duas formas: separadamente, para o estudo desses dois movimentos; e somados os valores de flexão e extensão para que se possa relacioná-los com a frequência cardíaca, que é resultante de ambos os movimentos em conjunto, no caso dos exercícios isocinéticos.

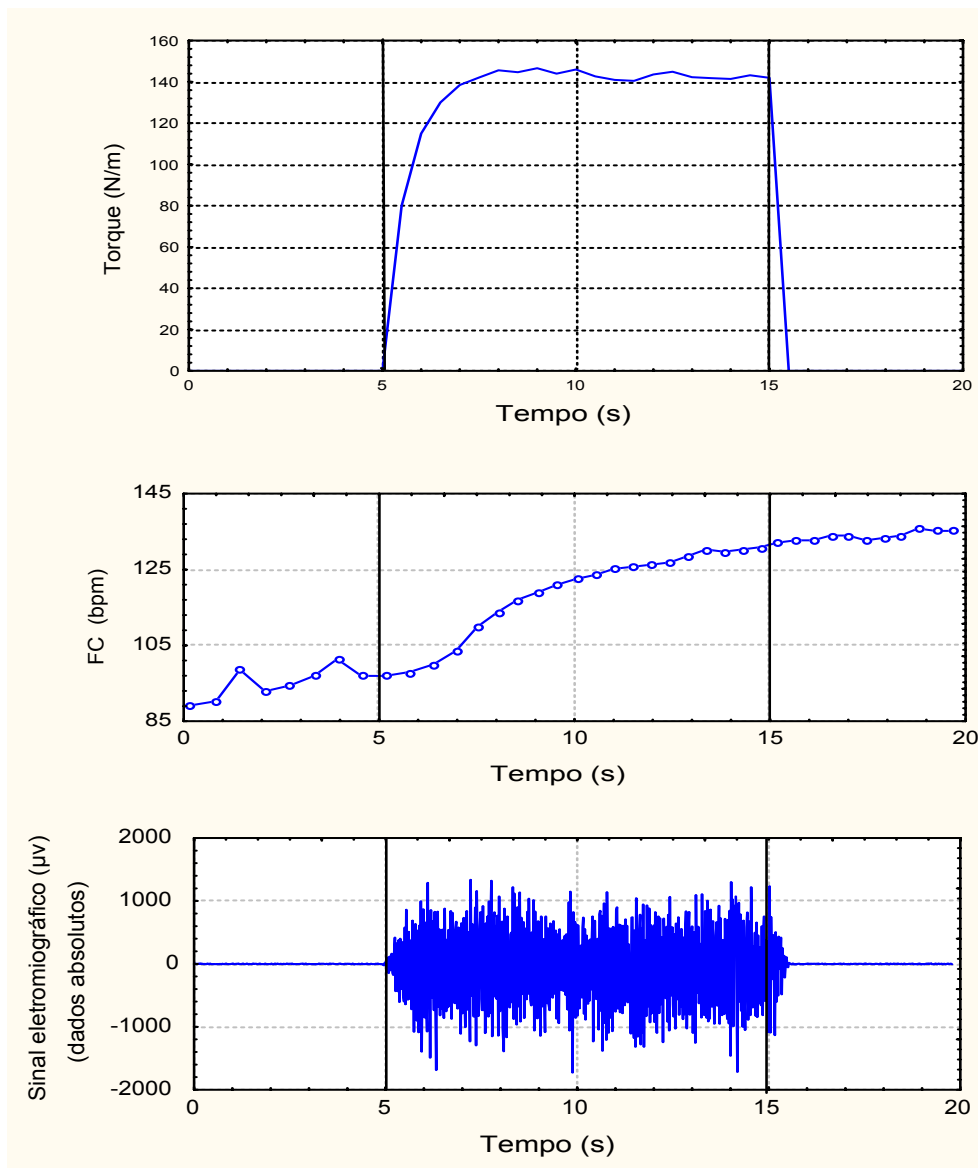


Figura 14. Ilustração gráfica dos registros do torque em Newton.metros (N.m), da resposta da frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm) e do sinal absoluto da eletromiografia de superfície (EMGs) em microvolts (μV) do vasto lateral, durante contração isométrica voluntária máxima de extensão do joelho direito no ângulo articular de 60° de um dos voluntários.

2.13.2 Sinais da eletromiografia de superfície (EMGs):

As séries temporais dos sinais eletromiográficos foram convertidos para a linguagem *Ascii* por meio do programa *AqDados 4.6* (*Lynx* Tecnologia Eletrônica Ltda) e foram processados utilizando-se uma rotina em ambiente MATLAB (MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, USA), desenvolvida em nosso Laboratório em conjunto com o Laboratório de Engenharia Elétrica da USP/São Carlos, a qual permite a visualização dos traçados absolutos e a qualidade do mesmo, através da análise do espectrograma, densidade espectral de potência e histograma. A partir desta mesma rotina foram calculados os valores absolutos da raiz quadrada da média (*root mean square* – RMS) das amplitudes dos sinais eletromiográficos (figura 15), em microvolts (μV) e, posteriormente, a média das mesmas, utilizando-se de janelamento de 256 pontos e um filtro digital passa banda de 20-500 Hz. O início da contração foi definido quando a amplitude de EMG excedesse três desvios padrões dos valores médios de base (CHAN et al, 2001). Optou-se pela utilização do índice temporal RMS por ser mais apropriado quando se deseja relacionar o sinal mioelétrico com a magnitude da força (BASMAJIAN & DELUCA, 1985; LARSSON et al, 2002).

Os dados eletromiográficos do músculo vasto lateral obtidos durante a extensão do joelho no pré e no pós-treinamento foram normalizados pelo valor médio de RMS do referido músculo obtido durante o teste de extensão isométrica em 60° obtido no pré-treinamento, pois, segundo a literatura (ERVILHA et al. 1998; SODERBERG, 2000; NORDANDER et al, 2003) a normalização pela contração isométrica é mais confiável e reprodutível, comparada ao exercício dinâmico.

Para a análise estatística, foram calculados os valores médios de RMS normalizado das 3 repetições de cada teste.

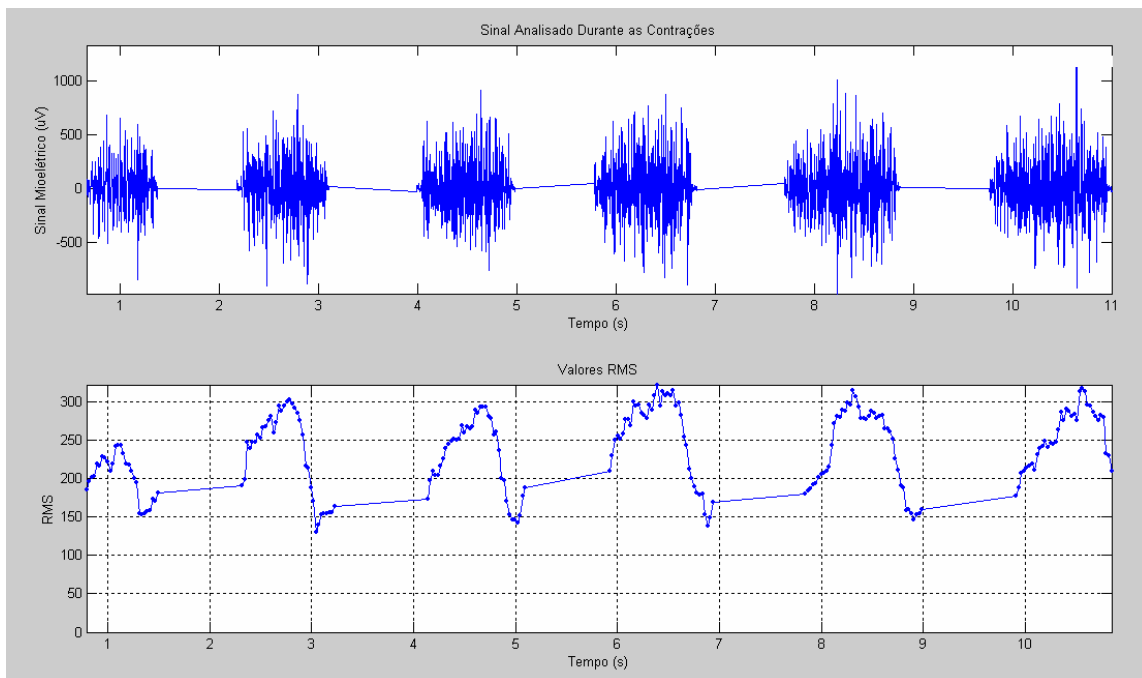


Figura 15. Ilustração gráfica dos dados do sinal absoluto da eletromiografia de superfície (gráfico superior) em microvolts (μV) e da RMS (gráfico inferior) de um dos testes realizados.

2.13.3 Freqüência cardíaca:

A partir dos dados de FC obtidos foram calculados os valores numéricos derivados da freqüência cardíaca para cada um dos indivíduos estudados. Foram determinados os seguintes valores:

- FC média de repouso, \overline{FC}_{rep} , em batimentos por minuto (bpm), durante o intervalo de repouso inicial, de 0 até 60 s. O intervalo de tempo entre 60 e 65 segundos de repouso pré-teste foi descartado da análise, pois no 60^o segundo era dado comando para o voluntário de preparar, o que contribuía para a elevação antecipatória da FC.
- FC pico (FC_{pico} , em bpm): maior valor de FC obtido durante os testes de contração voluntária máxima.
- variação da FC (ΔFC , em bpm): diferença entre a FC pico e a FC média (equação 1):

$$\Delta FC = FC_{pico} - \overline{FC}_{rep} , \quad (\text{Eq.1})$$

Para a análise estatística, foram calculados os valores médios da variação da FC das 3 repetições de cada teste.

2.14 Metodologia Estatística

A análise estatística foi realizada por meio do aplicativo estatístico “R” v. 2.3.1/06.

Inicialmente foi verificada a distribuição dos dados de torque, RMS do sinal eletromiográfico do vasto lateral e de freqüência cardíaca para avaliar que

tipo de teste estatístico seria utilizado (paramétrico ou não paramétrico). A figura 16 ilustra o procedimento de análise dos dados de torque máximo médio do grupamento flexor do joelho obtidos durante os teste isométricos (IF), concêntrico em 60°/s (C60F) e em 120°/s (C120F), excêntrico em 60°/s (E60F) e em 120°/s (E120F).

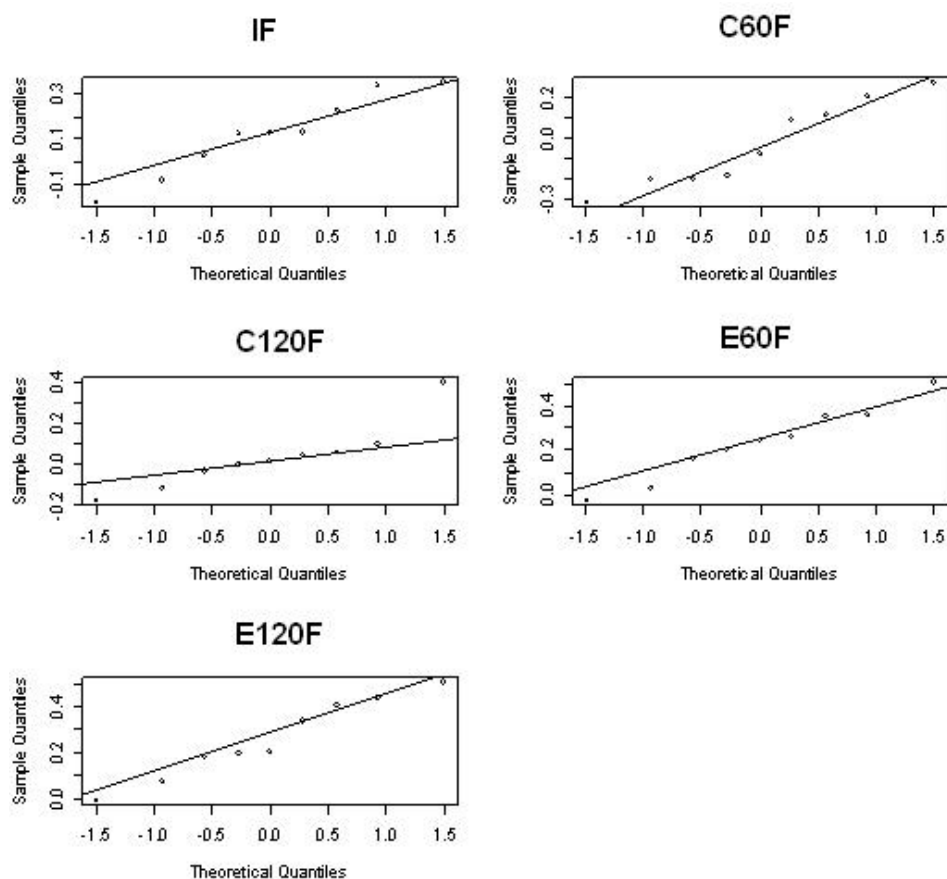


Figura 16. Ilustração do procedimento de análise estatística descritiva dos dados quanto à forma de distribuição dos dados de torque máximo médio do grupamento flexor do joelho: isométrico (IF), concêntrico em 60°/s (C60F) e em 120°/s (C120F), excêntrico em 60°/s (E60F) e em 120°/s (E120F).

A análise dos dados mostrou não há evidências que indiquem a não normalidade. Assim foram utilizados testes estatísticos paramétricos

Os dados relacionados à idade, massa corporal, estatura, índice de massa corporal, dobra cutânea da coxa, percentual de gordura corporal, perímetro da coxa, frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e diastólica em repouso, foram apresentados em tabelas. Já os valores de torque, FC e EMG foram apresentados graficamente em “Box-plot” contendo os valores: mínimo, 1º quartil (25%), mediana, 3º quartil (75%), máximo, “outliers” e extremos.

Para análise dos efeitos agudos foi utilizado o teste t de Student e para a análise das adaptações das variáveis estudadas (TMM, RMS e Δ FC) ao treinamento excêntrico, foram calculadas as diferenças entre os dados obtidos no pré e no pós-treinamento e aplicado o teste t para amostras pareadas sobre essas diferenças.

O nível de significância para todos os procedimentos estatísticos foi estabelecido em $\alpha=0,05$.

3. RESULTADOS

3. RESULTADOS

3.1. Voluntários estudados

A idade, os dados antropométricos (massa corporal, estatura e índice de massa corporal), percentual de gordura corporal, perímetro e dobra cutânea da coxa e dados fisiológicos na condição de repouso sentado (frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e pressão arterial diastólica) e no pico do esforço durante teste ergoespirométrico (consumo de oxigênio e frequência cardíaca) dos voluntários (n = 9) são apresentados na tabela II. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre nenhuma das variáveis comparando-as antes e após o período de treinamento físico resistido.

3.2. Condições ambientais durante os testes de contração voluntária máxima

Os valores de temperatura e umidade relativa do ar durante os testes de contração voluntária máxima estão expressos na tabela III. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os dados das condições ambientais, comparando-se os respectivos valores antes e após o período de treinamento físico resistido.

Tabela II. Características dos voluntários estudados (média±desvio padrão) quanto idade, dados antropométricos (massa corporal total, estatura, IMC, dobra cutânea da coxa, percentual de gordura corporal, massa magra e perímetro da coxa) e dados fisiológicos em repouso na postura sentada (frequência cardíaca, PAS e PAD) obtidos no pré e pós treinamento físico resistido e VO₂ pico obtido durante teste ergoespirométrico pré-treinamento e os respectivos valores de P.

	Pré-treinamento	Pós-treinamento	Significância estatística (valor P)
Idade (anos)	61,78 ± 1,72	61,89 ± 1,69	0,3466
Massa corporal total (Kg)	72,54 ± 6,58	73,21 ± 7,15	0,2221
Estatura (m)	1,69 ± 0,06	1,69 ± 0,06	NR
IMC (Kg/m ²)	25,51 ± 1,28	25,74 ± 1,32	0,2479
Dobra cutânea coxa (mm)	19,21 ± 8,05	19,52 ± 7,41	0,7033
Gordura corporal (%)	27,01 ± 4,34	27,13 ± 4,33	0,8995
Massa magra (Kg)	53,04 ± 6,66	53,45 ± 7,02	0,4933
Perímetro coxa (cm)	49,17 ± 1,73	49,56 ± 2,10	0,3666
FC repouso (bpm)	64,00 ± 8,83	66,11 ± 9,41	0,4184
PAS repouso (mmHg)	121,11 ± 9,39	121,78 ± 7,51	0,8554
PAD repouso (mmHg)	81,33 ± 6,93	80,33 ± 5,61	0,6938
FC pico (bpm)	144 ± 9,87	NR	NR
VO ₂ pico (ml.Kg.min ⁻¹)	25,93 ± 4,76	NR	NR

IMC = índice de massa corporal; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; FC pico = maior valor de frequência cardíaca atingido durante o teste ergoespirométrico; VO₂ pico = maior valor de consumo de oxigênio obtido durante o teste ergoespirométrico em cicloergômetro; NR = não realizado.

Tabela III. Condições ambientais durante os testes de contração voluntária máxima

	Antes treinamento		Após treinamento	
	Temperatura (°C)	URA (%)	Temperatura (°C)	URA (%)
Mínimo	21,9	36	21	36
1°. Quartil	22,9	39	22	37
Mediana	23	40	23	57
3°. Quartil	24	41	23,4	60
Máximo	24,6	45	23,9	65
Média	23,29	40,22	22,74	49,89
Desvio padrão	0,88	2,54	0,95	12,03

URA = umidade relativa do ar; °C = graus Celsius; % = percentual.

3.3. Efeito agudo do tipo de contração e da velocidade angular sobre as respostas de torque, sinal mioelétrico do vasto lateral e da frequência cardíaca

3.3.1 Torque

Os dados de torque máximo médio normalizados pela massa corporal (N.m/Kg) dos voluntários estudados, obtidos durante as contrações voluntárias máximas antes do treinamento físico resistido são apresentados nas figuras 17 a 19. Os valores de TMM dos testes excêntricos e isométricos foram similares e ambos apresentaram maiores valores que os obtidos durante os testes concêntricos. Os testes concêntricos em 120°/s foram menores que os verificados em 60°/s. Estes resultados foram os mesmos tanto para flexão (figura 17) e extensão (figura 18), analisados separadamente, quanto para flexão e extensão somados (19).

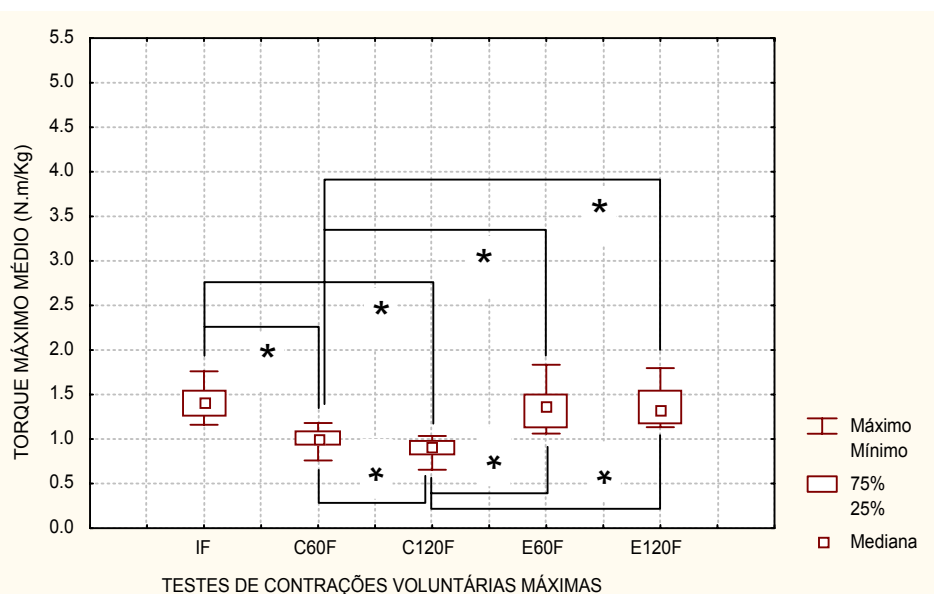


Figura 17. Dados de torque máximo médio, normalizados pela massa corporal dos voluntários estudados, obtidos durante as contrações voluntárias do grupamento flexor do joelho nas condições isométrica (IF), concêntrica em 60°/s (C60F) e 120°/s (C120F) e excêntrica em 60°/s (E60F) e 120°/s (E120F) realizados antes do treinamento resistido (* $P < 0,05$).

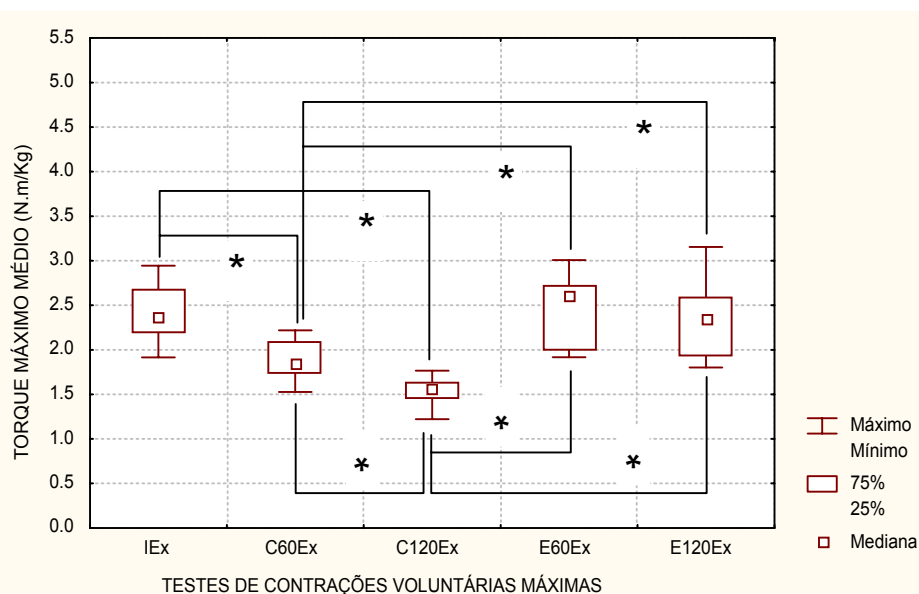


Figura 18. Dados de torque máximo médio, normalizados pela massa corporal dos voluntários estudados, obtidos durante as contrações voluntárias do grupamento extensor do joelho, nas condições isométrica (IEx), concêntrica em 60°/s (C60Ex) e 120°/s (C120Ex) e excêntrica em 60°/s (E60Ex) e 120°/s (E120Ex), realizados antes do treinamento resistido (* $P < 0,05$).

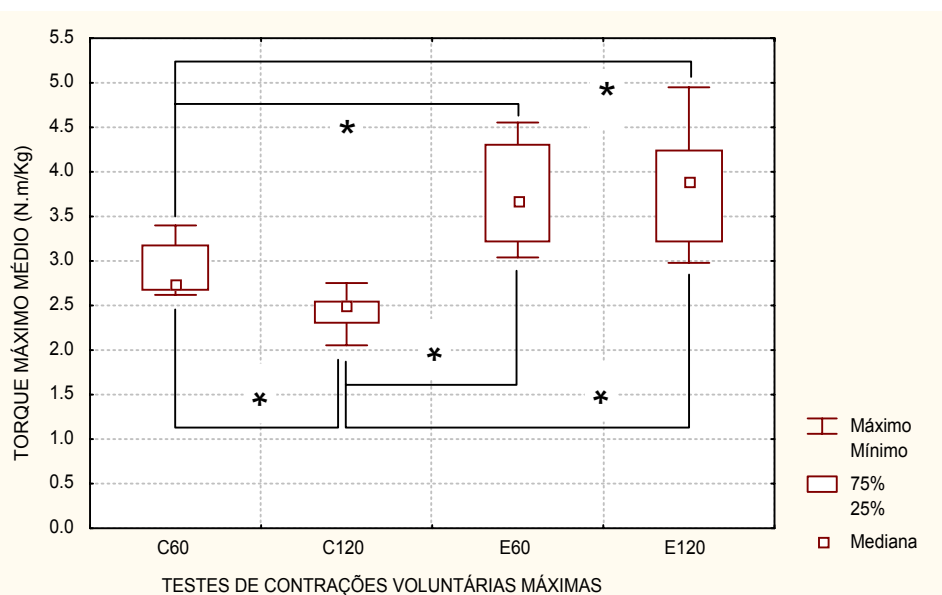


Figura 19. Dados de torque máximo médio, normalizados pela massa corporal dos voluntários estudados, somados os valores obtidos durante a flexão e a extensão do joelho do respectivo teste nas condições concêntrica em 60°/s (C60) e 120°/s (C120) e excêntrica em 60°/s (E60) e 120°/s (C120), realizados antes do treinamento resistido (*P<0,05).

Na figura 20 estão plotados os dados da diferença entre o torque máximo médio normalizados pela massa corporal (N.m/Kg) dos flexores e dos extensores do joelho. O TMM gerado pelos extensores do joelho foi estatisticamente superior aos respectivos valores de TMM dos flexores do joelho, em todas as condições testadas.

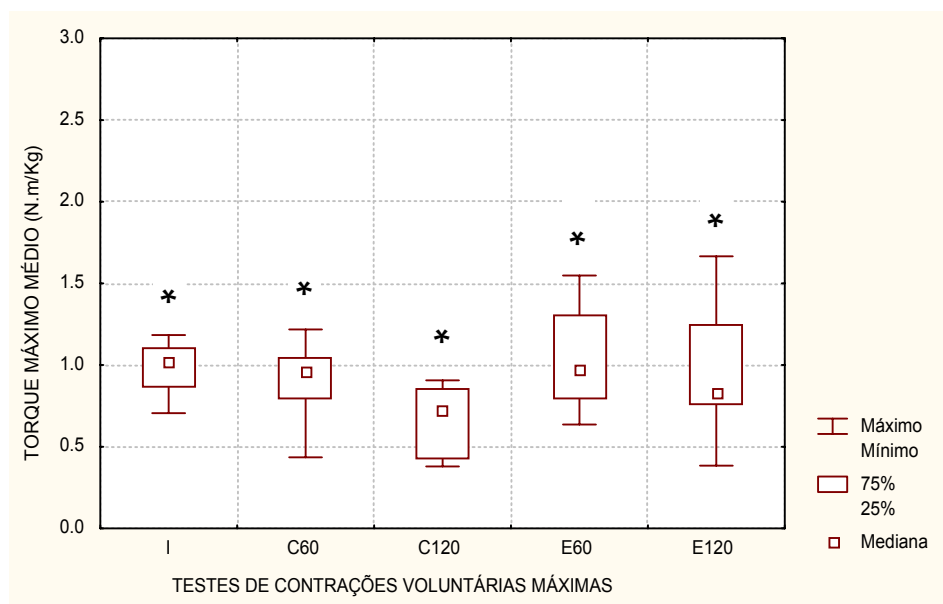


Figura 20. Dados da diferença entre o torque máximo médio obtidos antes e após o treinamento resistido, dos extensores e dos flexores do joelho, normalizados pela massa corporal, obtidos durante os testes isométricos (I), concêntricos em 60°/s (C60) e 120°/s (C120), excêntrico em 60°/s (E60) e 120°/s (E120). (* $P < 0,05$).

Os valores da razão entre os dados de torque máximo médio normalizados dos flexores e dos extensores do joelho estão apresentados na tabela IV. Não foram observadas diferenças estatísticas nos valores da razão de TMM entre os testes realizados (figura 21).

Tabela IV. Razão entre os valores de torque máximo médio normalizados, dos flexores e dos extensores do joelho, obtidos durante os testes isométrico (I), concêntrico em 60°/s (C60) e 120°/s (C120), excêntrico em 60°/s (E60) e 120°/s (E120).

	I	C60	C120	E60	E120
Mínimo	0,54	0,38	0,42	0,41	0,44
1o. Quartil	0,58	0,47	0,51	0,53	0,54
Mediana	0,58	0,54	0,56	0,59	0,61
3o. Quartil	0,61	0,55	0,68	0,62	0,65
Máximo	0,66	0,72	0,72	0,68	0,79
Média	0,59	0,53	0,59	0,57	0,60
Desvio padrão	0,04	0,09	0,11	0,09	0,10

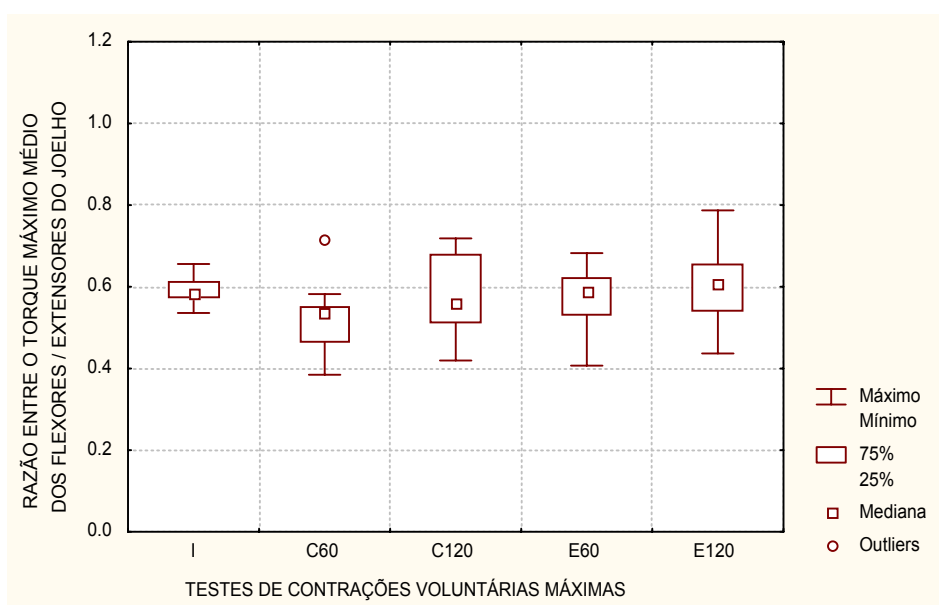


Figura 21. Dados da razão de torque máximo médio dos flexores / extensores do joelho, obtidos durante os testes isométricos (I), concêntricos em 60°/s (C60) e 120°/s (C120), excêntrico em 60°/s (E60) e 120°/s (E120).

3.3.2 RMS do sinal eletromiográfico do vasto lateral

Na figura 22 são apresentados os dados de RMS do sinal eletromiográfico do vasto lateral, obtidos durante os testes voluntários máximos de extensão concêntrica e excêntrica. Os dados referentes ao teste isométrico pré-treinamento não são apresentados pois o sinal mioelétrico obtido durante o mesmo foi utilizado para normalização.

Os dados obtidos durante os testes concêntricos foram superiores aos obtidos durante as contrações excêntricas.

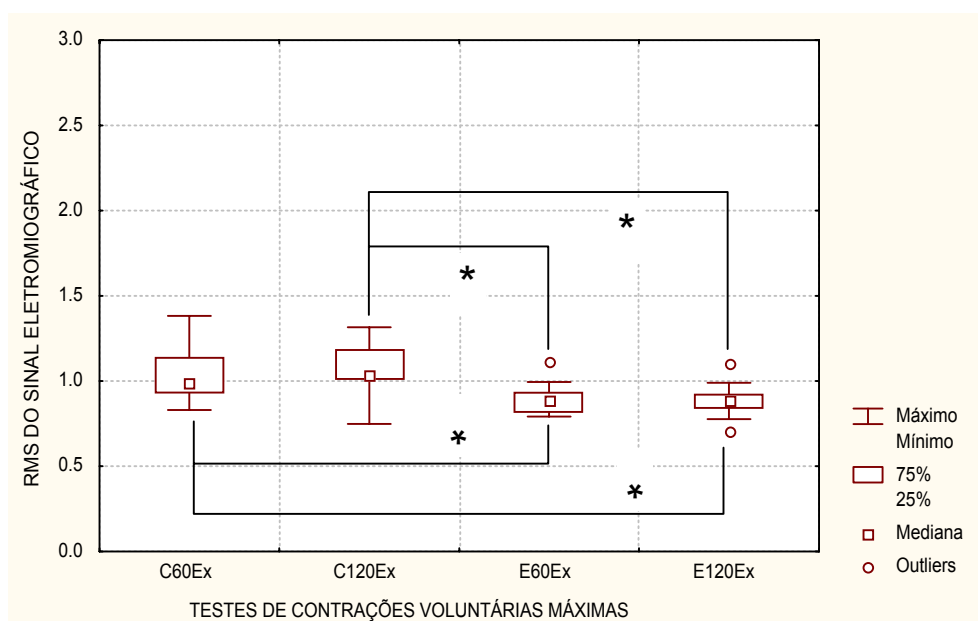


Figura 22. Dados de RMS da amplitude do sinal eletromiográfico do vasto lateral normalizados pela média da contração isométrica voluntária máxima, obtidos durante as contrações de extensão concêntrica em 60°/s (C60Ex) e em 120°/s (C120Ex) e excêntrica em 60°/s (E60Ex) e em 120°/s (E120Ex) antes do treinamento físico resistido (* $P < 0,05$).

3.3.3 Freqüência cardíaca.

Na figura 23 estão apresentados os dados da freqüência cardíaca de repouso obtidos antes dos testes de contração voluntária máxima isométricos, concêntricos e excêntricos realizada antes do treinamento físico resistido. Não foram encontradas diferenças estatísticas significantes entre eles ($P>0,05$).

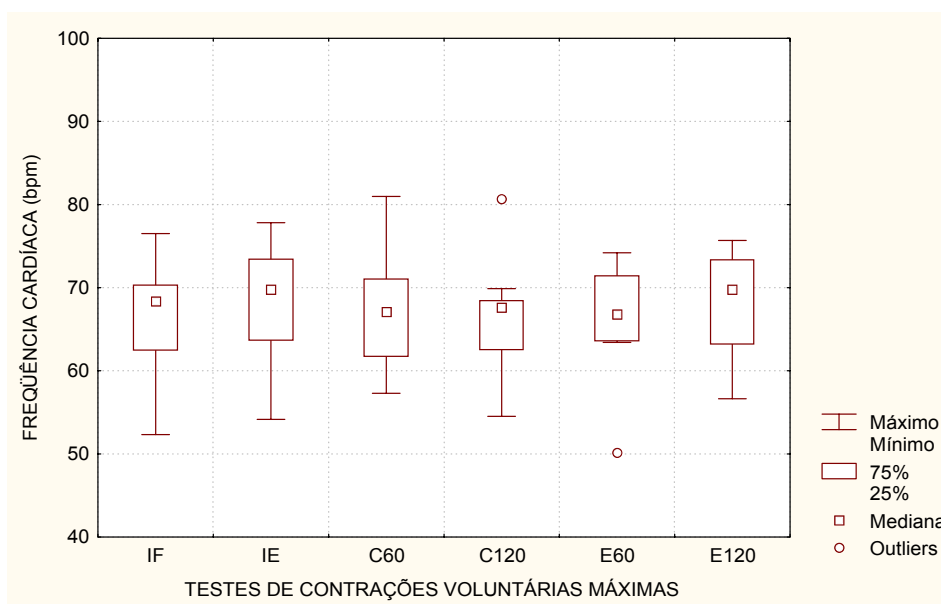


Figura 23. Dados da freqüência cardíaca de repouso obtidos antes das contrações voluntárias máximas isométricas de flexão (IF) e extensão (IE), concêntricas em 60°/s (C60) e em 120°/s (C120), e excêntricas em 60°/s (E60) e em 120°/s (E120), realizados antes do treinamento físico resistido.

Na figura 24 estão apresentados os dados de variação da freqüência cardíaca obtidos durante os testes de contração voluntária máxima isométricos, concêntricos e excêntricos realizada antes do treinamento físico resistido. A ΔFC foi similar entre os testes concêntricos e excêntricos e ambos apresentaram uma variação superior à obtida durante os testes isométricos de flexão e extensão.

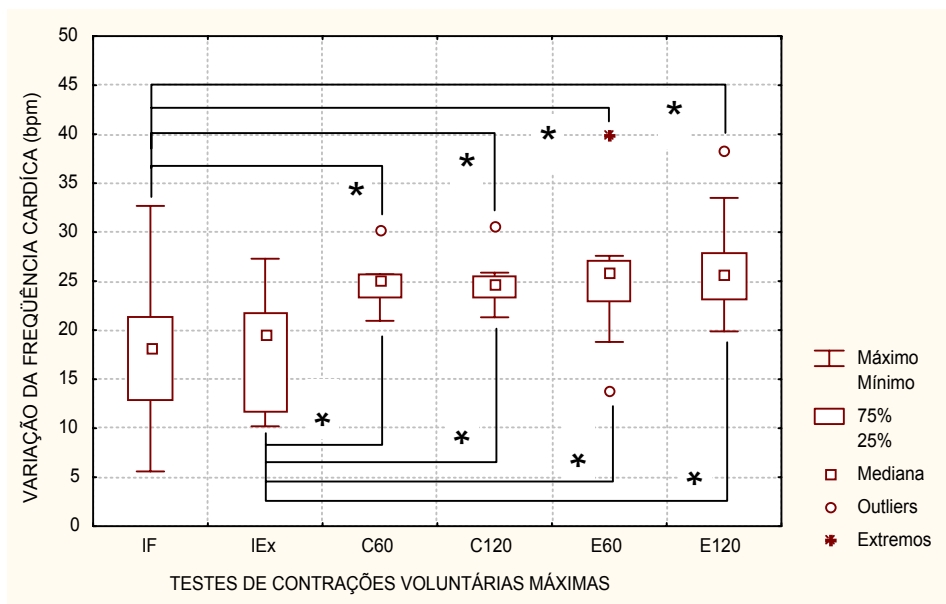


Figura 24. Dados da variação da frequência cardíaca durante as contrações voluntárias máximas isométricas de flexão (IF) e extensão (IEx), concêntricas em 60°/s (C60) e em 120°/s (C120), e excêntricas em 60°/s (E60) e em 120°/s (E120), realizados antes do treinamento físico resistido (* $P < 0,05$).

3.4 Efeitos do treinamento resistido sobre as respostas de torque, sinal mioelétrico do vasto lateral e da variação da frequência cardíaca durante contrações isométrica, concêntrica e excêntrica.

3.4.1 Torque

Os dados de torque máximo médio do grupamento flexor do joelho, normalizados pela massa corporal, durante os testes de contração isométrica (IF); concêntrico em 60°/s (C60F) e em 120°/s (C120F); excêntrico em 60°/s (E60F) e em 120°/s (E120F), obtidos antes e após o treinamento e a diferença entre eles, são apresentados na tabelas V. Já os dados de torque máximo médio do grupamento extensor do joelho, normalizados pela massa corporal, durante os testes de contração isométrica (IEx); concêntrico em 60°/s (C60Ex) e em 120°/s (C120Ex); excêntrico em 60°/s (E60Ex) e em 120°/s (E120Ex), obtidos antes e após o treinamento e a diferença entre eles, são apresentados na tabela VI.

Os dados da diferença entre os valores de torque máximo médio pré e pós treinamento, normalizados pela massa corporal (N.m/Kg), obtidos durante os testes de flexão, extensão e flexão somado a extensão, são apresentados nas figuras 25, 26 e 27, respectivamente. Somente os dois testes excêntricos (60°/s e 120°/s) apresentaram aumentos estatisticamente significativos nos valores de TMM, tanto para flexão e extensão do joelho, separadamente, quanto para os dados somados.

Tabela V. Dados de torque máximo médio do grupamento flexor do joelho, normalizados pela massa corporal, durante os testes de contração isométrica (IF); concêntrico em 60°/s (C60F) e em 120°/s (C120F); excêntrico em 60°/s (E60F) e em 120°/s (E120F), obtidos antes (AT) e após o treinamento (PT) e a diferença entre eles (DIF.)

	IF			C60F			C120F			E60F			E120F		
	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.
Mínimo	1,16	1,07	-0,09	0,76	0,78	0,02	0,66	0,62	-0,03	1,06	1,28	0,21	1,13	1,34	0,21
1o. Quartil	1,27	1,54	0,27	0,94	0,86	-0,08	0,83	0,83	0,00	1,12	1,41	0,28	1,17	1,47	0,30
Mediana	1,42	1,61	0,18	1,01	0,97	-0,04	0,91	0,92	0,01	1,37	1,67	0,31	1,32	1,61	0,29
3o. Quartil	1,53	1,67	0,14	1,09	1,09	-0,01	0,99	1,03	0,05	1,51	1,82	0,31	1,54	1,84	0,30
Máximo	1,76	1,88	0,12	1,18	1,23	0,05	1,04	1,15	0,12	1,83	1,85	0,02	1,80	2,14	0,34
Média	1,42	1,55	0,13	1,00	0,97	-0,02	0,89	0,93	0,04	1,37	1,62	0,25	1,40	1,67	0,28
Desvio padrão	0,21	0,27	0,06	0,13	0,15	0,01	0,12	0,17	0,04	0,26	0,23	-0,04	0,25	0,26	0,01

Tabela VI. Dados de torque máximo médio do grupamento extensor do joelho, normalizados pela massa corporal, durante os testes de contração isométrica (IEx); concêntrico em 60°/s (C60Ex) e em 120°/s (C120Ex); excêntrico em 60°/s (E60Ex) e em 120°/s (E120Ex), obtidos antes (AT) e após o treinamento (PT) e a diferença entre eles (DIF.)

	IEx			C60Ex			C120Ex			E60Ex			E120Ex		
	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.
Mínimo	1,91	1,93	0,02	1,53	1,58	0,05	1,22	1,16	-0,06	1,92	2,04	0,12	1,80	1,88	0,07
1o. Quartil	2,19	2,35	0,16	1,74	1,75	0,01	1,46	1,52	0,06	2,00	2,77	0,77	1,93	2,50	0,56
Mediana	2,38	2,62	0,24	1,85	1,89	0,04	1,56	1,57	0,01	2,61	3,01	0,40	2,35	3,44	1,09
3o. Quartil	2,67	2,80	0,14	2,08	2,03	-0,04	1,64	1,62	-0,01	2,72	3,36	0,64	2,59	3,53	0,94
Máximo	2,94	3,08	0,13	2,22	2,39	0,17	1,77	1,75	-0,01	3,01	4,29	1,29	3,15	4,68	1,52
Média	2,39	2,56	0,17	1,90	1,92	0,02	1,54	1,54	0,00	2,42	3,04	0,63	2,37	3,12	0,76
Desvio padrão	0,33	0,37	0,04	0,23	0,27	0,04	0,18	0,19	0,01	0,42	0,70	0,28	0,49	0,85	0,36

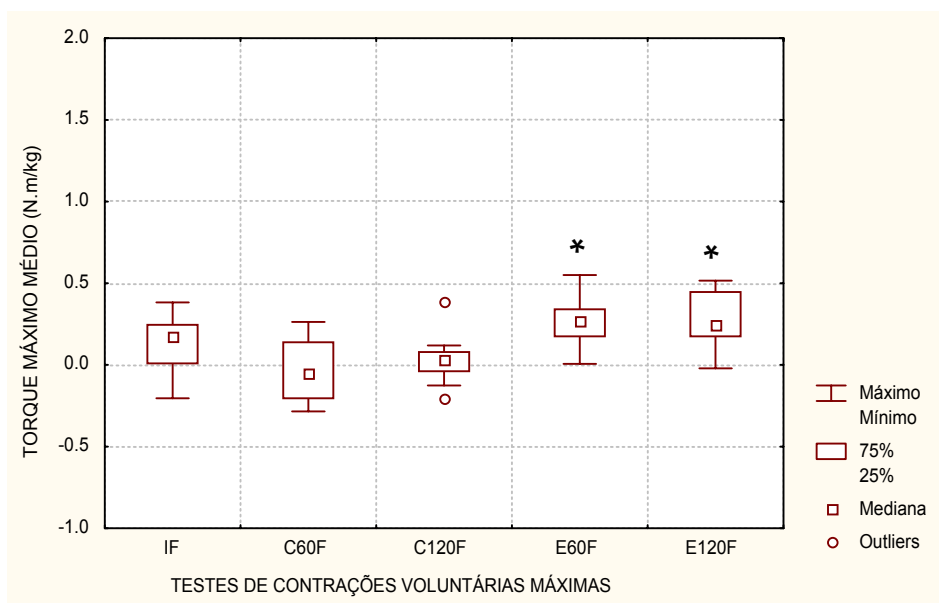


Figura 25. Dados da diferença entre os valores de torque máximo médio pré e pós treinamento, normalizados pela massa corporal (N.m/Kg), obtidos durante os testes do grupamento flexor do joelho: isométrico (IF), concêntrico em 60°/s (C60F) e em 120°/s (C120F), excêntrico em 60°/s (E60F) e em 120°/s (E120F). (* $P < 0,05$).

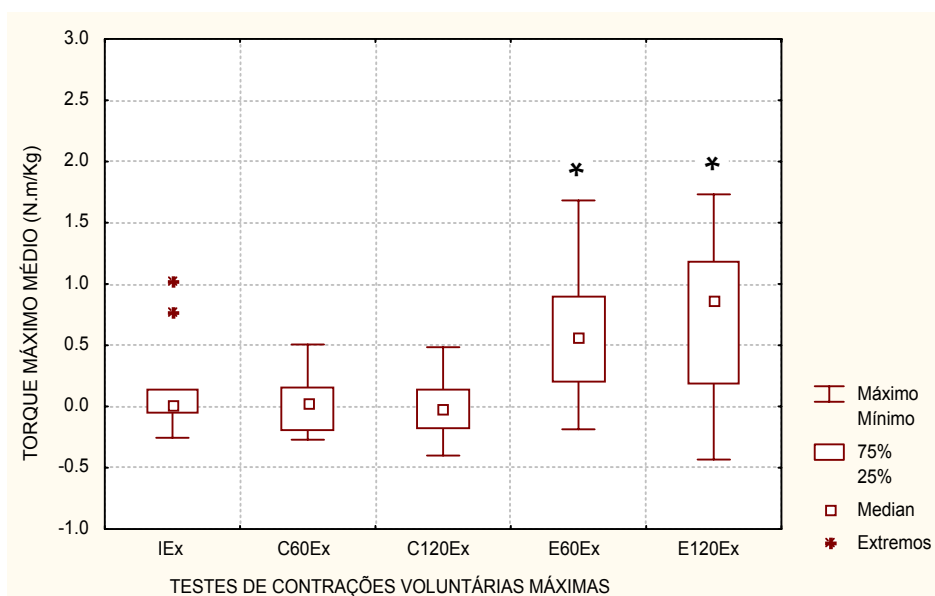


Figura 26. Dados da diferença entre os valores de torque máximo médio pré e pós treinamento, normalizados pela massa corporal (N.m/Kg), obtidos durante os testes do grupamento extensor do joelho: isométrico (IQ), concêntrico em 60°/s (C60Ex) e em 120°/s (C120Ex), excêntrico em 60°/s (E60Ex) e em 120°/s (E120Ex). (* $P < 0,05$).

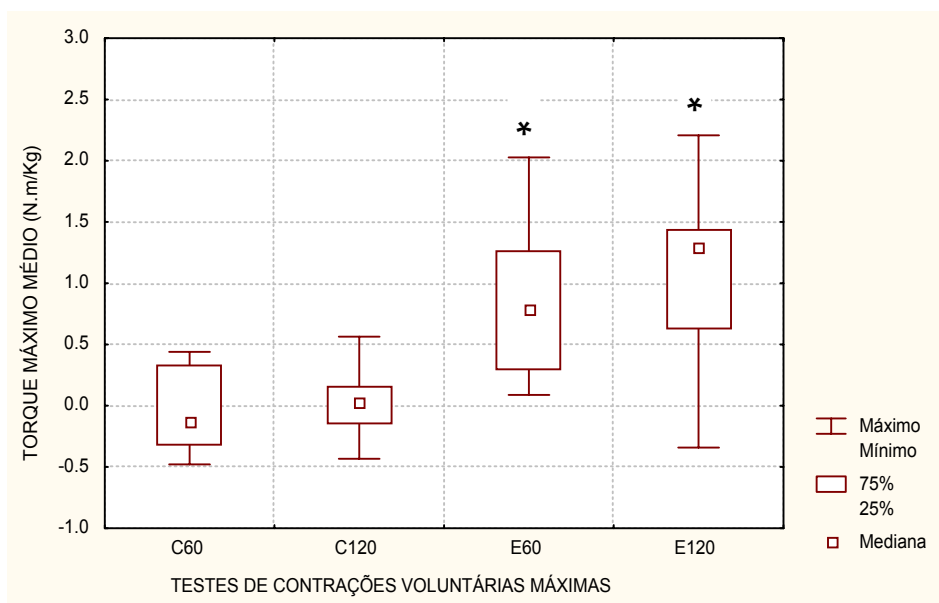


Figura 27. Dados da diferença entre os valores de torque máximo médio pré e pós treinamento, normalizados pela massa corporal, somados os dados de flexão e extensão: concêntrico em 60°/s (C60 e em 120°/s (C120), excêntrico em 60°/s (E60) em 120°/s (E120) (*P<0,05).

Os dados da razão dos valores de torque máximo médio do grupamento flexor / extensor do joelho, durante os testes de contração isométrica (I); concêntrico em 60°/s (C60) e em 120°/s (C120); excêntrico em 60°/s (E60) e em 120°/s (E120), obtidos antes (AT) e após o treinamento (PT) e a diferença entre eles (DIF.) são apresentados na tabela VII. Não foram encontradas diferenças estatísticas significantes quando comparados os dados pré e pós treinamento (figura 28).

Tabela VII. Dados da razão dos valores de torque máximo médio entre os grupamentos flexor / extensor do joelho, durante os testes de contração isométrica (I); concêntrico em 60°/s (C60) e em 120°/s (C120); excêntrico em 60°/s (E60) e em 120°/s (E120), obtidos antes (AT) e após o treinamento (PT) e a diferença entre eles (DIF.)

	I			C60			C120			E60			E120		
	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.
Mínimo	0,54	0,46	-0,08	0,38	0,44	0,05	0,42	0,50	0,08	0,41	0,33	-0,08	0,44	0,31	-0,12
1o. Quartil	0,58	0,55	-0,03	0,47	0,45	-0,02	0,51	0,53	0,02	0,53	0,50	-0,03	0,54	0,50	-0,04
Mediana	0,58	0,61	0,03	0,54	0,49	-0,04	0,56	0,59	0,03	0,59	0,57	-0,02	0,61	0,54	-0,07
3o. Quartil	0,61	0,64	0,03	0,55	0,57	0,02	0,68	0,63	-0,05	0,62	0,62	0,00	0,65	0,69	0,03
Máximo	0,66	0,77	0,11	0,72	0,61	-0,10	0,72	0,88	0,16	0,68	0,74	0,06	0,79	0,75	-0,04
Média	0,59	0,61	0,02	0,53	0,51	-0,02	0,59	0,61	0,02	0,57	0,55	-0,02	0,60	0,56	-0,04
Desvio padrão	0,04	0,09	0,06	0,09	0,07	-0,03	0,11	0,12	0,01	0,09	0,12	0,03	0,10	0,14	0,03

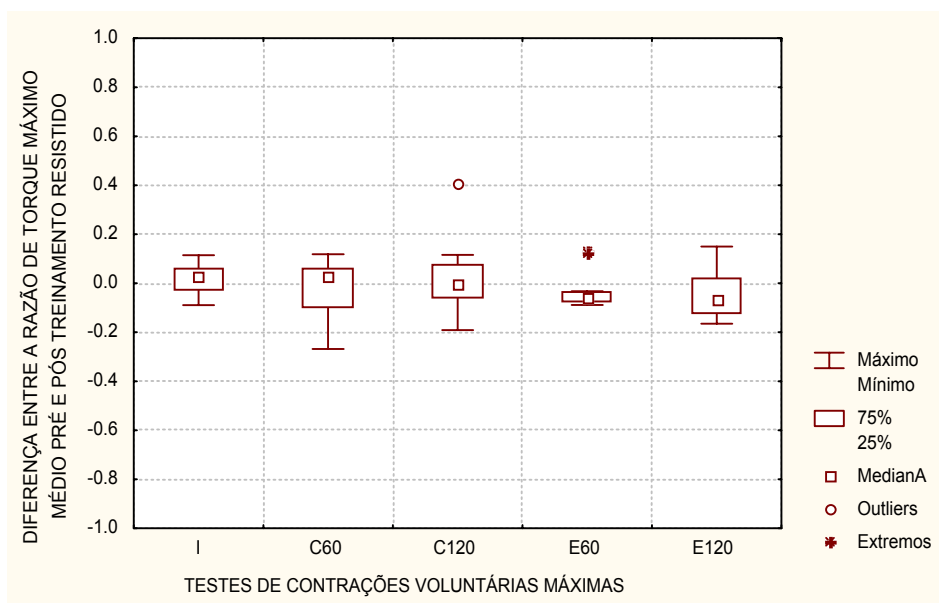


Figura 28. Dados da diferença entre os valores da razão de torque máximo médio dos flexores/extensores do joelho pré e pós treinamento, normalizados pela massa corporal: isométrico (I) concêntrico em 60°/s (C60) e em 120°/s (C120), excêntrico em 60°/s (E60) em 120°/s (E120) (*P<0,05).

3.4.2 RMS do sinal eletromiográfico do vasto lateral (μV)

Os dados de RMS do sinal eletromiográfico do vasto lateral obtidos durante os testes de contração isométrica (IEx); concêntrico em 60°/s (C60Ex) e em 120°/s (C120Ex); excêntrico em 60°/s (E60Ex) e em 120°/s (E120Ex), obtidos antes (AT) e após o treinamento (PT) e a diferença entre eles (DIF.) são apresentados na tabela VIII.

Tabela VIII. Dados de RMS do sinal eletromiográfico do vasto lateral obtidos durante os testes de contração isométrica (IEx); concêntrico em 60°/s (C60Ex) e em 120°/s (C120Ex); excêntrico em 60°/s (E60Ex) e em 120°/s (E120Ex), obtidos antes (AT) e após o treinamento (PT) e a diferença entre eles (DIF.)

	IEx			C60Ex			C120Ex			E60Ex			E120Ex		
	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.
Mínimo	1	0,73	-0,27	0,83	0,95	0,12	0,75	0,88	0,14	0,79	0,72	-0,07	0,70	0,72	0,02
1o. Quartil	1	1,19	0,19	0,93	1,12	0,18	1,01	1,01	0,00	0,82	1,15	0,32	0,84	1,09	0,25
Mediana	1	1,50	0,50	0,99	1,46	0,47	1,03	1,34	0,31	0,89	1,45	0,57	0,89	1,35	0,46
3o. Quartil	1	1,67	0,67	1,13	1,79	0,66	1,18	1,67	0,48	0,93	1,54	0,61	0,92	1,63	0,71
Máximo	1	2,70	1,70	1,38	2,96	1,58	1,32	3,24	1,93	1,11	2,05	0,94	1,10	1,84	0,74
Média	1	1,49	0,49	1,04	1,60	0,56	1,07	1,60	0,53	0,90	1,40	0,50	0,89	1,33	0,44
Desvio padrão	0	0,62	0,62	0,17	0,66	0,48	0,17	0,81	0,64	0,10	0,45	0,35	0,11	0,39	0,28

Os dados da diferença entre os valores de RMS do sinal eletromiográfico do vasto lateral, obtidos antes e após o treinamento estão apresentados na figura 29. Os valores obtidos durante os testes de extensão isométrica, concêntrica em 60°/s, excêntrica em 60°/s e em 120°/s apresentaram um aumento estatisticamente significativo, quando comparados os dados do pré com os do pós treinamento.

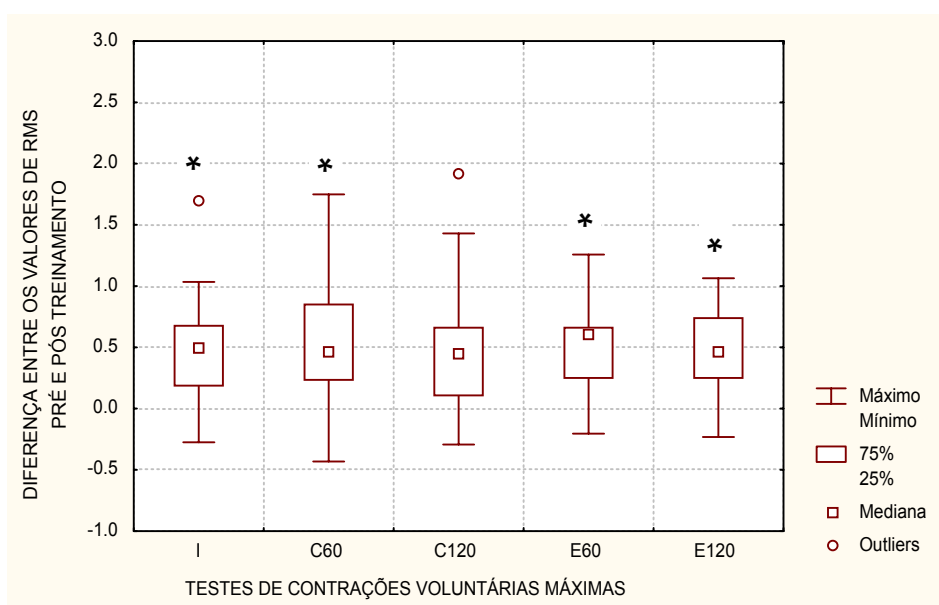


Figura 29. Dados da diferença entre os valores de RMS do sinal eletromiográfico do vasto lateral obtidos antes e após o treinamento: isométrico (IEx), concêntrico em 60°/s (C60Ex) e em 120°/s (C120Ex), excêntrico em 60°/s (E60Ex) e 120°/s (E120Ex) (* = $P < 0,05$)

3.4.3 Freqüência cardíaca (bpm).

Os dados da freqüência cardíaca de repouso obtidas antes de cada teste, no pico do esforço e a sua variação verificados durante os testes de contração isométrica de flexão (IF) e de extensão (IEx); concêntrico em 60°/s (C60) e em 120°/s (C120); excêntrico em 60°/s (E60) e em 120°/s (E120), obtidos antes e após o treinamento e a diferença entre eles, são apresentados na tabela IX, X e XI, respectivamente.

A diferença entre os dados da freqüência cardíaca de repouso, obtidos no pré e no pós treinamento são apresentados na figura 30. Não foram encontradas diferenças estatísticas significantes entre eles ($P > 0,05$).

Na figura 31 são apresentados os dados da diferença entre a variação da freqüência cardíaca obtidos durante os testes de contração voluntária máxima realizados antes e após o treinamento físico resistido. Houve um aumento significativo da ΔFC durante os testes concêntrico em 120°/s e excêntrico em 60°/s ($P < 0,05$).

Tabela IX. Dados da frequência cardíaca de repouso obtidos antes dos testes de contração isométrica de flexão (IF) e extensão (IEx); concêntrico em 60°/s (C60) e em 120°/s (C120); excêntrico em 60°/s (E60) e em 120°/s (E120), obtidos antes (AT) e após o treinamento (PT) e a diferença entre eles (DIF.)

	IF			IEx			C60			C120			E60			E120		
	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.
Mínimo	52	53	0	54	58	3	57	59	1	55	58	3	50	58	8	57	58	1
1o. Quartil	62	67	5	64	66	2	62	65	3	63	67	5	64	65	2	63	66	3
Mediana	68	69	1	70	70	0	67	69	2	68	69	1	67	69	2	70	70	0
3o. Quartil	70	74	4	73	72	-1	71	77	6	68	75	7	71	75	4	73	74	0
Máximo	77	78	1	78	78	0	81	81	0	81	80	-1	74	82	7	76	81	5
Média	67	69	2	68	69	2	67	70	3	66	70	3	66	71	5	68	71	3
Desvio padrão	7	7	0	7	6	-1	7	8	1	7	7	-1	7	8	0	6	7	1

Tabela X. Dados da frequência cardíaca obtidos no pico do esforço dos testes de contração isométrica de flexão (IF) e extensão (IEx); concêntrico em 60°/s (C60) e em 120°/s (C120); excêntrico em 60°/s (E60) e em 120°/s (E120), obtidos antes (AT) e após o treinamento (PT) e a diferença entre eles (DIF.)

	IF			IEx			C60			C120			E60			E120		
	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.
Mínimo	74	79	6	74	82	9	82	86	4	80	89	9	75	86	10	82	90	8
1o. Quartil	75	83	8	76	86	10	86	93	8	85	96	11	88	94	6	87	94	8
Mediana	80	87	8	85	88	3	91	96	5	92	98	5	89	97	8	92	98	6
3o. Quartil	93	95	2	95	95	0	98	98	0	94	103	9	101	104	3	99	107	8
Máximo	103	115	12	101	104	3	105	127	22	104	124	19	111	124	12	112	122	10
Média	84	91	7	86	91	5	92	100	8	91	101	10	92	101	9	95	101	7
Desvio padrão	11	11	1	10	8	-2	8	13	4	8	10	3	11	12	1	10	10	0

Tabela XI. Dados da variação da frequência cardíaca obtidos durante os testes de contração isométrica de flexão (IF) e extensão (IEx); concêntrico em 60°/s (C60) e em 120°/s (C120); excêntrico em 60°/s (E60) e em 120°/s (E120), obtidos antes (AT) e após o treinamento (PT) e a diferença entre eles (DIF.)

	IF			IEx			C60			C120			E60			E120		
	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.	AT	PT	DIF.
Mínimo	6	12	7	10	12	2	21	18	-3	21	21	-1	14	17	4	20	20	0
1o. Quartil	13	16	4	12	18	6	23	26	3	23	27	4	23	25	3	23	23	0
Mediana	18	22	4	15	21	5	14	28	14	16	30	14	15	31	16	11	32	21
3o. Quartil	21	26	5	22	25	3	26	33	8	25	32	7	27	33	6	28	34	6
Máximo	33	41	8	27	32	5	30	45	15	31	48	18	40	48	8	38	49	11
Média	18	22	4	18	22	4	25	30	5	25	31	6	25	30	5	27	31	4
Desvio padrão	8	8	1	6	6	0	3	8	6	3	8	5	7	9	2	6	9	3

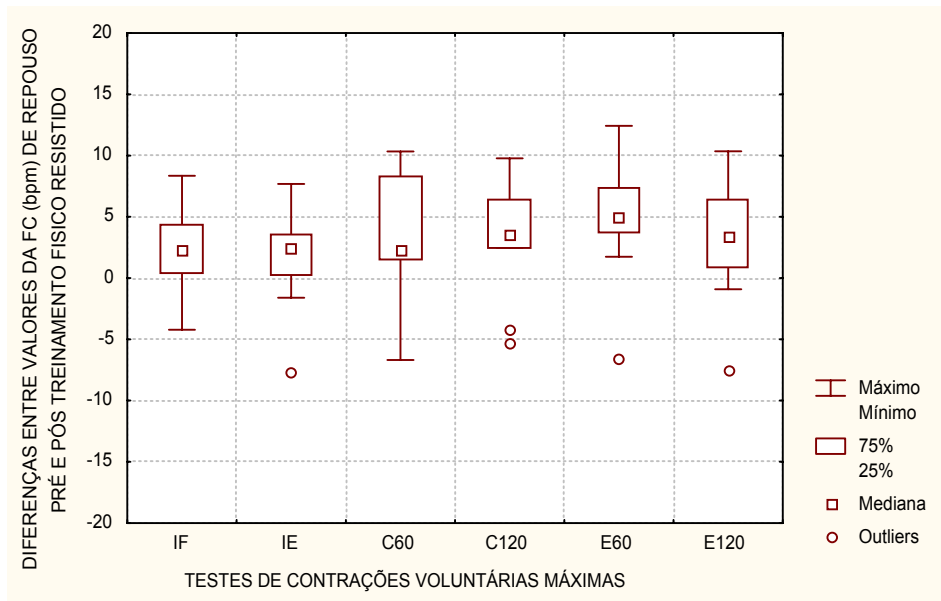


Figura 30. Dados da diferença da frequência cardíaca de repouso, obtidas antes e após o treinamento resistido antes dos testes isométricos de flexão (IF) e extensão (IEx), concêntrico em 60°/s (C60) e 120°/s (C120), excêntrico em 60°/s (E60) e 120°/s (E120).

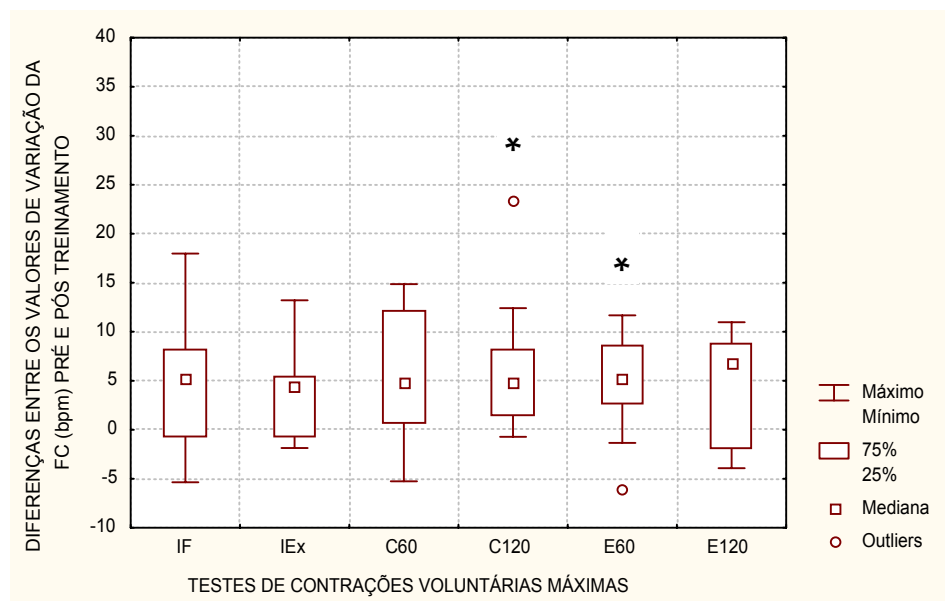


Figura 31. Dados da diferença entre as variações da frequência cardíaca obtidas antes e após o treinamento resistido durante os testes isométricos de flexão (IF) e extensão (IEx), concêntrico em 60°/s (C60) e 120°/s (C120), excêntrico em 60°/s (E60) e 120°/s (E120).

4. DISCUSSÃO

4. DISCUSSÃO

Os principais achados do nosso estudo referem à similaridade da variação da FC durante as contrações excêntricas e concêntricas, apesar do exercício excêntrico ter gerado maiores valores de torque e menores valores de EMGs durante os testes realizados antes do treinamento resistido.

Em relação as adaptações das variáveis estudadas ao treinamento resistido observamos que somente os dois testes excêntricos (60°/s e 120°/s) apresentaram aumentos estatisticamente significativos nos valores de TMM. Já os valores de RMS do sinal eletromiográfico obtidos durante os testes de extensão isométrica, concêntrica em 60°/s, excêntrica em 60°/s e em 120°/s, apresentaram um aumento estatisticamente significativo, quando comparados os dados do pré com os do pós treinamento. No que se refere às adaptações da frequência cardíaca ao treinamento resistido excêntrico em 60°/s, verificamos que houve um aumento na variação da FC durante os testes concêntrico em 120°/s e excêntrico em 60°/s, entretanto, não foram verificadas alterações na FC de repouso.

4.1. Voluntários estudados

No Brasil são consideradas idosas aquelas pessoas com idade igual, ou superior a 60 anos (BRASIL, Lei nº 10741, 2003), enquanto que para a Organização Mundial da Saúde essa classificação é a partir dos 65 anos de idade. A faixa etária média dos voluntários estudados foi de $61,78 \pm 1,72$.

O processo de envelhecimento populacional é acompanhado da presença de patologias crônico-degenerativas, assim, devido aos critérios de inclusão/exclusão estabelecidos no presente estudo, foram encontradas dificuldades na seleção da amostra, haja visto que, das 400 pessoas contatadas, aproximadamente, apenas 3,33% (12 voluntários) preencheram os requisitos necessários (descritos na metodologia). Desses, três não terminaram o

treinamento físico resistido por motivos distintos: um foi suspenso devido ao aparecimento de arritmias cardíacas sendo, no entanto, encaminhado para o tratamento cardiológico; um outro por conta do aparecimento de dores no tendão do músculo bíceps femoral, o qual foi submetido a tratamento fisioterapêutico na Unidade Saúde Escola da UFSCar e reintegrado ao grupo após a sua recuperação; e o terceiro sujeito desistiu do treinamento sem nenhum motivo definido.

Considerando que os principais objetivos deste trabalho foram investigar as adaptações da frequência cardíaca, do torque e do sinal de EMGs ao treinamento resistido, entendemos que seria interessante termos um grupo controle pareado pela idade, porém devido às dificuldades na triagem dos voluntários com o perfil requerido não conseguimos formar o grupo controle.

Assim, foi recrutado um grupo de idosos com características similares relacionadas às medidas antropométricas (massa corporal, estatura, índice de massa corporal, percentual de gordura corporal, perímetro e dobra cutânea da coxa) e fisiológicas na condição de repouso (frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e pressão arterial diastólica), considerados saudáveis após exames clínicos e laboratoriais, não fumantes e não usuários de medicamentos ou qualquer tipo de droga, com hábito de participação em atividade física.

Todos os voluntários apresentaram padrão ativo de vida em função dos mesmos praticarem, em média, 266,6±125 minutos semanais de atividade física de intensidade moderada, predominantemente aeróbia, com frequência média de três a cinco vezes por semana, tais como caminhada, corrida pedestre, hidroginástica e natação. O nível da capacidade aeróbia dos voluntários foi obtido por meio da aplicação de um teste ergoespirométrico, realizado em cicloergômetro, utilizando-se de protocolo do tipo rampa. O valor médio do VO_2 pico foi de $25,93 \pm 4,76$, portanto os voluntários foram classificados entre regular e bom, segundo a *American Heart Association* (1972).

Em relação às adaptações das variáveis antropométricas ao treinamento físico resistido, no presente estudo não foram observadas diferenças

estatísticas significativas em nenhuma delas, quando comparados os valores pré e pós treinamento. Nossos dados são similares aos encontrados por Brochu et al (2002), que não encontraram alterações na composição corporal, após 6 meses de treinamento resistido, composto de 10 exercícios, realizados duas vezes por semana, com intensidade de 50-80% de 1 RM, em mulheres de 65 a 81 anos de idade. Esses resultados podem ser em decorrência do protocolo utilizado que foi de alta intensidade, utilizando-se de dois exercícios físicos (flexão e extensão do joelho), que pode não ter sido suficiente para causar adaptações na composição corporal, da mesma forma que verificado durante protocolos de treinamento com um único tipo de exercício com características aeróbias (POLLOCK et al, 2000). Ainda, nossos dados diferem de Miller et al (1994) que verificaram uma diminuição na massa gorda após o treinamento resistido e também do trabalho de Roth et al (2001), que submetem jovens e idosos à 6 meses de treinamento resistido, três vezes por semana, utilizando-se 9 exercícios, e verificaram aumento da massa magra e manutenção da massa gorda em ambos os grupos.

4.2. Condições experimentais

Outro ponto fundamental para o controle de qualidade dos experimentos são os fatores ambientais (GALLO JR et al, 1995; QUITÉRIO et al, 2003; SILVA et al, 1999). Durante as nossas coletas, a sala foi climatizada, sendo que a temperatura e umidade relativa do ar foram similares no pré e no pós-treinamento (não foram encontradas diferenças estatísticas significantes).

4.3. Influência do tipo de contração e da velocidade angular sobre a magnitude das respostas de torque e RMS da amplitude do sinal eletromiográfico do vasto lateral.

Em relação ao tipo de contração, os nossos dados de torque máximo médio, normalizados pela massa corporal (N.m/Kg), obtidos durante as contrações voluntárias máximas dos músculos flexores e extensores do joelho, realizadas

antes do treinamento físico resistido, são concordantes com os trabalhos que encontraram que o torque excêntrico (BABAULT et al, 2001; GRABINER et al, 1999; HORSTMANN et al, 1994 e 2001; KELLIS & BALZPOULOS, 1995; KELLIS et al, 1998; KOMI et al, 2000; LINNAMO et al, 2002; WU et al, 1997) e o isométrico (BABAULT et al, 2001 e 2002; QUITÉRIO et al, 2005) são maiores que o concêntrico, e que o isométrico e o excêntrico são similares (BABAULT et al, 2001 e 2002; GRABINER et al, 1999). Entretanto, divergem daqueles que encontraram o torque excêntrico significativamente maior que o isométrico (HOLDER-POWELL, 1999; HUGGETT et al, 2004). Essas divergências na literatura podem ser atribuídas aos métodos de mensuração e análise do torque e da velocidade angular utilizadas nos testes. Neste estudo foi utilizado o torque máximo médio, já que as respostas da outra variável dependente, a frequência cardíaca, são decorrentes do esforço empreendido durante todo o período de contração voluntária máxima.

Em relação à velocidade angular, na presente investigação não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os valores de torque excêntrico quando comparadas as duas velocidades angulares estudadas (60°/s e 120°/s), o que está de acordo com alguns trabalhos (HOLDER-POWELL 1999; HORSTMANN et al, 1994; KOUTEDAKIS 1995; MALFATI et al, 2006; QUITÉRIO et al, 2006) e difere de outros (KELLIS & BALZPOULOS, 1995 e 1998; RIZZARDO et al, 1988). Em relação ao torque concêntrico, assim como em outros estudos (FRONTERA et al, 1991; GERDLE et al, 1988; HOLDER-POWELL, 1999; HORSTMANN et al, 1994; KAWAKAMI et al, 2001 e 2002; KELLIS & BALZPOULOS, 1998; KOUTEDAKIS et al, 1995; WU et al, 1997;), verificamos uma diminuição no torque com o aumento da velocidade, porém, difere daqueles que não encontraram influência da velocidade durante as contrações concêntricas (BABAULT et al, 2002; CRAMER 2002).

Quanto a EMGs, alguns autores (BABAULT et al, 2001; BASMAJIAN & DELUCA, 1985; LARSSON et al, 2002) utilizam o sinal eletromiográfico como um recurso para inferir o nível de atividade neural associada com a contração muscular. Como a amplitude do sinal de EMGs depende do número de unidades

motoras recrutadas e da frequência de despolarização de cada unidade motora ativa, é razoável esperar que a força muscular possa ser estimada a partir da EMGs (FARINA et al, 2004). Entretanto, tem que ser levado em consideração que alguns fatores, fisiológicos (propriedades da membrana da fibra muscular e das unidades motoras) e não fisiológicos (anatômicos, geométricos, físicos e sistema de detecção) influenciam esta relação (FARINA et al, 2004) e, portanto, precisam ser criteriosamente observados durante a aquisição do sinal eletromiográfico.

Ainda, considerando que grande parte da variância da amplitude do sinal de EMGs pode ser explicada pela quantidade e propriedades do tecido subcutâneo que separa o músculo e o eletrodo (NORDANDER et al 2003), no presente estudo, além dos critérios e cuidados metodológicos para a captação do sinal mioelétrico mencionados, incluímos a avaliação da dobra cutânea da coxa, para selecionar os indivíduos com valores similares desta medida e, portanto, diminuir a variância dos dados eletromiográficos.

Dessa forma, os dados mioelétricos do vasto lateral, obtidos durante as contrações concêntricas foram superiores aos das contrações excêntricas. O maior torque e menores valores de EMG durante excêntrico (BABAULT et al, 2001; KELLIS & BALZPOULOS, 1998; LINNAMO et al, 2002), quando comparados aos obtidos durante as contrações concêntricas, pode ser atribuído à contribuição adicional dos componentes elásticos passivos na maior geração de força durante a contração excêntrica (KOMI et al, 1987; STAUBER, 1989; WESTING et al, 1991;), apesar da contração realizada excentricamente estar associada a menores níveis de ativação muscular, sugerindo que o sistema nervoso central não ativa totalmente o *pool* de motoneurônios (BABAULT et al, 2001; LINNAMO et al, 2002; SALE, 1988; WESTING et al, 1990;), o que poderia refletir tanto propriedades periféricas quanto centrais do sistema neuromuscular influenciando as respostas relativas às contrações (FARINA et al, 2004).

O mecanismo neural inibitório relacionado às estruturas periféricas como os fusos musculares, receptores articulares e órgãos tendinosos de Golgi, previne o aumento de força durante esforços voluntários concêntricos com baixa velocidade angular e esforços excêntricos máximos, contribuindo como um efeito

protetor em relação à ocorrência de lesões (BABAULT et al, 2001). Em particular, o papel inibitório dos órgãos tendinosos de Golgi tem sido enfatizado por sua função em fornecer informações ao SNC em relação às mudanças na tensão muscular e propiciar a coativação dos músculos antagonistas (RIEMANN & LEPHART, 2002), que é menor durante as contrações excêntricas e, portanto, pode ser um fator adicional, responsável pelo maior torque produzido neste tipo de contração (KELLIS & BALZPOULOS, 1998). Além disso, as ações excêntricas envolvem a conexão/desconexão contínua de ligações das pontes cruzadas (actomiosina) ocorrendo antes que o ATP seja liberado, necessitando de mais força comparada com a formação normal que ocorre durante as contrações concêntricas (STAUBER et al, 1989).

As mudanças no *drive* neural confirmam a existência de um mecanismo de regulação-tensão que influencia o sistema neuromuscular, significando que o *drive* eferente é regulado de acordo com a capacidade de geração de força, possibilitando a máxima eficiência entre o *drive* neural e as propriedades musculares intrínsecas (BABAULT et al, 2002) o que contribuiria para a preservação da integridade músculo-esquelética.

Em relação à influência da velocidade angular sobre as respostas eletromiográficas, no presente estudo não foram encontradas diferenças estatísticas entre os testes realizados em 60°/s e 120°/s, tanto no concêntrico, como no excêntrico, o que está de acordo com alguns trabalhos (BABAULT et al, 2002; BURDEN et al, 1999; CRAMER et al, 2002; GERDLE et al, 1988; KAWAKAMI et al, 2001) e difere de Kellis & Baltzopoulos (1998). Ressalta-se que no trabalho de KAWAKAMI et al (2001), que estudaram as velocidades de 30°/s, 60°/s, 90°/s, 120°/s, 150°/s e 200°/s, os autores encontraram diferenças significativas na amplitude de EMG somente entre os testes em 200°/s comparativamente a 30°/s, 60°/s e 90°/s. Considerando que o processo de envelhecimento é acompanhado de uma perda predominante de fibras do tipo II (ACSM, 1998) que causam déficits na ativação muscular (WILLIAMS et al, 2002), e ainda que o sinal mioelétrico possa estar relacionado com a proporção dos tipos de fibras presentes no músculo (GERDLE et al, 2000), é possível que as

adaptações relacionadas ao envelhecimento, associadas à diferença entre as velocidades angulares utilizadas no presente trabalho ($60^\circ/s$ e $120^\circ/s$), sejam as causas da similaridade nas respostas de torque e de amplitude da EMG apresentadas.

Para a análise do torque máximo médio, os dados de flexão e extensão do joelho foram discutidos separadamente. Como as respostas da frequência cardíaca são resultantes do esforço empreendido durante todo o período de teste, ou seja, de ambos os movimentos em conjunto, os valores de torque obtidos durante a flexão e extensão dos exercícios dinâmicos foram somados, porém serão discutidos somente no item 4.5, relacionado com a frequência cardíaca.

Adicionalmente, analisamos a razão entre a força dos flexores (FJ) e dos extensores (EJ) do joelho, haja visto que o balanço muscular é importante, pois os grupos musculares que tem ações opostas sobre uma articulação tem a função de produzir movimentos mais suaves e coordenados, no entanto tem sido postulado que o desequilíbrio entre as forças dos grupos musculares recíprocos predispõe a articulação ou os músculos a lesões (PERRIN, 1993). Na presente investigação não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre as razões de torque dos flexores/extensores do joelho. E os resultados encontrados estão de acordo com a literatura que refere que a razão é de 0,60 durante as contrações concêntricas e entre 0,45 e 0,70 para contrações excêntricas (KELLIS & BALZPOULOS, 1995).

Já, em relação a influência da velocidade angular sobre a razão da força, os dados são menos conclusivos. Alguns trabalhos têm verificado aumento na razão FJ/EJ durante exercícios concêntricos (ALEXANDER, 1990; COLLIANDER & TESCH, 1989; GLENA et al, 1991; HAGEMAN et al, 1988) e excêntricos (COLLIANDER & TESCH, 1989), porém nossos dados estão de acordo com aqueles que não encontraram mudanças durante as contrações concêntricas (WESTING & SEGER, 1989) e excêntricas (ALEXANDER, 1990; HAGEMAN et al, 1988; WESTING & SEGER, 1989).

Portanto, os voluntários da presente investigação apresentaram um bom equilíbrio entre as forças dos flexores e dos extensores, o que pode ter contribuído para uma menor incidência de lesões.

4.4. Efeito do treinamento físico resistido sobre a magnitude das respostas de torque e da atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral, durante contrações isométricas, concêntricas e excêntricas voluntárias máximas.

Considerando que no presente trabalho o treinamento aplicado foi excêntrico, inicialmente faremos uma discussão sobre o impacto deste sobre as respostas de torque excêntrico e na seqüência discutiremos o efeito desse treinamento sobre a magnitude da força gerada em outros tipos de contrações e velocidades testadas.

Em relação ao aumento de torque no respectivo tipo de contração treinada (excêntrica em 60°/s), verificamos um aumento médio de 19,7% e 27,1%, para o grupamento flexor e extensor, respectivamente. A literatura (FERRI et al, 2003; HORTOBÁGYI et al, 2000; IZQUIERDO et al, 2003; KNIGHT et al, 2001; LEMMER et al, 2000; TREUTH et al, 1994) têm referido aumentos de 27% a 47% em idosos, porém, esses valores podem variar em função da capacidade física inicial, e da faixa etária investigada, chegando a atingir 226,7% (FIATARONE et al, 1990; FRONTERA et al, 1988).

Segundo alguns autores (HÄKKINEN et al, 1987; SCHIOTZ et al, 1998), o ganho de força pode chegar a 40% em indivíduos não treinados, 20% em treinados moderadamente, 16% nos treinados, 10% em pessoas altamente treinadas e 2% em atletas de elite, durante períodos de 4 semanas a 2 anos.

Os mecanismos responsáveis pelo aumento da força muscular do idoso submetido ao treinamento resistido não estão totalmente compreendidos, mas a literatura tem referido algumas adaptações que incluem mudanças na função neural - aumento no recrutamento e freqüência de disparo das unidades

motoras - (HÄKKINEN et al, 1998; MILNER-BROWN et al, 1975; SALE, 1992), hipertrofia muscular (ALWAY, 1989; HÄKKINEN et al, 2000; HIKIDA et al, 2000; McCALL et al, 1996), alterações na arquitetura do músculo (KAWAKAMI et al, 1993) e no metabolismo (aumento nos níveis séricos de hormônios anabolizantes - testosterona e hormônio de crescimento; e fatores de crescimento – *insulin growth factor*, IGF-1) (ROONNEY et al, 1994; SMITH & RUTHERFORD, 1995).

É amplamente aceito que o aumento inicial da força muscular nas primeiras semanas de treinamento resistido de sujeitos destreinados resulta, primariamente, das adaptações neurais dos músculos treinados (KOMI, 1986; MACALUSO et al, 2000; MORITANI & De VRIES, 1980; SALE, 1988), às quais incluem aumento da ativação muscular (número de unidades motoras recrutadas, frequência de disparo e sincronização individual das unidades motoras), melhora na coordenação dos músculos sinergistas e antagonistas e aumento no *drive* neural a partir dos níveis superiores do sistema nervoso central, sem que ocorra o aumento da massa muscular (SALE, 1988). Este período inicial tem sido chamado de “fase neural” do treinamento de força, em contraste com o período tardio chamado de “fase hipertrófica” (IZQUIERDO, 2003; SPURWAY, 2000).

A hipertrofia do músculo esquelético em resposta ao treinamento resistido depende da exposição do tecido muscular a uma combinação favorável do estímulo de treinamento e de recuperação. Entretanto, não está totalmente esclarecido qual, seria o estímulo de treinamento mais adequado para o crescimento muscular. Contudo, Jones et al (1992) têm mostrado a necessidade do treinamento em altas intensidades, enquanto outros (KRAEMER et al, 1990, 1991; GOTSHALK et al, 1997) enfatizam a utilização de grande volume para que seja estimulado o hormônio de crescimento.

Assim sendo, as adaptações músculo-esqueléticas do idoso ao treinamento resistido têm sido estudadas usando-se dois tipos de programas (BROWN, McCARTNEY & SALE, 1990; FIATARONE et al, 1990; FRONTERA et al, 1988): o primeiro modelo consiste da aplicação inicial, de 50% de 1 RM e com repetições altas (3 séries de 8 a 15 repetições) e progridem até 90% de 1 RM reduzindo-se o volume para 3 séries de 4 a 6 repetições. Já o segundo modelo

consiste de 2 a 6 séries de 8 repetições com, aproximadamente, 80% de 1 RM (ACSM, 2002; FIATARONE et al, 1990; FRONTERA et al, 1988; MACALUSO, 2004). Com relação ao número de sessões semanais, alguns pesquisadores (FRONTERA et al, 1988; HUNTER et al, 1999; MACALUSO, 2004) têm sugerido três treinos semanais, entretanto tem sido reportado (TAAFFE et al, 1999) que o treinamento realizado 1 ou 2 vezes por semana resulta em similar ganho de força. Apesar dessas orientações, o número ótimo de séries e repetições, assim como o número total de exercícios para a prescrição de exercício resistido ainda está aberto ao debate. Estudos utilizando-se de 2 (DUDLEY et al, 1985), 3 (KRAEMER, 1997, STARON et al, 1994), 4-5 (DUDLEY et al, 1991; HORTOBÁGYI et al, 1996) e 6 ou mais (HOUSH et al, 1992; SALE et al, 1990) séries por exercício tem produzido significativo aumento na força muscular em indivíduos treinados e não treinados (ACSM, 2002). Tem sido referido que o mais importante é que o indivíduo progrida sempre realizando os exercícios com boa técnica (ACSM, 1998).

No presente trabalho o protocolo de treinamento constou de duas sessões semanais de contração excêntrica na velocidade angular de $60^{\circ}/s$, em dinamômetro eletrônico, e amplitude de movimento de 30° a 90° (extensão total do joelho = 0°), com intensidade de 70% a 80% do torque pico e o volume de 2 a 4 séries de 8 a 12 repetições (RHEA et al, 2003), com um período de dois minutos de recuperação entre as séries (ACSM, 2002). É importante ressaltar que a intensidade e volume do treinamento foram reajustados quinzenalmente, considerando-se a aplicação do princípio da interdependência volume-intensidade, que tem como objetivo prevenir a ocorrência de lesões musculares, além de promover uma variação sistemática dos parâmetros de prescrição, o que torna o programa mais efetivo para a adaptação ao treinamento resistido (STONE et al, 2000).

O aumento nos valores no TMM após o treinamento verificado no presente estudo, sem aumento correspondente na massa muscular, pois não observamos aumento no perímetro da coxa e no percentual de massa magra, são similares ao de outros autores (IZQUIERDO et al, 2003; MACALUSO et al, 2000;).

Entretanto, difere daqueles que verificaram uma hipertrofia, resultante do treinamento excêntrico, mais significativa na região distal da coxa (McDOUGALL et al, 1980) e daqueles que encontraram aumento da massa muscular em curtos períodos de tempo, de 3 a 4 meses, utilizando tomografia computadorizada para análise da composição corporal, de indivíduos com o nível de força inicial muito baixo e faixa etária bem acima dos sujeitos da presente investigação (FRONTERA et al, 1988 e 1990) e portanto, com uma reserva de adaptação ao treinamento diferenciada a dos voluntários do presente estudo.

A respeito das adaptações musculares relacionadas ao tipo de fibras, alguns não encontraram mudanças nos tipos de fibras (SEGER et al, 1998) e outros verificaram aumento na composição das fibras do tipo I (STARON et al, 1990). Porém a maioria dos estudos sobre treinamento resistido reporta aumento no percentual, de fibras do tipo IIA e/ou redução nas fibras do tipo IIB (ADAMS et al, 1993; NARDONE et al, 1989; STARON et al, 1994). Já o trabalho de PADDON-JONES et al (2001) foi o primeiro a demonstrar aumento no percentual de fibras do tipo IIB após treinamento excêntrico. Isto pode estar relacionado com o princípio do tamanho que tem sido proposto para o recrutamento das unidades motoras, em que as maiores unidades motoras são recrutadas em altos níveis de tensão e recebem maiores cargas que as das atividades de vida diária (HENNEMAN, 1957). Porém, no presente estudo não foi realizada a biópsia muscular para verificar essas possíveis adaptações nos tipos de fibras musculares e suas influências sobre o torque e atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral.

Assim, quando as adaptações nas capacidades de performances são atribuídas a fatores neurais uma das características é a especificidade, ou seja, o aumento da força muscular pode ser evidente em um tipo de contração e não em outro (ENOKA, 1997). Um dos fatores associado a esta especificidade é o tipo de ação muscular usada (isométrica, concêntrica ou excêntrica). No presente trabalho, o aumento na força muscular após o treinamento, foi significativo somente para o tipo de contração treinada, o que está de acordo com as investigações que encontraram que as adaptações induzidas pelo treinamento

excêntrico é modo-específico (DUNCAN et al, 1989; HIGBIE et al, 1996; HORTOBÁGYI et al, 1996; RYAN et al, 1991), e difere de outros (KOMI & BUSKIRK, 1972; PADDON-JONES et al, 2001; RYAN et al, 1991) que verificaram aumento em ambos, torque concêntrico e excêntrico, após treinamento excêntrico.

Além desses fatores neurais e hipertróficos, tem sido referido (NARICI et al, 2004) que, ambos, comprimento do fascículo do músculo em repouso e o ângulo de penação aumentaram significativamente de 8-10% e 28-35%, respectivamente, após o treinamento resistido. O aumento no comprimento do fascículo é compensado pelo aumento na tensão do tendão, habilitando as fibras musculares a manterem o “range” operacional na relação força-comprimento. Portanto, a hipertrofia induzida pelo treinamento está associada às adaptações na arquitetura muscular que, junto com o aumento da tensão do tendão, representa a mais efetiva adaptação contra a diminuição da massa muscular que ocorre durante o processo de envelhecimento.

A eletromiografia é uma das técnicas mais adotadas para avaliar as adaptações neurais ao treinamento resistido (HÄKKINEN et al, 1998; HÄKKINEN & HÄKKINEN, 1995; MORITANI & De VRIES, 1980), sendo que a quantificação do sinal, utilizando-se do índice RMS provê uma medida da amplitude do sinal eletromiográfico (De LUCA, 1997) e reflete tanto o número quanto a frequência de despolarização das UM ativas (BASMAJIAN & De LUCA, 1995; ESPÓSITO et al, 1996).

No presente trabalho foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre os dados de RMS da EMGs do vasto lateral nos testes isométrico de extensão, concêntrico em 60°/s e excêntrico em 60°/s e 120°/s, comparando-se os valores antes e após o treinamento resistido dos respectivos testes. Considerando que as adaptações musculares, no que se refere ao recrutamento e frequência de disparo das unidades motoras, não foram específicas para o tipo de contração e velocidade utilizadas no treinamento, ou seja, excêntrico em 60°/s, e que o aumento de torque ocorreu somente nas contrações excêntricas, conclui-se que os aumentos da RMS verificados nos testes de extensão isométrica e concêntrico em 60°/s não foram suficientes para

aumentar o torque máximo médio nesses tipos de contrações. Portanto, a melhora do padrão de recrutamento das unidades motoras poderá ocorrer nos tipos de contrações não treinadas, porém o aumento da força muscular, por ser modo-específico, poderá ser significativo somente no tipo de contração treinada.

Nossos achados estão de acordo com Häkkinen et al (1998), que após submeterem grupos de indivíduos de meia idade e idosos a seis meses de treinamento resistido de alta intensidade (50 a 80% de uma repetição máxima), verificou aumento na força acompanhado pelo aumento na ativação neural voluntária dos músculos agonistas (vasto lateral e vasto medial) de idosos, apesar de terem utilizado a contração concêntrica no treinamento. O aumento na secção transversa foi menor em magnitude em comparação com as mudanças na ativação neural voluntária. Estes autores sugerem que as adaptações neurais são mais significativas que a hipertrofia para explicar o ganho de força em pessoas de meia idade e idosos.

Grande parte das divergências dos resultados de torque e EMG verificados na literatura podem ser atribuídas a fatores metodológicos, pois as adaptações ao treinamento são específicas ao estímulo aplicado e estão associadas com o tipo de contração muscular (DUDLEY et al, 1991; HATHER et al, 1991), velocidade angular (DUDLEY et al, 1991), amplitude do movimento (BANDY et al, 1993), grupo muscular treinado (FLECK et al, 1997), sistema energético envolvido (ROBERGS et al, 1991), intensidade e volume (SCHLUMBERGER, 2001) utilizados no protocolo de treinamento.

Um outro aspecto da especificidade das adaptações neuromusculares ao treinamento resistido é a velocidade angular utilizada, que tem sido extensivamente discutida, mas não têm sido apresentadas conclusões definitivas (BEHM & SALE 1993; KELLIS e BALZOUPOULOS 1995). No presente estudo, não foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre as duas velocidades estudadas (60°/s e 120°/s), tanto para flexão, quanto para extensão. O que está de acordo com aqueles (KELLIS e BALZOUPOULOS, 1995; PETERSEN et al, 1989; PADDON-JONES et al, 2001) que afirmam que o treinamento excêntrico não é velocidade-dependente e divergem de outros

(FRONTERA et al, 1988; NARICI et al, 1989; SEGER et al, 1998) que afirmam o contrário. Considerando que o treinamento excêntrico em altas velocidades aumenta o risco de lesões; que o idoso apresenta uma diminuição das fibras musculares de contração rápida; e ainda que ocorrem adaptações no padrão de recrutamento das unidades motoras em velocidades superiores (120°/s) a utilizada no treinamento (60°/s), sugerimos que o treinamento excêntrico em 60°/s é seguro e adequado para os idosos, trazendo benefícios no que se refere ao aumento da força muscular e do recrutamento das unidades motoras (EMGs). Tal fato poderia auxiliá-los na execução de tarefas motoras mais rápidas do que as utilizadas no treinamento.

Diferenças metodológicas como grupo muscular estudado, equipamento utilizado, posicionamento do sujeito (ângulo articular do quadril e joelho), arco de movimento e padrão de treinamento torna difícil comparar diretamente os resultados dos diferentes estudos, já que estes fatores podem alterar dramaticamente a interpretação dos resultados (PADDON-JONES, 2001).

Considerando que as adaptações ao treinamento resistido estão relacionadas a outros fatores que não investigamos, tais como, co-ativação dos músculos antagonistas, área de secção transversa do músculo, alterações no tecido conjuntivo, mudanças na arquitetura e nos tipos de fibras musculares, metabolismo energético e hormonal, teria sido importante incluir estas análises no estudo, no entanto isto não foi possível do ponto de vista operacional.

Particularmente, no caso da investigação da co-ativação dos antagonistas, inicialmente a EMGs do músculo bíceps femoral havia sido incluída em nosso estudo. Todavia, não foi possível eliminar todo o contato do eletrodo, posicionado sobre este músculo, com o assento do dinamômetro, o que impediu a coleta de sinal de boa qualidade, principalmente durante os movimentos de extensão concêntrica e flexão excêntrica.

Carolan & Cafarelli (1992) referem que o aumento na força dos extensores do joelho, após oito semanas de treinamento de força, foi associado com uma marcante redução no nível de co-ativação dos músculos flexores do joelho, mais evidente nas primeiras semanas de treinamento, o que diverge de

Hortobágyi et al (2000) que citam que o ganho de força independe das mudanças na atividade de coativação dos antagonistas e é atribuído ao aumento da ativação muscular. Assim, devido a limitação explicitada não é possível neste estudo fazermos inferência sobre a co-ativação de músculos antagonistas.

Ainda em relação à eletromiografia de superfície, um dos fatores que influenciam a magnitude do sinal é a localização dos eletrodos sobre o músculo (FARINA et al, 2004). Para atender os padrões internacionais de realização da EMGs, no presente estudo, utilizamos as orientações do SENIAM (HERMENS et al, 2000), entretanto, por mais criteriosos que possamos ter sido na fixação do eletrodo, uma vez que este procedimento foi realizado pelo mesmo avaliador na avaliação e na reavaliação, a recolocação do mesmo pode ter contribuído para alterar a relação superfície do eletrodo e distribuição/número de unidades motoras naquela região do músculo, comparada a avaliação pré-treinamento.

Um outro ponto a ser considerado, é que durante contrações dinâmicas o movimento da região do músculo onde é feita a detecção do sinal mioelétrico é alterada (MASUDA et al, 1999) o que implica na possibilidade de mudança na amplitude do sinal, devido razões geométricas e não, necessariamente, em consequência do diferente nível de ativação. Com a finalidade de analisar o nível de variância dos dados verificamos que o coeficiente de variabilidade (ERVILHA et al, 1998) dos nossos dados de RMS foram, relativamente, baixos no pré e pós-treinamento, respectivamente: concêntrico em 60°/s = 16% e 16%; concêntrico em 120°/s = 18 e 20%; excêntrico em 60°/s = 11% e 16%; excêntrico em 120°/s = 11% e 17%.

4.5. Influência do tipo de contração e da velocidade angular sobre a magnitude das respostas da frequência cardíaca às contrações isométricas, concêntricas e excêntricas, antes e após o treinamento físico resistido.

Em relação à variação da frequência cardíaca verificada antes do treinamento resistido, ambos os testes isométricos apresentaram menores valores

de variação da frequência cardíaca em relação aos testes dinâmicos (concêntrico e excêntrico em 60°/s e 120°/s). Menores valores de torque e maior variação da FC durante o exercício concêntrico, em relação ao isométrico, também tem sido verificado em outros estudos (HAENNEL 1992; HORSTMANN et al, 1994; IELLAMO et al, 1997; QUITÉRIO et al, 2005). Apesar de o exercício excêntrico ter gerado maiores valores de torque e menores valores de EMGs que o exercício concêntrico, a variação da FC foi similar nesses dois tipos de contração, ou seja, a mesma não foi influenciada pelas diferenças mecânicas e fisiológicas dessas contrações, o que diverge de alguns autores (DURAND et al, 2003; HORTOBÁGYI et al, 2000; HORSTMANN et al, 1994; MAYER et al, 1999) que referem que o exercício concêntrico resulta em maior incremento da FC. Entretanto, Haennel et al (1992) e Overend et al (2000) citam que estas diferenças são observadas quando os dois tipos de contrações são executados com o mesmo valor de torque absoluto.

Considerando que o aumento da FC observado durante os 10 segundos iniciais do exercício físico voluntário é, exclusivamente, dependente da retirada vagal sobre o nó sinusal, (FREYSCHUSS, 1970; GALLO JR et al, 1988; HAENNEL et al, 1992; MACIEL et al, 1987; ROWELL, 1990) e este mecanismo predomina na regulação do incremento da FC até 30 s de esforço (MACIEL et al, 1986), tais divergências são atribuídas à distinção dos protocolos: enquanto que os autores acima referidos (HORSTMANN et al, 1994; MAYER et al, 1999) utilizaram 1 minuto de contração, neste estudo os testes tiveram a duração média de 12 segundos.

Especificamente no caso das contrações isométricas, onde os testes dos flexores e dos extensores do joelho foram realizados isoladamente, verificamos que a magnitude das respostas da FC foi similar, o que indica, neste caso, que a massa muscular não influenciou as respostas da frequência cardíaca. A partir desses dados podemos inferir que as diferenças morfofuncionais entre os grupos flexores e extensores do joelho podem explicar a maior geração de TMM pelo grupamento extensor do joelho, porém, essas diferenças não influenciam as respostas da FC ao exercício isométrico, o que está de acordo com alguns

trabalhos (McCLOSKEY & STREATFEILD, 1975; MORAES et al, 2002; QUITÉRIO, 2002), que, neste caso, sugerem que a intensidade relativa da contração muscular envolvida, e não a massa muscular envolvida determina as respostas cardiovasculares. Porém, esses resultados divergem daqueles encontrados por outros autores que investigaram exercício estático (MITCHELL, 1990; NAGLE et al, 1988; SEALS et al, 1983;) e dinâmico (HAENNEL et al, 1992), e referem que as respostas da FC são dependentes da massa muscular. Deve-se considerar que os protocolos experimentais usados por estes autores foram diferentes dos utilizados nesta pesquisa, quanto aos grupos musculares estudados, porcentagem da CVM e a duração/número de repetições dos testes.

Quando analisados os efeitos agudos da velocidade angular utilizadas na execução dos exercícios dinâmicos sobre a frequência cardíaca, os nossos dados corroboram com outros achados, como o de Haennel et al (1992), que estudaram um grupo de jovens ao exercício concêntrico nas velocidades de 30°/s, 90°/s e 150°/s; Malfatti et al (2006), que submeteram homens jovens a cinco contrações musculares excêntricas do quadríceps, nas velocidades angulares de 30°/s, 60°/s e 120°/s e Quitério et al (2006) que não encontraram diferenças na variação da FC de homens idosos submetidos a contrações concêntricas e excêntricas em 60°/s e 120°/s. Considerando que, se fixarmos o mesmo número de contrações em testes com velocidades angulares diferentes, a duração dos mesmos será distinta, assim na presente investigação, o número de contrações em cada teste foi definido em testes pilotos, de forma que todos apresentassem, aproximadamente, a mesma duração.

Nossos achados são suportados por um estudo experimental (MITCHELL, 1990) muito bem conduzido, que mostrou, de modo muito claro, que o comando central e o mecanismo neural reflexo são importantes mecanismos envolvidos na resposta cardiovascular ao exercício físico. O comando central está relacionado com a atividade neural, responsável pelo recrutamento de unidades motoras e as respostas cardiovasculares iniciais, determinando mudanças imediatas no nível de atividade autonômica sobre o coração. Por meio do mecanismo neural reflexo, impulsos relacionados às atividades mecânica do

exercício são transmitidos primariamente a partir das terminações nervosas do tipo III, que atingem a área de controle cardiovascular quase que simultaneamente com os impulsos neurais transmitidos pelo comando central. Este grupo (tipo III) agrega fibras finamente mielinizadas, chamadas de mecanorreceptores, que, na sua maioria, são ativadas pelas deformações que ocorrem no músculo em contração. Já os impulsos neurais aferentes relacionados à atividade metabólica do músculo são transmitidos pelas fibras do tipo IV, que atingem a área de controle cardiovascular com certo atraso, pois são dependentes do aumento de concentração de alguns produtos metabólicos. O grupo IV é composto por fibras não mielinizadas que têm menor velocidade de condução e estão associadas com os vasos e sistema linfático e, na sua maior parte, são estimuladas pelas mudanças metabólicas que ocorrem durante a contração muscular e são chamadas de metabolorreceptores; que funcionariam somente como nociceptores e que são responsáveis pela sensação de dor muscular (COOTE et al, 1971; MITCHELL et al, 1983; MITCHELL, 1990).

Por outro lado, as fibras sensitivas (aferentes) dos grupos I e II dos músculos esqueléticos, quando ativadas eletricamente ou quimicamente, mostram pequenas ou nenhuma resposta cardiovascular (MITCHELL, 1990). O grupo I inclui as fibras mielinizadas de grosso calibre e com alta velocidade de condução e é dividido em dois subgrupos: as fibras do tipo IA são os fusos neuromusculares (terminações nervosas primárias), mais sensíveis à velocidade de variação do comprimento; e os receptores Ib são os órgãos tendinosos de Golgi, localizados na inserção tendinosa das fibras musculares, situando-se, portanto, em série com o músculo, o que o torna apropriado para detecção da tensão muscular (JAMI, 1992). O grupo II possui fibras mielinizadas de médio calibre, com menor velocidade de condução que as do tipo I, e incluem os receptores musculares nervosos secundários (fusos neuromusculares), que detectam, essencialmente, o comprimento estático do músculo, e os corpúsculos lamelosos (Paccini) classificados como receptores dinâmicos (MITCHELL, 1990).

Portanto, a similaridade das respostas da frequência cardíaca durante os testes dinâmicos (concêntrico e excêntrico) de curta duração pode

estar mais relacionada à irradiação central, que a fatores periféricos proprioceptivos (fusos musculares, responsáveis pela detecção do comprimento e suas respectivas variações no tempo; e os órgãos tendíneos de Golgi) envolvidos na sinalização da tensão muscular realizadas em $60^\circ/\text{s}$ e $120^\circ/\text{s}$.

Já a possível causa das diferenças das respostas da FC encontradas entre as contrações estáticas e dinâmicas pode estar associada às diferenças do fluxo sanguíneo nos músculos em contração. Enquanto que durante o exercício dinâmico a alternância dos ciclos de contração e relaxamento muscular produz um fluxo tipicamente pulsátil, com esvaziamento e enchimento seqüenciais do leito vascular, no isométrico de CVM, a ação mecânica da musculatura sobre os vasos sanguíneos causa a oclusão do fluxo sanguíneo, o que leva a diminuição do retorno venoso e aumento da pós-carga, fazendo com que o volume sistólico não sofra alterações expressivas. Assim, o débito cardíaco aumenta pouco, porém, a resistência vascular periférica aumenta expressivamente, provocando grande elevação da PA sistólica e diastólica (FRIEDMAN et al, 1992).

Em relação à magnitude das respostas da frequência cardíaca após o treinamento resistido excêntrico, foi observado aumento na variação da FC somente durante os testes concêntrico em $120^\circ/\text{s}$ e excêntrico em $60^\circ/\text{s}$. O que indica que as adaptações na magnitude da variação da FC não é dependente do tipo de contração e da velocidade utilizadas no treinamento.

Em relação à FC de repouso, neste estudo não foram encontradas alterações da mesma após 3 meses de treinamento excêntrico em $60^\circ/\text{s}$. É importante ressaltar que os trabalhos da literatura tem dado enfoque às investigações das adaptações da frequência cardíaca basal, ao exercício aeróbio, os quais tem verificado uma bradicardia de repouso em consequência do treinamento aeróbio (CATAI et al, 2002; KATONA et al, 1982; KENNEY 1985; NEGRÃO et al, 1992; ; POLLOCK et al, 2000; SMITH et al, 1989), a qual tem sido atribuída ao aumento do tônus vagal cardíaco (KENNEY 1985), apesar de existirem evidências quanto a participação da redução do tônus simpático sobre o coração (SMITH et al, 1989); ou aumento concomitante da atividade vagal e diminuição da atividade simpática simultâneos (EKBLON et al 1973). E ainda,

outros que referem uma redução inerente à frequência de descarga do nodo sinoatrial (CATAI et al, 2002; KATONA et al, 1982; NEGRÃO et al, 1992). Em vista dos resultados apresentados, nossos dados sugerem que o treinamento resistido excêntrico não causou adaptações nos mecanismos de controle da FC de repouso, o que pode estar relacionado ao protocolo de treinamento físico aplicado.

Com relação a variação da FC entre o repouso e o pico do exercício, é importante ressaltar que esta é um índice que também tem sido utilizado para avaliar os efeitos do treinamento físico aeróbio. Nesse tipo de treinamento tem sido referido um maior delta de FC devido a diminuição da FC de repouso, enquanto que a FC no pico do esforço permanece praticamente inalterada (CATAI, 1999). Porém, no presente trabalho, foi observado que a FC de repouso não sofreu modificações, enquanto que os valores da FC no pico dos exercícios concêntricos em 120°/s e excêntricos em 60°/s aumentaram após o treinamento resistido, determinando um aumento da variação da FC nestes dois testes.

Assim, o aumento da FC no pico do esforço, poderia estar relacionado com as adaptações periféricas, pois o aumento na força muscular e no recrutamento das unidades motoras causariam maior sobrecarga cardíaca, ou seja, maior elevação da FC no pico do exercício. Porém, como o aumento da variação da FC não foi específico para os testes onde ocorreram aumento da atividade EMGs ou do torque, presume-se que a carga de trabalho utilizado no treinamento causou também adaptações sobre o comando central do coração, entretanto, serão necessários outros tipos de estudos para inferir sobre os efeitos crônicos do treinamento resistido em diferentes intensidades sobre o controle neural da frequência cardíaca do idoso.

4.6. Aplicações clínicas

No presente estudo foi constatado que durante o exercício físico resistido com intensidade máxima, a contração excêntrica é capaz de gerar maior torque com similar incremento da FC em relação ao exercício concêntrico, apesar da menor ativação muscular. Em relação ao exercício isométrico, é importante ressaltar que, apesar de ter apresentado menor variação FC durante a contração voluntária máxima, em relação aos exercícios dinâmicos, ele pode causar aumento na resistência vascular periférica (FRIEDMAN et al 1992), devido à compressão mecânica dos vasos, o que pode contribuir para um maior aumento da pressão arterial sistólica, fato este, não investigado no presente trabalho. Portanto, é de suma importância a avaliação clínica prévia para a prescrição adequada e a participação segura de idosos em programas de treinamento resistido de alta intensidade.

Apesar de o envelhecimento ser um processo multifatorial, estudos têm mostrado que a participação regular em programas de treinamento resistido reduz o impacto sobre algumas variáveis fisiológicas e funcionais (ACSM, 1998), como a força e a massa muscular. No presente trabalho, o treinamento físico resistido de alta intensidade aumentou o torque e o nível de atividade eletromiográfica do vasto lateral. Portanto, este tipo de treinamento resistido pode ser uma boa alternativa para atenuar certas variáveis do processo de envelhecimento, podendo melhorar a qualidade de vida do idoso e prolongar seu período de independência. Além disso, o aumento da RMS durante os testes isométricos e concêntricos, indica que o aumento da atividade muscular após treinamento excêntrico em 60°/s, não é modo específico, ou seja, o treinamento com este tipo de contração aumenta a ativação muscular nos outros tipos de contração (isométrica e concêntrica).

Por outro lado, os dados referentes às adaptações da variação da FC ao treinamento resistido de alta intensidade, não nos permite qualificar os efeitos da intensidade aplicada sobre o controle neural do coração do idoso, apontando para a necessidade de mais pesquisas neste sentido, principalmente no que se

refere a utilização de diferentes intensidades na prescrição do treinamento resistido para esta faixa etária.

Apesar de existirem trabalhos relacionados ao comportamento do torque/força e à EMG após treinamento isocinético, os mesmos foram realizados de forma isolada. Assim, o estudo simultâneo dos sistemas cardíaco e neuromuscular do idoso durante os exercícios isométricos, isocinético concêntrico e excêntrico, traz contribuições para a prescrição mais segura do exercício resistido, principalmente do ponto de vista cardíaco.

5. CONCLUSÕES

5. CONCLUSÕES

1) Em relação aos efeitos agudos do exercício físico resistido de CVM em idosos, os dados do presente estudo sugerem que:

a) Os maiores torques e menores valores de EMG durante as contrações excêntricas quando comparados aos obtidos durante as contrações concêntricas, pode ser atribuído, respectivamente, à contribuição adicional dos componentes elásticos passivos na maior geração de força e à inibição neural dos agonistas durante a contração excêntrica.

b) A similaridade da variação da FC durante todos os testes dinâmicos, com menor torque e maior ativação muscular durante os testes concêntricos, quando comparados aos excêntricos, sugere que as diferentes estratégias de regulação do mecanismo comprimento-tensão, nestes dois tipos de tensão, não influenciaram a magnitude das respostas da FC durante exercícios dinâmicos resistidos de curta duração.

c) O menor incremento da FC verificado no exercício isométrico, comparativamente ao concêntrico e ao excêntrico, sugere que a mecânica de execução do exercício (estático ou dinâmico), influencia a magnitude da variação da FC.

2) Comparando-se os dados pré e pós-treinamento resistido excêntrico em 60°/s, conclui-se que:

- a. Em condições de repouso, o treinamento resistido excêntrico não provocou modificações na FC basal;
- b. As adaptações na magnitude da força muscular são específicas para o tipo de contração treinada, entretanto, o mesmo não ocorre com a magnitude da RMS da amplitude do sinal mioelétrico do vasto lateral e com a ΔFC ;
- c. As adaptações do torque, RMS e ΔFC não são específicas à velocidade treinada;

- d. Os dados referentes às adaptações da variação da FC ao treinamento resistido de alta intensidade, não nos permite qualificar os efeitos da intensidade aplicada sobre o controle neural do coração do idoso.

De forma geral, com base nos resultados apresentados no presente estudo, podemos concluir que o exercício resistido excêntrico, na intensidade e velocidade aplicadas, promoveu ajustes e adaptações dos sistemas estudados nos idosos, sendo estas específicas ou não, na dependência da variável abordada. Assim, o treinamento excêntrico de alta intensidade foi efetivo para o aumento de força e ativação muscular do idoso. No entanto não alterou a FC de repouso e levou a maior variação da FC nos exercícios concêntricos em 120°/s e excêntrico em 60°/s. Dessa forma, os dados apontam para a necessidade de mais estudos, principalmente no que se refere aos efeitos crônicos da aplicação de diferentes intensidades de treinamento resistido sobre a atividade autonômica do coração, para que a prescrição desta modalidade de exercício seja mais segura para essa faixa etária.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS et al. Skeletal muscle myosin heavy chain composition and resistance training. *J Appl Physiol*, v.74, p.911-915, 1993.

ALEXANDER, MJL. Peak torque values for agonist groups and concentric and eccentric contractions type for elite sprinters. *Arch Phys Méd Rehab*, v.71, p.334-339, 1990.

ALWAY S.E. et al. Contrasts in muscle and myofibers of elite male and female bodybuilders. *J Appl Physiol*, v.67, p.24-31, 1989.

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

AMERICAN HEART ASSOCIATION: Exercise testing and training of apparently health individuals: A handbook for physicians, p.15, 1972.

AMIRIDIS J.G. et al. Co-activation and tension-regulating phenomena during isokinetic knee extension in sedentary and highly skilled humans. *Eur J Appl Physiol*. v.73, p.149-156, 1996.

ARAÚJO, C.G.S. Manual do ACSM para teste de esforço e prescrição de exercício. Revinter, 5a. edição, Rio de Janeiro, RJ, 2000, p.374.

BABAULT N. et al. Activation of human quadriceps femoris during isometric, concentric, and eccentric contractions. *J Appl Physiol*. v.91, p. 2628-2634, 2001.

BABAULT N. et al. EMG activity and voluntary activation during knee-extensor concentric torque generation. *Eur J Appl Physiol*. v.86, p. 541-547, 2002.

BAMMAN M.M. et al. Impacto of resistance exercise during bed rest on skeletal muscle sarcopenia and myosin isoform distribution. *J Appl Physiol*, v.84, p.157-163, 1998.

BANDY W.D.; HANTEN W.P. Changes in torque and eletromyographic activity of the quadriceps femoris muscles follwing isometric training. *Phys Ther*, v.73, p.455-467, 1993.

BASMAJIAN, J.V.; DE LUCA, C.J. Muscle Alive: their function revelead by electromyography. Baltimore: Willians & Wilkins, 1985. 561p. Bibliografia: p. 187-199. ISBN 0-683-00414-X.

BAUNGARTNER et al. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol*, v.147, n.8, p.755-63, 1998

BEHM D.G.; SALE D.G. Velocity specificity of resistance training. *Sports Méd*, v.15, p.374-388, 1993.

BRASIL. Lei nº 10741, de 01º de outubro de 2003. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder executivo, Brasília, DF, 03 de outubro de 2003.

BROCHU, M. et al. Effects of resistance training on physical function in older disabled women with coronary heart disease. *J Appl Physiol*, v. 92, p. 672-678, 2002.

BROSS R.; STORER T.; BHASIN S. Aging and muscle loss. *TEM*. v.10, n.5, p.194-198, 1999.

BURDEN, A.; BARTLETT, R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. *Med Eng Phys*. v.21, p.247-257, 1999.

CAIOZZO et al. Training-induced alterations in the in-vivo force-velocity relationship of human muscle, *J Appl Physiol*, v.51, p.750-754, 1981.

CAROLAN B.; CAFARELLI, E. Adaptations in coactivation after isometric resistance training. *J Appl Physiol*. v.73, p.911-917, 1992.

CARTER et al. The effect of age and gender on heart rate variability after endurance training. *Med Sci Sports Exerc*, v.35, n.8, p.1333-1340, 2003.

CATAI, A.M. Estudo da capacidade aeróbia e da variabilidade da frequência cardíaca em homens jovens e de meia idade submetidos a treinamento físico aeróbio. 1999. Tese (Doutorado em Ciências Fisiológicas) – Instituto de Biologia - Universidade Estadual Paulista – UNICAMP, Campinas, São Paulo.

CATAI 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 Biol Res*, v.35, p.741-752, 2002.

CHAN et al. Effects of knee joint angles and fatigue on the neuromuscular control of vastus medialis oblique and vastus lateralis muscle in humans. *Eur J Appl Physiol*, v.84, p.36-41, 2001.

COLLIANDER E.B.; TESCH P.A. Bilateral eccentric and concentric torque of quadriceps and hamstring muscles in males and females. *Eur J Appl Physiol*, v.59, p.227-232, 1989.

COLLINS M.A. et al. Plasma volume change during heavy-resistance weight lifting. *Eur J Appl Physiol*, v.55, p.44-48, 1986.

COOTE J.H.; HILTON S.M.; PEREZ-GONZALES, J.F. The reflex of the pressor response to muscular exercise. *J Physiol*. v.215, p.789-804, 1971.

- CRAMER J.T. et al. The relationships among peak torque, mean power output, mechanomyographic, and electromyography in men and women during maximal eccentric isokinetic muscle actions. *Eur J Appl Physiol*. v.86, p.226-32, 2002.
- De LUCA C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Biomech*, v.13, p.135-163, 1997.
- DOHERTY, T. Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol*, v.95, p.1717-1727, 2003.
- DUDLEY G.A., et al. Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviat Space Environ Méd*, v.62, p.543-550, 1991.
- DUDLEY G.A., et al. Importance of eccentric actions on the metabolic cost of resistance exercise. *Aviat Space Environ*, v.62, p.543-550, 1985.
- DUNCAN P.W., et al. Mode e speed specificity on eccentric and concentric exercise. *J Orthop Sport Phys Ther*, v.11, p.70-74, 1989.
- DURAND R.J. et al. Different effects of concentric and eccentric muscle actions on plasma volume. *J Strength Cond Res*, v.17, n.3, p.541-548, 2003.
- ENOKA RM, et al. Neural adaptations with chronic physical activity. *J Biomechanics*, v.30, n.5, p.447-455, 1997.
- EKBLOM B, KILBOM A, STOLTYSIAK J. Physiological training, bradycardia and autonomic nervous system. *Scand J Clin Lab Invest*. v32, p.251-256, 1973.
- ERVILHA U.F. et al. Estudo sobre procedimentos de normalização do sinal eletromiográfico durante o movimento humano. *Rev Bras Fisiot*, v.3, n.1, p.15-20, 1998.
- ESPÓSITO F. et al. Time and frequency domain analysis of electromyogram and sound myogram in the elderly. *Eur J Appl Physiol*, v.73, p.503-510, 1996.
- EVANS W.J. Exercise training guidelines for elderly. *Med Sci Sports Exerc*, v.31, p.12-17, 1999.
- EWART C.K. Psychological effects of resistive weight training: implications for cardiac patients. *Med Sci Sports Exerc*, v.21, p.683-688, 1989.
- FARINA et al. Motor unit recruitment strategies investigated by surface EMG variables. *J Appl Physiol*, v.92, p.235-247, 2004.
- FERRI A. et al. Strength and power changes of the human plantar flexors and knee extensors in response to resistance training in old age. *Acta Physiol Scand*, v.177, n.1, p.69-78, 2003.
- FIATARONE M.A. et al. High-intensity strength training in nonagenarians: effects on skeleton muscle. *JAMA*, v.263, p.3029-3034, 1990.

- FLECK S.J.; KRAEMER, W.J. Designing resistance training programs, 2nd ed, Champaign, Ed. Human Kinetics, 1997, p.115.
- FLEG J.L. et al. Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO₂máx. *J Appl Physiol*, v.65, n.3, p.1147-1151, 1988.
- FREITAS, A.F. Sistema nervosa autônomo e aparelho cardiovascular: um paradigma de auto-organização, complexidade e caos. *Rev Port Cardiol*, v.19, n.2, p.161-191, 2000.
- FREYCHUSS U. Elicitation of heart rate and blood pressure increase on muscle contraction. *J App Physiol*. v.28, n.6, p.758-61, 1970.
- FRIEDMAN, D.B. et al. Cardiovascular responses to voluntary and nonvoluntary static exercise in humans, *J Appl Physiol*, v.73, n.5, p.1982-1985, 1992.
- FRONTERA W.R. et al. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol*. v.72, n.2, p.644-50, 1991.
- FRONTERA W.R. et al. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol*, v.88, p.1321-1326, 2000.
- FRONTERA W.R. et al. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol*. v.64, n.3, p. 1038–1044, 1988.
- GALLO-JR, L. et al. Control of heart rate during exercise in health and disease. *Braz. J. Med. Biol. Res.* v.28, p.1179-1184, 1995.
- GALLO-JR, L. et al. The use of isometric exercise as a means of evaluating the parasympathetic contribution to the tachycardia induced by dynamic exercise in normal man. *Pflügers Arch*, v.412, p.128-132, 1988.
- GERDLE, B.; WRETLING, L.; HENRIKSSON-LARSSÉN, K. Do the fibre-type proportion and the angular velocity influence the mean power frequency of the electromyogram? *Acta Physiol Scand*. v.134, p.341-436, 1988.
- GLENA, D.R. et al. Torque characteristics of quadriceps and hamstring muscles during concentric and eccentric loading. *J Orthop Sport Ther*, v.14, p.149-154, 1991.
- GOTSHALK, L.A. et al. Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols. *Can J Appl Physiol*, v.22, p.244-255, 1997.
- GRABINER, M.D.; OWINGS, T.M. Effects of eccentrically and concentrically induced unilateral fatigue on the involved and uninvolved limbs. *J Electromyogr Kinesiol*. v.9, p.185-89, 1999.

GRUNDY, S.M. et al. Physical activity in the prevention and treatment of obesity and its comorbidities. *Med Sci Sports Exerc*, v.31, n.11 (Suppl.10), p.S502-508, 1999.

HAENNEL, R.G. et al. Changes in blood pressure and cardiac output during maximal isokinetic exercise. *Arch Phys Med Rehabil*, v.73, p.150-5, 1992.

HAGEMAN, P.A.; GILLASPIE, D.M.; HILL, L.D. Effects of speed and limb dominance on eccentric and concentric isokinetic training. *J Orthop Sport Phys Ther*, v.10, p.59-65, 1988.

HÄKKINEN, K. et al. Basal concentrations and acute responses of serum hormones and strength development during heavy resistance training in middle-aged and elderly men and women. *J Gerontol Biol Sci*, v.55, p.B95-105, 2000.

HÄKKINEN, K. et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol*, v.84, p.1341-1349, 1998.

HÄKKINEN, K. et al. Changes in electroencephalographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-age and older men and women. *Acta Physiol Scand*, v.171, p.51-62, 2001.

HÄKKINEN, K. et al. Changes in muscle morphology, electroencephalographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. *J Gerontol*, v.53, p.B415-423, 1998.

HÄKKINEN, K. et al. EMG, muscle fibre and force production characteristics during a 1 year training period in elite weightlifters. *Eu J Appl Physiol*, v.56, p.419-427, 1987.

HÄKKINEN, K.; HÄKKINEN, A. Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, v.35, p.137-147, 1995.

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.

HENNEMAN E. Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge. *Science*, v.126, p.1345-1347, 1957.

HERMENS, H.; FRERIKS, B.; DISSERLHORST-KLUG, C. Development of recommendations for sensors and sensor placement procedures, *J. Electromyogr. Kinesiol.* v.10, n.5, p.361-374, 2000.

HIGBIE, E.J. et al. Effects of concentric and eccentric isokinetic training on muscle strength, cross-sectional area and neural activation. *J Appl Physiol*, v.81, p.2173-2181, 1996.

- HIKIDA, R.S. et al. Effects of high-intensity resistance training on untrained older men. II. Muscle fiber characteristics and nucleo-cytoplasmic relationships. *J Gerontol Biol Sci*, v.55, p.B347-3554, 2000.
- HOLDER-POWELL, H.M.; RUTHERFORD, O.M. Reduction in range of movement can increase maximum voluntary eccentric forces for the human knee extensor muscles. *Eur J Appl Physiol*. v.80, p.502-504, 1999.
- 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.50-55, 1994.
- HORSTMANN, T.F. et al. Metabolic reaction after concentric and eccentric endurance-exercise of the knee and ankle. *Med Sci Sports Exerc*. v.33, n.5, p.791-795, 2001.
- HORTBÁGYI, T.; KATCH, F.I. Eccentric and concentric torque-velocity relationships during arm flexion and extension. *Eur J Appl Physiol*. v.60, p.395-401, 1990.
- HORTOBÁGYI, T. et al. Adaptative responses to muscle lengthening and shortening in humans. *J Appl Physiol*, v.80, p.765-772, 1996.
- HORTOBÁGYI, T; DeVITA, P. Favorable neuromuscular and cardiovascular responses to 7 days of exercise with an eccentric overload in elderly women. *J Gerontol A Biol Med Sci*, v.55, n.8, p.B401-410, 2000.
- HOUSH, D.J. et al. Hypertrophic response to unilateral concentric isokinetic resistance training. *J Appl Physiol*, v.73, p.65-70, 1992.
- HUGGETT, D.L. et al. Comparasion of heart-rate and blood-pressure increases during isokinetic eccentric versus isometric exercise in older adults. *J Aging Phys Act*. v.12, n.2, p.157-69, 2004.
- HUNTER, S.K. et al. Human skeletal sarcoplasmic reticulum Ca^{+2} uptake and muscle function with aging and strength training. *J Appl Physiol*, v.86, p.1858-1865, 1999.
- HURLEY, B.F.; KOKKINOS, P.F. Effects of weight training on risk factors of CHD. *Sports Med*, v.4, p.231-238, 1988.
- IELLAMO F. et al. Effects of isokinetic, isotonic and isometric submaximal exercise on heart rate and blood pressure. *Eur J Appl Physiol*, v.75, n.2, 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.

IZQUIERDO, M. et al. Effects of strength training on submaximal and maximal endurance performance capacity in middle-age and older men. *J Strength Cond Res*, v.17, n.1, p.129-139, 2003.

IZQUIERDO, M. et al. Effects of strength training on maximal strength and muscle power of the upper and lower extremities and serum hormones in middle-aged and older men. *J Appl Physiol*, v.90, p.1497-1507, 2001.

JAMI, J. Golgi tendon organs in mammalian skeletal muscle: functional properties and central actions. *Physiol Rev*. v.72, p.623-66, 1992.

JARIC, S.; RADOSAVLJEVIC-JARIC, S.; JOHANSSON, H. Muscle force and muscle torque in humans require different methods when adjusting for differences in body size. *Eur J Appl Physiol*. v.87, p.304-307, 2002.

JONES, D.A. Strength of skeletal muscle and the effects of training. *Br Méd Bull*, v.48, p.592-604, 1992.

KATONA, P.G. et al. Sympathetic and parasympathetic cardiac control in athletes and non-athletes at rest. *J Appl Physiol*, v.52, p.1652-1657, 1982.

KAWAKAMI, Y. et al. Changes in muscle size, architecture, and neural activation after 20 days of bed rest with and without resistance exercise. *Eur J Appl Physiol*, v. 84, p.7-12, 2001.

KAWAKAMI, Y. et al. Effect of series elasticity on isokinetic torque-angle relationship in humans. *Eur J Appl Physiol*. v.87, p.381-387, 2002.

KAWAKAMI, Y.; ABE, T.; FUKUNAGA, T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *J Appl Physiol*, v.74, p.2740-2744, 1993.

KELLIS, E.; BALZPOULOS, V. Isokinetic eccentric exercise. *Sports Med*. v.19, n.3, p.202-222, 1995.

KELLIS, E.; BALZPOULOS, V. Muscle activation differences between eccentric and concentric isokinetic exercise. *Med Sci Sports Exerc*. v.30, n.11, p.1616-1623, 1998.

KNIGHT, C.A. et al. Adaptations in muscular activation of the knee extensor muscles with strength training in young and older adults. *J Electr Kinesiol*, v.11, p.405-412, 2001.

KOLTERMAN, O.G. et al. Mechanisms of insulin resistance in human obesity: evidence for receptor and postreceptor defects. *J Clin Invest*, v.65, p.1272-1284, 1980.

- KOMI, P.V. Training muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. *Int J Sports Med*, v.7, p.10-15, 1986.
- KOMI, P.V. et al. Force and EMG power spectrum during eccentric and concentric actions. *Med Sci Sports Exerc*, v.32, n.10, p.1757-1762, 2000.
- KOMI, P.V.; BUSKIRK, E.R. Effect eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. *Ergonomics*, v.15, p.417-434, 1972.
- KOMI, P.V.; KANEKO, M.; AURA, O. EMG activity of the leg extensor muscles with special reference to mechanical efficiency in concentric and eccentric exercise. *Int J Sports Méd*, v.8, p.22-29, 1987.
- KOUTEDAKIS, Y. et al. Maximal voluntary quadriceps strength patterns in Olympic overtrained athletes. *Med Sci Sports Exerc*. v.27, n.4, p.566-572, 1995.
- KRAEMER, J.B. et al. Effects of single vs multiple sets of weight training: impact of volume, intensity, and variation, *J Strength Cond Res*, v.11, p.143-147, 1997.
- KRAEMER, W.J. et al. Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int J Sports Med*, v.12, p.228-235, 1991.
- KRAEMER, W.J. et al. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol*, v.69, p.1442-1450, 1990.
- LARSSON, B. et al. Myosin heavy chain isoforms influence surface EMG parameters: a study of the trapezius muscle in cleaners with and without myalgia and in healthy teachers. *Eur J Appl Physiol*, v.87, p.481-488, 2002.
- LAYNE, J.E.; NELSON, M.E. The effect of progressive resistance training on bone density: a review. *Med Sci Sports Exerc*, v.31, p.25-30, 1999.
- LEMMER, J.T. et al. Age and gender responses to strength training and detraining. *Med Sci Sports Exerc*, v.32, n.8, p.1505-1512, 2000.
- LEXELL, J.; TAYLOR, C.C.; SJOSTROM, M. What is the cause of the aging atrophy? Total number, size, and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J Neurol Sci*, v.84, p.275-294, 1988.
- LIEBER, R.L.; FRIDÉN, J. Mechanisms of muscle injury after eccentric contraction. *J Sci Med Sports*, v.2, n.3, p.253-265, 1999.
- LINDLE, R.S. et al. Age and gender comparisons of muscle strength in 656 women and men aged 20-93 yr. *J Appl Physiol*, v.83, p.1581-1587, 1997.

- LINDQVIST, A. Noninvasive methods to study autonomic nervous control of circulation. *Acta Physiol Scand Suppl*, v.588, p.1-107, 1990.
- LINNAMO, V.; STROJNIK, V.; KOMI, P.V. EMG power spectrum and features of the superimposed M-wave during voluntary eccentric and concentric actions at different activation levels. *Eur J Appl Physiol*. v.86, p.534-540, 2002.
- MACALUSO, A. et al. Electromyogram changes during sustained contraction after resistance training in women in their 3rd and 8th decades. *Eur J Appl Physiol*, v.82, p.418-424, 2000.
- MACALUSO, A; VITO, G. D. Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *Eur J Appl Physiol*, v.91, p. 450-472, 2004.
- MACIEL, B.C. et al. Autonomic nervous control of the heart rate during dynamic exercise in normal men. *Clin Science*. v.71, p.457-460, 1986.
- MACIEL, B.C. et al. Autonomic nervous control of the heart rate during isometric exercise in normal man. *Eur J Physiol*. v.408, p.173-177, 1987.
- MALFATTI, C.A. et al. Análise da resposta da frequência cardíaca durante a realização de exercício isocinético excêntrico de grupamento extensor de joelho. *Rev Bras Fisiot*. v.10, n.1, p.51-57, 2006.
- MARÃES, V.R.F.S. et al. Modulação dos sistema nervoso autônomo na resposta da frequência cardíaca em repouso e á manobra de Valsalva com o incremento da idade. *Rev Bras Fisiot*, v.8, n.2, p.97-103, 2004.
- MASUDA et al. Changes in surface EMG parameters during static and dynamic fatiguing contractions. *J Electrom Kinesiol*, v.9, p.39-46, 1999.
- MAYER, F. et al. Metabolic and cardiocirculatory reactions after concentric and eccentric exercise of the shoulder. *Int J Sports Med*. v.20, p.527-531, 1999.
- McCALL, G.E. et al. Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J Appl Physiol*, v.81, p.2004-2012, 1996.
- McCARTNEY, N. Role of resistance training in heart disease. *Med Sci Sports Exerc*, v.30, n.10 (suppl), p.S396-S496, 1998.
- McCLOSKEY, D.L.; STREATFEILD, K.A. Muscular reflex stimuli to the cardiovascular system during isometric contractions of muscle groups of different mass. *J Physiol*, v.250, p.431-441, 1975.
- McDOUGALL, J.D. et al. Effects of strenght training and immobilization on human muscle fibres. *Eur J Appl Physiol*, v.43, p.25-34, 1980.

- 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.
- MILLER et al. Strength training increases insulin action in healthy. *J Appl Physiol*, v.77, p.1122-1127, 1994.
- MILLER, W.J.; SHERMAN, W.M.; IVY, J.L. Effect of strength training on glucose tolerance and post-glucose insulin response. *Med Sci Sports Exerc*, v.16, p.539-543, 1984.
- MILNER-BROWN, H.S.; STEIN, R.B.; LEE, R.G. Synchronization of human motor units: possible roles of exercise and supraspinal reflexes. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, v.38, p.245-254, 1975.
- MITCHELL, J.H. Neural control of the circulation during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, v.22, n.2, p.141-154, 1990.
- MITCHELL, J.H.; KAUFMAN, M.P.; IWAMOTO, G.A. The exercise pressor reflex: its cardiovascular effects, afferent mechanisms, and central pathways. *Ann Ver Physiol*, n. 45, p. 229-242, 1983.
- MORAES, F.R. et al. Effect of muscle mass of isometric contraction on heart rate and torque development. In: Proceedings of the XIVth Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology, 2002, Vienna, Austria. ISEK, Vienna, Austria: International Society of Electrophysiology and Kinesiology Austrian Society for Biomedical Engineering, p.415-416, 2002.
- MORITANI, T.; De VRIES HA. Potential for gross muscle hypertrophy in older men. *J Gerontol*, v.35, p.672-682, 1980.
- MORSE, C. et al. reduced plantar flexorspecific torque in the elderly is associated with a lower activation capacity. *Eur J Appl Physical*, v., p., 2004.
- NAGLE, F.J., SEALS, D.R., HANSON, P. Time to fatigue during isometric exercise using different muscle masses. *Int. J. Sports Med.*, n. 9, p. 313-315, 1988.
- NARDONE, A.; et al. Selective recruitment of high-threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles. *J Physiol*, v. 409, p.451-471, 1989.
- NARICI, M.V. et al. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol*, v.59, p.310-319, 1989.
- NEGRÃO, C.E. et al. Vagal function impairment after exercise training. *J Appl Physiol*, v.72, p.1749-1753, 1992.

NEWMAN, A.B.; et al. Strength and muscle quality in a well-functioning cohort of older adults: aging and body composition study. *J Am Geriatr Soc*, v.51, n.3, p.323-330, 2003.

NORDANDER, C. et al. Influence of the subcutaneous fat layer, as measured by ultrasound, skinfold calipers and BMI, on the EMG amplitude. *Eur J Appl Physiol*, v.89, p.514-519, 2003.

OVEREND, T.J. et al. Cardiovascular stress associated with concentric and eccentric isokinetic exercise in young and older adults. *J Gerontol Biol Sci*, v.55A, p.177-82., 2000.

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

PERRIN, D. Isokinetic exercise and assessment. *Human Kinetics*, 1a. ed, Champaign, USA, 1993, p.65

PETERSEN, S.R.; et al. The influence of velocity-specific resistance training on the in vivo torque-velocity relationship and the cross-sectional area of quadriceps femoris. *JOSPT*, 1989

POLLOCK, M.L. et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease. *Circulation*, v.101, p.828-833, 2000.

PORTER, M.M. et al. Concentric and eccentric knee extension strength in older and younger men and women. *Can J Appl Physiol*. 1995;20:429-39.

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

POUSSON, M. et al. Changes in isokinetic torque and muscular activity of elbow flexors muscles with age. *Exp Gerontol*, v.36, p.1687-1698, 2001.

QUITÉRIO et al. Torque, myoelectric signal and heart rate responses during concentric and eccentric contractions in older man. 41st Congresso of the Brazilian Physiological Society, 27-30 august 2006, Ribeirão Preto, SP, Brasil.

QUITÉRIO, R.J. Efeito do ângulo articular nas respostas do torque, eletromiografia e frequência cardíaca durante exercício isométrico. 2002. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo.

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 do Estado de São Paulo*, v.13, p.2-14 (suplA), 2003.

QUITÉRIO, R.J. et al. Respostas de torque e de frequência cardíaca durante exercício resistido máximo em homens idosos. Anais do Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2005, João Pessoa, PB, Brasil.

RHEA, M.R. et al. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc*, v.35, n.3, p.456-464, 2003.

RIEMANN, B.L.; LEPAHRT, S.M. The sensorimotor system, Part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Ath Train*, v.37, n.1, p.71-79, 2002

ROBERGS, R.A. et al. Muscle glycogenolysis during different intensities of weight-resistance exercise. *J Appl Physiol*, v.70, p.1700-1706, 1991.

ROONNEY, K.; HERBERT, R.D.; BELNAVE, R.J. Fatigue contributes to the strenght training stimulus. *Med Sci Sports Exerc*, v.26, p.1160-1164, 1994.

ROTH et al. Muscle size responses to strength training in young and older men and women. *J Am Geriatr Soc*, v.49, p.1428-1433, 2001.

ROWELL, L. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. *J Appl Physiol*, v. 69, n. 2, p. 407-418, 1990.

RYAN, L.M.; MAGIDOW, P.S.; DUNCAN, P.W. Velocity-specific and mode-specific effects of eccentric isokinetic training of the hamstring. *J Orthop Sports Phys Ther*, v.13, p.33-39, 1991.

SALE, D.G. et al. Comparisons of two regimens of concurrent strenght and endurance training. *Med Sci Sports Exerc*, v.22, p.348-356, 1990.

SALE, D.G. Neural adaptations to strenght training. *Med Sci Sports Exerc*, v20, p.S135-145, 1988.

SCHIOTZ, M.K. et al. The short-term effects of periodized and constant-intensity training on body composition, strenght, and performanece. *J Strength Cond Res*, v.12, p.173-178, 1998.

SCHLUMBERGER, A.; STEC, J.; ACHMIDTBLEICHER, D. Single- vs multiple-set strenght training in women. *J Strength Cond Res*, v.15, p.284-289, 2001.

SEALS, D.R. et al. Increased cardiovascular response to static contraction of larger muscle groups. *J Appl Physiol*, v. 54, n.2, p.434-437, 1983.

SEALS, D.R.; ENOKA, R.M. Simpathetic activation is associated with increases in EMG during fatiguing exercise. *J Appl Physiol*, v. 66, n. 1, p. 88-95, 1989.

SEGER, J.Y.; ARVIDSON, B.; THORSTENSSON, A. Specific effects of eccentric and concentric training on muscle strength and morphology in humans. *Eur J Appl Physiol*, v.79, p.49-57, 1998.

SEGUIM, R.; MIRIAM, N. The benefits of strength training for older adults. *Am J Prev Med*, v.25, n.3Sii, p.141-149, 2003.

SILVA, E. et al. Design of computerized system to evaluate the cardiac function during dynamic exercise. *Phys Med Biol*. 1994;33(A):409-09.

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.115-20, 1999.

SINAKI, M. et al. Relationship between bone mineral density of spine and strength of back extensors in healthy postmenopausal women. *Mayo Clin Proc*, v.61, p.116-122, 1986.

SMITH, M.L. et al. Exercise training bradycardia: the role of autonomic balance. *Med Sci Sports Exerc*, v.21, p.40-44, 1989.

SMITH, R.C.; RUTHERFORD, O.M. The role of metabolites in strength training: I. A comparison of eccentric and concentric contractions. *Eur J Appl Physiol*, v.71, p.332-336, 1995.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO. IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial. *Hipertensão*, v.5, n.4, p.123-165, 2002.

SODERBERG, G.L. A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. *Phys Ther*, v.80, p.485-498, 2000.

SPURWAY NC et al. The effect of the training on the apparent inhibition of eccentric force production in voluntary activated human quadriceps, *Eur J Appl Physiol*, v.82, p.374-380, 2000.

STARON et al. Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance trained women. *Eur J Appl Physiol*, v.60, p.71-79, 1990.

STARON, R.S. et al. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J Appl Physiol*, v.76, p.1247-1255, 1994.

STAUBER, W.T. Eccentric action of muscles: physiology, injury and adaptation. *Exerc Sport Sci Ver*, v.17, p.157-85, 1989.

STONE, M.H. et al. Comparison of the effects of three different weight-training programs on the one repetition maximum squat. *J Strength Cond Res*, v.14, p.332-337, 2000.

TAAFFE, D.R. et al. Once-weekly resistance exercise improves muscle strength and neuromuscular performance in older adult. *J Am Geriatr Soc*, v.47, p.1208-1214, 1999.

- TESCH, P.A.; KOMI, P.V.; HÄKKINEN, K. Enzymatic adaptations consequent to long-term strenght training. *Int J Sports Med*, v8(suppl.), p.66-69, 1987.
- TOMBERLINI, J.P. et al. Comparative study of isokinetic and concentric quadríceps training. *J Orthop Sports Phys Ther*, v.14, p.31-36, 1991.
- TREUTH, M.S. et al. Effects of strength training on total and regional body composition in older men. *J Appl Physiol*, v.77, n.2, p.614-620, 1994.
- VAUGHAN, L. et al. Aging and energy expenditure. *Am J Clin Nutr*, v.53, p.821-824, 1991.
- VINCENT, K.R. et al. Resistance exercise and physical performance in adults aged 60 to 83. *J Am Geriatr Soc*, v.50, p.1100-7, 2002.
- WASSERMAN, K. et al. "Principles of exercise testing and interpretation". 3th ed. Philadelphia: Willians & Wilkins, 1999.
- WESTING, S.H.; SEGER, E. Eccentric and concentric torque-velocity characteristics, torque output comparisons and gravity effect torque correction for the quadriceps and hamstring muscles in females. *Int J Sports Med*, v.10, p.175-180, 1989.
- WESTING, S.; SEGER, E.; THORSTENSSON, A. Effects of electrical stimulation on eccentric and concentric torque-velocity relation-ships during knee extension in man. *Acta Physiol Scand*. v.140, p.17-22, 1990.
- WESTING, S.H.; GRESSWELL, A.G.; THORSTENSSON, A. Muscle activation during maximal voluntary eccentric and concentric knee extension. *Eur J Appl Physiol*, v.62, p.104-108, 1991.
- WILLIAMS, G.N.; HIGGINS, M.J.; LEWEK, M.D. Aging skeletal muscle: physiologic changes and the effects of training. *Phys Ther*, v.82, p.62-8, 2002.
- WU, Y. et al. Relationship between isokinetic concentric and eccentric contraction modes in the knee flexor and extensor muscle groups. *JOSPT*, v.26, n.3, p.143-149, 1997.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Consentimento e livre e esclarecido.

CONSENTIMENTO FORMAL DE PARTICIPAÇÃO NO PROJETO DE PESQUISA: “ADAPTAÇÕES CARDÍACAS E MUSCULARES AO TREINAMENTO FÍSICO AERÓBIO, DE FORÇA E DE RESISTÊNCIA MUSCULAR LOCALIZADA EM HOMENS IDOSOS”

Responsáveis:

Orientadora: Profa. Dra. Aparecida Maria Catai.

Orientando: Prof. Msc. Robison José Quitério

Orientanda: Ruth Caldeira de Melo

Eu,....., portador do RG número, residente à Rua (Av):, no., Bairro:....., cidade de, estado de, concordo em participar voluntariamente do projeto de pesquisa acima mencionado que será realizado no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular – Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos.

A pesquisa tem por finalidade avaliar os efeitos do treinamento de resistência aeróbia e de força sobre o sistema músculo-esquelético e cardiorrespiratório em homens saudáveis com idade entre 60 e 70 anos.

Antes do início dos testes em questão, serei submetido a uma avaliação clínica constando de anamnese, exames físicos e laboratoriais, eletrocardiograma em repouso nas posições supina e sentada, bem como a um teste de esforço físico dinâmico contínuo e progressivo. O objetivo de tal avaliação é detectar qualquer manifestação clínica de intolerância ao esforço que contra-indique minha participação na pesquisa.

Após a avaliação clínica, me submeterei a uma série de testes funcionais não invasivos (sem a utilização de drogas medicamentosas ou de procedimentos invasivos) no referido Laboratório, antes e após um período de treinamento de força.

A partir dos dados coletados será elaborado um protocolo de treinamento de força o qual será realizado no dinamômetro isocinético, o qual será realizado duas vezes por semana, durante uma hora/sessão, no período de 3 meses.

Antes do início dos testes e do treinamento, serei instruído sobre os sinais e sintomas que devem me alertar a parar a seqüência destes. Durante a realização dos mesmos, serei observado por uma equipe treinada que estará alerta a qualquer alteração que possa sugerir a interrupção do esforço exigido. Durante o período de treinamento também serei acompanhado por uma equipe de fisioterapeutas aptos na montagem e aplicação de um programa de tratamento fisioterapêutico.

Os benefícios que terei com tais procedimentos, incluem a verificação de possíveis alterações eletrocardiográficas associadas com a análise dos exames laboratoriais, observando assim, clinicamente minha situação física. Além disso,

terei uma melhora no padrão e qualidade de vida, a partir do início do período de treinamento físico e na regularidade e manutenção deste.

As informações obtidas durante as avaliações e os exames laboratoriais serão mantidas em sigilo e não poderão ser consultadas por pessoas leigas sem minha expressa autorização por escrito. As informações assim obtidas, no entanto, poderão ser utilizadas para fins estatísticos ou científicos, sempre resguardando minha privacidade.

Eu li e entendi as informações precedentes. Além disso, todas as dúvidas que me ocorreram já foram sanadas.

Comprometo-me, por meio deste, seguir com o programa até sua finalização, visando reconhecer os meus limites orgânicos, além de me desempenhar para a continuidade do estudo proposto, salvo algum problema que possa surgir que me impossibilite de participar.

São Carlos, _____ de _____ de 2003.

Assinatura do voluntário

Responsáveis:

Profa. Dra. Aparecida Maria Catai
Orientadora

Prof. Ms. Robison José Quitério
Doutorando

Ruth Caldeira de Melo
Mestranda

APÊNDICE B – Ficha de avaliação.

LABORATÓRIO DE FISIOTERAPIA CARDIOVASCULAR

FICHA PARA ANOTAÇÕES DOS TESTES

Fisioterapeutas:

Nome:

Data nascimento:

Idade:

Sexo:

CPF:

RG:

UF:

Local Nascimento:

UF:

Raça: () branca () negra () amarela () vermelha

Profissão atual (tempo):

Profissão anterior (tempo):

Estado civil:

Grau de instrução:

Endereço:

Bairro:

Cidade:

UF:

Telefone:

E-mail:

I – AVALIAÇÃO FISIOTERAPEUTICA E CLINICA

1. Anamnese:/..../....

❖ Possui convênio médico?

() sim Qual?:

() não

❖ Hábitos de vida:

a) É fumante atualmente?

() Sim

Cigarros/dia:

Há quanto tempo?:

() Não

b) Já fumou antes (se a resposta anterior for não)?

() Sim. Cigarros/dia:

Período fumante:

Quando parou?:

() Não

c) Ingere bebida alcoólica atualmente?

() Sim. Que tipo?: () destilados () fermentados () ambos

Quantidade:

Frequência/semana:

Há quanto tempo?:

() Não

d) Já ingeriu bebida alcoólica antes (se resposta anterior for não)?

() Sim Que tipo?: () destilados () fermentados () ambos

Quantidade:

Frequência/semana:

Há quanto tempo?:

() Não

- e) Faz algum tipo de dieta alimentar?
 sim Qual? Há quanto tempo?:
 não
- f) Pratica alguma atividade física?
 Sim Qual?: Tem orientação?:
 Nível: leve moderada intensa muito
 intensa
 Frequência semanal:
 Não
- g) Já praticou alguma atividade física?
 sim Qual?: Por quanto tempo?:
 Frequência semanal: Há quantos anos parou?:
 não
- h) Qual nível de stress na profissão? (ou ficha específica)
 trabalho normal em ambiente tranquilo
 trabalho com estresse e preocupações moderadas
 trabalho estafante em ambiente estressante
- i) Nível de estresse apresentado pelo estilo de vida e tipo de personalidade
 Vida normal sem queixas
 Sono normal/fisiológico
 Problemas conjugais e/ou familiares
 sono perturbado com menos de 8 horas por dia
 comportamento do tipo "A"

❖ **Dados Clínicos:**

- a) Tem DCV diagnosticada?
 Sim Qual?: Há quanto tempo?: Médico:
 Não
- b) É hipertenso?
 Sim Grau: limítrofe –
 hipertenso –
 hipert. moderado –
 hipertenso grave –
 Não
- c) Apresenta algum problema musculo-esquelético?
 (Obs: quando a resposta for "sim" mencionar local e a data da lesão.)
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Fraturas: | <input type="checkbox"/> não | <input type="checkbox"/> sim |
| Luxações: | <input type="checkbox"/> não | <input type="checkbox"/> sim |
| Rupturas musculares | <input type="checkbox"/> não | <input type="checkbox"/> sim |
| Instabilidade: | <input type="checkbox"/> não | <input type="checkbox"/> sim |
| Lesões nervosas: | <input type="checkbox"/> não | <input type="checkbox"/> sim |
| Tendinites: | <input type="checkbox"/> não | <input type="checkbox"/> sim |
| Problema de coluna: | <input type="checkbox"/> não | <input type="checkbox"/> sim |
| Dificuldade de movimento: | <input type="checkbox"/> não | <input type="checkbox"/> sim |
| Outros: | | |

Assinar consentimento informado:/..../....

Exame físico:/..../....

Horário: : h

Temperatura:°C

Umidade ar:%

Última refeição há: : h

Sinais vitais

Padrão Respiratório: () apical () costal () diafragmático () paradoxal

PA:.....x.....mmHg

FC:.....bpm

FR:.....ipm

TEMP:.....°C

3.2 Exame antropométrico:

Massa corporal (kg):

Estatura (m):

IMC (Kg/m²):

Perimetria Coxa (5 em 5 cm acima bordo superior da patela)

	0	05	10	15	20	25
Direita						
Esquerda						

Perimetria braço (5 em 5 cm acima linha articular do cotovelo – fossa cubital)

	0	05	10	15	20	25
Direito						
Esquerdo						

Diâmetros

	Punho	Cotovelo	Joelho
Direito			
Esquerdo			

Mensuração membro inferior

	Real	Aparente	Schoelmaner	Ângulo Q
Direito				
Esquerdo				

Composição corporal (% gordura corporal):

Dobras cutâneas			
Subescapular		Supra-ilíaca	Coxa
Tricipital		Peitoral(h)/axilar(m)	Panturrilha
Axilar média		Abdominal	Bíceps

% gordura corporal:

Fórmula utilizada para cálculo:

Exame fisioterapêutico

a) Músculo-esquelético

- Inspeção e palpação:
- Testes especiais:
- Testes retrações musculares:
- Avaliação postural:

4. ECG repouso (anexo):/..../....

5. Avaliação clínica: encaminhar o ECG e ofício solicitando avaliação clínica e exames (hemograma, lipidograma completo, glicemia, urina tipo I, ácido úrico, creatinina e uréia; RX tórax). Encaminhado ao médico em/..../....

6. Exames laboratoriais (xerocar resultados e devolver original):/..../....

7. RX tórax (xerocar resultados e devolver original):/..../....

8. Teste Ergométrico

**09. Teste ergoespirométrico em rampa (VO_2 + EMG vasto lateral + FC):
..../..../....**

10. Inquérito alimentar

11. Testes de força com registro FC, EMG e TORQUE

II – REAVALIAÇÕES APÓS 30 SESSÕES DE TREINAMENTO

1. Exame físico:

Horário: Temp. (°C): URA (%):
 PA (mmHg): FC (bpm): Horário última refeição:
 Massa corporal (Kg):

Perimetria Coxa (5 em 5 cm acima bordo superior da patela)

	0	05	10	15	20	25
Direita						
Esquerda						

Perimetria braço (5 em 5 cm acima linha articular – fossa cubital)

	0	05	10	15	20	25
Direito						
Esquerdo						

Composição corporal (% gordura corporal):

Dobras cutâneas					
Subescapular		Supra-ílica		Coxa	
Tricipital		Peitoral(h)/axilar(m)		Panturrilha	
Axilar média		Abdominal		Bíceps	

% gordura corporal:

Fórmula utilizada para cálculo:

2. Teste de força com registro FC, EMG e TORQUE

ANEXOS

ANEXO A – Consentimento do Comitê de Ética em Pesquisa.


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676
Fones: (016) 260-8109 / 260-8110
Fax: (016) 261-3176 - Telex 162369 - SCUF - BR
CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil
End. Eletrônico: progg@power.ufscar.br

Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, Referente ao Protocolo Nº.
069/03.

Deliberação

O Comitê de Ética em Pesquisa para Experimentos em Seres Humanos da UFSCar (CEP/UFSCar), registrado do CENEP/Conselho Nacional de Saúde, pelo ato de 18 de março de 1997, acolhendo o parecer do relator e do revisor, deliberou pela aprovação do projeto "Adaptações Cardíacas e Musculares ao Treinamento Físico Aeróbico, de Resistência Muscular Localizada e de Força em Homens Idosos", com protocolo nº 069/03, sob a responsabilidade e orientação do (a) Profa. Dra. Aparecida Maria Catai.

São Carlos, 15 de Outubro de 2003.


Prof. Dr. Jorge Oishi
Coordenador do CEP/UFSCar