

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

EURICO NESTOR WILHELM NETO

EFEITO DA ORDEM DOS EXERCÍCIOS DO TREINAMENTO
CONCORRENTE NAS ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES,
CARDIOVASCULARES E FUNCIONAIS DE HOMENS IDOSOS

Porto Alegre

2013

EURICO NESTOR WILHELM NETO

EFEITO DA ORDEM DOS EXERCÍCIOS DO TREINAMENTO
CONCORRENTE NAS ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES,
CARDIOVASCULARES E FUNCIONAIS DE HOMENS IDOSOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau acadêmico de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

Porto Alegre

2013

CIP - Catalogação na Publicação

Wilhelm Neto, Eurico Nestor
Efeito da Ordem dos Exercícios do Treinamento
Concorrente nas Adaptações Neuromusculares,
Cardiovasculares e Funcionais de Homens Idosos /
Eurico Nestor Wilhelm Neto. -- 2013.
106 f.

Orientador: Ronei Silveira Pinto.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,
Porto Alegre, BR-RS, 2013.

1. Envelhecimento. 2. Treinamento de força. 3.
Treinamento aeróbio. 4. Força muscular. 5. Endotélio.
I. Pinto, Ronei Silveira, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos professores da banca examinadora, Valmor Tricoli, Alexandre Simões Dias e Álvaro Reischak de Oliveira por aceitarem dispor de seu tempo e conhecimento para avaliar e enriquecer essa dissertação. Gostaria de realizar um agradecimento especial ao professor Álvaro Reischak de Oliveira, por ter instigado meu interesse pela fisiologia do exercício e pela pesquisa científica.

Agradeço com muito carinho ao professor, orientador e amigo Ronei Silveira Pinto. Meu mais sincero obrigado por ter me aceitado em seu grupo há tantos anos atrás. Não aprendi apenas sobre pesquisa, treinamento e o sistema neuromuscular com você, mas também sobre confiança, trabalho e amizade, valores que não podemos aprender apenas lendo artigos.

Não posso deixar de agradecer aos amigos e colegas do GPTF. Desejo agradecer ao Regis Radaelli e Cíntia Botton pela ajuda nas coletas, bem como o apoio e ensinamentos durante todo esse tempo trabalhando juntos. Gostaria de agradecer ao amigo Cristiano “Marmota” Ughini que me apoiou com sinceridade e carinho em todos os momentos. Também quero agradecer aos outros colegas do PPGCMH, especialmente ao Bruno Teixeira por seu auxílio nas coletas.

Quero realizar um agradecimento especial aos amigos Felipe Minozzo e Anderson Rech, que foram fundamentais para esse projeto. Felipe, meu muito obrigado por seu esforço e ajuda inestimáveis durante essa etapa. Desejo ver e, se possível ajudar, cada vez mais teu crescimento profissional. Anderson, quero que saiba que me espelha profissionalmente e pessoalmente em você, pois é uma das melhores pessoas que conheço.

Não posso deixar de lembrar dos servidores do LAPEX, Rosângela, Luciano e Luiz, que me acompanham desde a iniciação científica e tornam possível a realização de praticamente todos os projetos desse laboratório. Agradeço também à professora Flávia Martinez e ao cardiologista Márcio, por disponibilizarem a realização do eletrocardiograma de esforço. Também quero agradecer e deixar um forte abraço para funcionários do PPGCMH. A todos vocês meu muito obrigado pela dedicação e amizade.

Quero deixar um grande beijo para minhas irmãs, Paula, Milena e Bruna, e para meus familiares. Obrigado pelo constante apoio. Deseja agradecer mais do que tudo aos meus pais Marta e Eurico, que sempre me incentivaram em todas as minhas escolhas e nunca deixaram faltar amor na criação dos quatro filhos. Pai e mãe, já faz algum tempo que o filho mais novo cresceu, mas vocês ainda são os meus heróis.

Por fim, quero deixar meu mais especial obrigado para minha mulher, Ana Maria Lemes da Rosa Pinto Wilhelm. Agradeço muito por me entender e me apoiar nessa conturbada carreira acadêmica. Só cheguei até aqui porque teu sorriso ilumina meu caminho todas as manhãs, quando acordo ao teu lado.

O tempo passava, mas parecia ter pouco efeito sobre o Sr. Bolseiro. Aos noventa anos, parecia ter cinquenta. Aos noventa e nove começaram a chamá-lo de bem-conservado; mas inalterado ficaria mais próximo da realidade

(John Ronald Reuel Tolkien)

RESUMO

O objetivo desse estudo foi determinar se a ordem de execução dos exercícios de força e aeróbio no treinamento concorrente (TC) afeta as adaptações neuromusculares, funcionais e cardiovasculares de idosos. Para isso, 24 homens idosos sedentários e saudáveis foram divididos em dois grupos de TC. O grupo aeróbio-força (n=11; 63,1±3,3 anos; 1,76±0,07 m; 84,0±12,2 kg) realizou o exercício aeróbio no início das sessões de TC; o grupo força-aeróbio (n=13, 67,0±6,0 anos; 1,77±0,05 m; 80,9±10,5 kg) executou os exercícios de força no começo das sessões de TC. Ambos os grupos treinaram duas vezes por semana durante 12 semanas. A força máxima dos sujeitos foi testada pelo testes de uma repetição máxima (1RM) e pela contração isométrica voluntária máxima (CIVM) de extensão de joelho. A taxa de produção de força (TPF) em 50, 100, 150 e 200 ms, a potência de extensão de joelho produzido com 60% de 1RM pré-treinamento e a altura do salto com contra movimento (SCM) foram utilizados como medida de produção de potência muscular. A ativação muscular máxima do vasto lateral (VL) e do reto femoral (RF) foi obtida por eletromiografia de superfície durante a CIVM e durante a extensão de joelho com a carga de 1RM, enquanto que a ativação muscular submáxima foi obtida no movimento de extensão de joelho com 60% de 1RM pré-treinamento e durante o movimento de levantar da cadeira. A ultrassonografia muscular foi realizada para a determinação da espessura muscular do quadríceps femoral e a *echo intensity* do RF. O teste de sentar e levantar da cadeira em 30 segundos o teste *get up and go* foram realizados para avaliar as adaptações funcionais. A capacidade aeróbia máxima foi determinada pelo o consumo de oxigênio de pico (VO₂pico) e a função endotelial foi avaliada pela dilatação mediada por fluxo (DMF) da artéria braquial. A comparação entre valores pré e pós-treinamento foi realizada pela ANOVA para medidas repetidas de dois fatores (tempo vs grupo), com grupo como um fator inter-sujeitos e assumindo $\alpha \leq 0,05$ como significativo. Após o treinamento os dois grupos aumentaram os valores de 1RM, CIVM, potência de extensão de joelho e de TPF em 150 e 200 ms ($p \leq 0,05$), sem diferença entre os grupos ($p > 0,05$). Entretanto, nenhum grupo aumentou a TPF em 50 e 100 ms e nem a altura do SCM ($p > 0,05$). A ativação muscular do VL e do RF aumentou similarmente em ambos os grupos na CIVM e no 1RM ($p \leq 0,05$), e ativação submáxima reduziu nos dois grupos apenas na extensão de joelho com 60% de 1RM pré-treinamento, sem diferença entre eles ($p > 0,05$). A

espessura muscular quadríceps femoral aumentou de maneira similar nos dois grupos ($p \leq 0,05$) e a *echo intensity* do RF reduziu significativamente ($p \leq 0,05$), sem diferença entre os grupos ($p > 0,05$). O número de repetições no teste de sentar e levantar de 30 segundos aumentou após o TC ($p \leq 0,05$), sem diferença entre os grupos ($p > 0,05$). Nenhuma diferença foi encontrada no tempo do teste *get up and go* ($p > 0,05$). O $VO_{2\text{pico}}$ não foi alterado após o treinamento ($p > 0,05$), mas a DMF aumentou após as 12 semanas nos dois grupos ($p \leq 0,05$). Esses resultados demonstram que o TC é benéfico para idosos e a que a ordem dos exercícios de força e aeróbio do TC não tem influência as adaptações neuromusculares, cardiovasculares e funcionais dessa população.

Palavras-Chaves: Envelhecimento; Treinamento de força; Treinamento aeróbio; Força muscular; Endotélio

ABSTRACT

The aim of this study was to determine whether the concurrent training (CT) endurance and strength exercise sequence affects the neuromuscular, functional and cardiovascular adaptations of elderly people. Twenty-four healthy sedentary elderly men were divided into two CT groups. The endurance-strength group (n=11; 63.1±3.3 years; 1.76±0.07 m; 84.0±12.2 kg) performed the endurance exercise in the beginning of the CT sessions; the strength-endurance group (n=13; 67.0±6.0 years; 1.77±0.05 m; 80.9±10.5 kg) performed the strength exercises in the beginning of the CT sessions. Both groups trained two times per week for 12 weeks. The maximal strength of the subjects was tested by the knee extension one repetition maximum test (1RM) and by the knee extension maximal isometric voluntary contraction (MIVC). The rate of force development (RFD) in 50, 100, 150 and 200 ms, the knee extension power with 60% of pre-training 1RM, and the countermovement jump (CMJ) height were used as a measure of muscular power. Maximal muscle activation of the vastus lateralis (VL) and rectus femoris (RF) was obtained by surface electromyography during the MIVC and during the knee extension with the 1RM load, while the submaximal activation was obtained during the knee extension with 60% of pre-training 1RM and during the sit to stand movement. Muscular ultrasonography was performed to determine the muscle thickness of the quadriceps femoris, and the echo intensity of the RF. The 30-s chair stand test and the get up and go test were performed to evaluate the functional adaptations. The maximal aerobic capacity was determined by the peak oxygen uptake (VO_{2peak}) and the endothelial function was evaluated by the brachial artery flow mediated dilation (FMD). Pre and post-training values were compared by the two way repeated measures ANOVA (time vs group), with group as inter-subject factor and accepting $\alpha \leq 0.05$ as significant. After the training period both groups improved the values of 1RM, MIVC, knee extension power and RFD at 150 and 200 ms ($p \leq 0.05$), without difference between them. However, no improvement was observed in the RFD at 50 and 100 ms, and in the CMJ height ($p > 0.05$). The VL and RF muscular activation increased similarly in both groups in the MIVC and in the 1RM ($p \leq 0.05$), and the submaximal activation was reduced in the two groups only in the knee extension performed with 60% of pre-training 1RM ($p \leq 0.05$), without differences between them ($p > 0.05$). The muscle thickness quadriceps femoris increased similarly in the two groups ($p \leq 0.05$) and the

RF echo intensity reduced significantly ($p \leq 0.05$), without difference between groups ($p > 0.05$). The number of repetitions in the 30-s chair stand test increased after the CT ($p \leq 0.05$), without difference between groups ($p > 0.05$). No difference was observed in the time to perform the get up and go test ($p > 0.05$). The VO_2 peak did not change after the training ($p > 0.05$), but the FMD enhanced after the 12 weeks in both groups ($p \leq 0.05$). These results demonstrated that CT is beneficial for elderly people and the endurance and strength exercise sequence in the CT do not affect the neuromuscular, cardiovascular and functional adaptations in this population.

Keywords: Ageing; Resistance training; Endurance training; Muscular strength; Endothelium

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema demonstrando a síntese do óxido nítrico em resposta ao estresse de cisalhamento gerado pela hiperemia reativa ou exercício.

Figura 2 - Desenho experimental.

Figura 3 – Fluxograma dos sujeitos que completaram o estudo.

Figura 4 – Exemplo de posicionamento do transdutor (A) e do diâmetro arterial (B).

Figura 5 – Exemplo de espessura muscular do reto femoral.

Figura 6 – Exemplo da utilização do delimitar de amplitude durante teste de 1RM.

Figura 7 – Equipamento Peak Power (A) e exemplo de posicionamento para teste de potência de extensão de joelho com 60% de 1RM (B).

Figura 8 – Analisador de gases portátil e equipamentos utilizados no teste incremental.

Figura 9 – Cargas de treino no exercício extensão de joelho do grupo aeróbio-força (A-F) e força-aeróbio (F-A) no mesociclos 1 (15-18RM), 2 (12-15RM), 3 (10-12RM) e 4 (8-10RM).

Figura 10 – Cargas de uma repetição máxima (1RM) dos grupos aeróbio-força (A-F) e força-aeróbio (F-A) antes e após o treinamento.

Figura 11 – Sinal eletromiográfico relativo do vasto lateral na ação de levantar da cadeira dos grupos aeróbio-força (A-F) e força-aeróbio (F-A).

Figura 12 – Espessura muscular do quadríceps femoral dos grupos aeróbio-força (A-F) e força-aeróbio (F-A) antes a após o treinamento.

Figura 13 – *Echo intensity* do músculo reto femoral dos grupos aeróbio-força (A-F) e força-aeróbio (F-A) antes a após o treinamento.

Figura 14 – Dilatação mediada por fluxo (DMF) da artéria braquial dos grupos aeróbio-força (A-F) e força-aeróbio (F-A) antes, após 6 semanas e após 12 semanas de treinamento.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Artigos sobre a manipulação da ordem dos exercícios do treinamento concorrente. Resultados referentes aos grupos A-F e F-A.

Tabela 2 – Descrição do programa de treinamento.

Tabela 3 - Dados pré e pós-treinamento de caracterização dos voluntários.

Tabela 4 - Valores de PT e TPF nos períodos pré e pós-treinamento.

Tabela 5 - Valores de ativação muscular do VL e RF obtidos na CIVM e no teste de 1RM.

Tabela 6 – Sinal eletromiográfico relativo do VL e RF na extensão de joelho com 60%1RM pré-treinamento e ao levantar da cadeira.

Tabela 7 - Valores de sentar e levantar em 30 segundos e *get up and go*.

Tabela 8 - VO_2 pico, VO_2 no LV2 e FC no LV2 antes e após o treinamento.

Tabela 9 - Valores de 1RM e PT isométrico nos diferentes dias de testes.

LISTA DE ABREVIACOES

| | |
|------|--|
| 1RM | Uma repetição máxima |
| A-F | Grupo aeróbio-força |
| AMPK | Proteína quinase ativada por AMP |
| CIVM | Contração isométrica voluntária máxima |
| SCM | Salto com contra movimento |
| DMF | Dilatação mediada por fluxo |
| EM | Espessura muscular |
| eNOS | xido nítrico sintase endotelial |
| F-A | Grupo força-aeróbio |
| FC | Frequência cardíaca |
| FC% | Percentual da frequência cardíaca o obtida no 2 limiar ventilatório |
| GMPc | Guanosina monofosfato cíclico |
| GTP | Guanosina trifosfato |
| HDL | Lipoproteína de alta densidade |
| IMC | ndice de massa corporal |
| LDL | Lipoproteína de baixa densidade |

| | |
|------|--|
| LV2 | Segundo limiar ventilatório |
| mTOR | Alvo da rapamicina em mamíferos |
| NO | Óxido nítrico |
| PA | Pressão arterial |
| PPA | Pico de potência anaeróbia |
| PT | Pico de torque |
| QM | Qualidade muscular |
| RF | Reto femoral |
| RM | Repetições máximas |
| TA | Treinamento aeróbio |
| TC | Treinamento concorrente |
| TEM | Tensão específica muscular |
| TF | Treinamento de força |
| tlim | Tempo até a exaustão na $v\text{VO}_2\text{max}$ |
| TPF | Taxa de produção de força |
| VI | Vasto intermédio |
| VL | Vasto lateral |

| | |
|----------------------|---|
| VM | Vasto medial |
| VO ₂ max | Consumo máximo de oxigênio |
| VO ₂ pico | Consumo de oxigênio de pico |
| vVO ₂ max | Menor velocidade associada ao VO ₂ max |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO | 18 |
| JUSTIFICATIVA DO ESTUDO | 21 |
| OBJETIVOS | 21 |
| Objetivo Geral | 21 |
| Objetivos Específicos..... | 21 |
| REVISÃO DE LITERATURA | 23 |
| O Envelhecimento e o Sistema Neuromuscular | 23 |
| Causas da Redução da Força e Potência Muscular no Envelhecimento | 24 |
| Consequências Funcionais da Redução da Força e Potência Muscular..... | 27 |
| O Envelhecimento e o Sistema Cardiovascular | 28 |
| Causas da Redução da Capacidade Aeróbia e da Saúde Vascular com o Envelhecimento..... | 29 |
| O Treinamento Concorrente e o Sistema Neuromuscular | 33 |
| Influência da Manipulação da Ordem do TC nas Adaptações Neuromusculares | 36 |
| O Treinamento Concorrente e o Sistema Cardiovascular | 39 |
| Influência da Manipulação da Ordem do TC nas Adaptações Cardiovasculares | 42 |
| MÉTODOS | 44 |
| Problema da Pesquisa..... | 44 |
| Definição Operacional das Variáveis | 44 |
| Variável Independente | 44 |
| Delineamento da Pesquisa | 44 |
| População..... | 45 |
| Critérios de Inclusão | 45 |
| Critérios de exclusão | 45 |
| Cálculo Amostral..... | 46 |
| Desenho experimental..... | 46 |
| Amostra | 48 |
| Protocolos de Testes e Programas de Treinamento..... | 50 |
| Primeiro Dia | 50 |
| Coletas de Sangue..... | 50 |
| Análise Bioquímica..... | 50 |
| Familiarização | 50 |

| | |
|---|-----------|
| Segundo Dia de Testes..... | 51 |
| Dilatação Mediada por Fluxo da Artéria Braquial | 51 |
| Espessura e Echo Intensity Muscular | 53 |
| Teste de Uma Repetição Máxima de Extensão dos Joelhos | 54 |
| Teste de Saltos Verticais..... | 55 |
| Teste de Sentar e Levantar de 30 segundos | 56 |
| Terceiro Dia..... | 56 |
| Eletromiografia de Superfície | 56 |
| Levantar da Cadeira..... | 57 |
| Contração Isométrica Voluntária Máxima..... | 58 |
| Ativação Muscular com 60% de 1RM pré-treinamento | 58 |
| Pico de Potência de Extensão de Joelho com 60% de 1RM pré-treinamento ... | 59 |
| Ativação Muscular com carga de 1RM..... | 59 |
| Tratamento e Análise Sinal Eletromiográfico e da Curva de Torque..... | 60 |
| Taxa de Produção de Força..... | 60 |
| Quarto Dia..... | 61 |
| Teste Get Up and Go | 61 |
| Teste de Consumo de Oxigênio de Pico..... | 61 |
| Determinação do VO ₂ pico e LV2..... | 62 |
| Quinto Dia | 62 |
| Determinação Cargas Iniciais para os Exercícios de Força | 62 |
| Programa de Treinamento | 63 |
| Análise Estatística..... | 64 |
| RESULTADOS | 66 |
| Caracterização da Amostra e Adesão ao Treinamento | 66 |
| Cargas de Treinamento | 66 |
| 1RM e PT Isométrico | 67 |
| Pico de Potência com 60% de 1RM, TPF e Altura do Salto Vertical | 68 |
| Ativação Muscular..... | 69 |
| Espessura Muscular | 70 |
| <i>Echo Intensity</i> Muscular..... | 71 |
| Sentar e Levantar e <i>Get Up and Go</i> | 72 |
| Consumo de Oxigênio de Pico e Segundo Limiar Ventilatório..... | 72 |

| | |
|---|-----|
| Dilatação Mediada por Fluxo | 73 |
| DISCUSSÃO | 74 |
| CONCLUSÕES | 89 |
| REFRÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS | 90 |
| ANEXO II – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO | 103 |
| ANEXO III – CARGAS DE 1RM E PT NA FAMILIARIZAÇÃO, AVALIAÇÃO PRÉ-TREINAMEN E PÓS-TREINAMENTO | 106 |

INTRODUÇÃO

O envelhecimento é um processo natural e complexo envolvendo variáveis genéticas, comportamentais e patológicas. Como consequência indivíduos idosos apresentam prejuízo no sistema neuromuscular e cardiovascular, o que pode afetar a qualidade de vida, a autonomia e a saúde dessa população (Brill, Macera *et al.*, 2000; Hautier e Bonnefoy, 2007; Herrera, Mingorance *et al.*, 2010).

Para a Organização Mundial da Saúde o ser humano é considerado idoso a partir da sexta década de vida. A partir dessa idade ocorrem importantes modificações no sistema neuromuscular por meio de alterações neurais, como a desnervação de fibras musculares e a redução da capacidade de ativação muscular (Harridge, Kryger e Stensgaard, 1999; Narici e Maffulli, 2010), e morfológicas como a redução da quantidade e da qualidade da massa muscular (Fleck e Kraemer, 2006; Arts, Pillen *et al.*, 2010; Lang, Streeper *et al.*, 2010; Narici e Maffulli, 2010). Por exemplo, a sarcopenia reduz a quantidade de massa muscular disponível para produção de força, enquanto que a redução da qualidade muscular (QM) (Arts, Pillen *et al.*, 2010) influencia negativamente a capacidade de produção de potência muscular na população idosa (Cadore, Izquierdo, Conceicao *et al.*, 2012). Essas e outras alterações repercutem em marcante redução da produção de força e potência muscular (Lynch, Metter *et al.*, 1999; Fleck e Kraemer, 2006), afetando as capacidades funcionais e a qualidade de vida de idosos (Jones, Rikli e Beam, 1999; Brill, Macera *et al.*, 2000; Foldvari, Clark *et al.*, 2000; Laroche, Cremin *et al.*, 2010).

As doenças cardiovasculares são consideradas pela Organização Mundial da Saúde como a principal causa de mortes no mundo. Idosos demonstram deterioração do sistema cardiovascular, como a redução da função endotelial, o aumento da rigidez arterial e prejuízo na capacidade cardiorrespiratória (Jensen-Urstad, Bouvier e Jensen-Urstad, 1999; Moyna e Thompson, 2004; Hautier e Bonnefoy, 2007; Herrera, Mingorance *et al.*, 2010). Com o envelhecimento o consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico}) declina gradualmente, o que pode acarretar em redução da capacidade funcional e prejudicar a saúde vascular de idosos. Além disso, o endotélio vascular saudável desempenha importante papel antiaterogênico e a disfunção endotelial que ocorre com o envelhecimento precede eventos cardiovasculares (Inaba, Chen e Bergmann, 2010).

Dessa maneira, considerando o aumento no número populacional de idosos na sociedade atual, intervenções eficientes para melhorar a saúde tanto neuromuscular quanto cardiovascular dessa população são de grande relevância. O exercício físico, realizado cronicamente, é uma intervenção eficiente para combater os prejuízos neuromusculares e cardiovasculares associados ao envelhecimento (Harridge, Kryger e Stensgaard, 1999; Jensen-Urstad, Bouvier e Jensen-Urstad, 1999; Lang, Strepper *et al.*, 2010) e o treinamento concorrente (TC), caracterizado pela associação do treinamento de força e aeróbio (Kraemer, Patton *et al.*, 1995), possui o benefício de desenvolver tanto a força e a potência muscular quanto a capacidade cardiorrespiratória e a saúde vascular, fato que dificilmente pode ocorrer com a utilização do treinamento de força (TF) ou do treinamento aeróbio (TA) isoladamente.

Apesar de seus diversos benefícios, algumas evidências indicam que o TC pode prejudicar o desenvolvimento da força muscular quando comparado ao TF realizado isoladamente (Hickson, 1980; Kraemer, Patton *et al.*, 1995; Cadore, Pinto *et al.*, 2010). Uma possível explicação é que a execução do exercício aeróbio no início das sessões TC prejudicaria os exercícios de força subsequentes (Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012). Nesse sentido sugere-se que a ordem de execução dos exercícios de força e aeróbio do TC seja uma variável que afete diretamente as adaptações neuromusculares, de forma que indivíduos que executem o TC na ordem força-aeróbio poderiam desenvolver mais força do que aqueles que o executarem na ordem inversa (Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012). Portanto, provavelmente a ordem do TC também afete as adaptações na potência e nas capacidades funcionais, o que é relevante para a população idosa. Contudo, isso ainda não foi investigado.

Em relação à função endotelial, trabalhos prévios demonstraram que em jovens a função endotelial aumenta nas primeiras semanas de treinamento, mas retorna aos valores basais após oito semanas de treinamento (Tinken, Thijssen *et al.*, 2008), e um estudo sugere que a ordem do TC afeta as adaptações endoteliais em indivíduos jovens (Okamoto, Masuhara e Ikuta, 2007). Contudo, idosos demonstram valores basais reduzidos de função endotelial (Desouza, Shapiro *et al.*, 2000), o que talvez afete a cronologia das adaptações e gere uma maior capacidade

de adaptação em resposta ao treinamento. Assim, é possível que o TC, independente da ordem de execução dos exercícios, cause adaptações semelhantes na função endotelial de idosos, mas essa hipótese ainda não foi investigada.

Sendo assim, o objetivo do presente projeto foi investigar a influência da ordem de execução dos exercícios de força e aeróbio do TC nas adaptações neuromusculares, cardiovasculares e na capacidade funcional de homens idosos.

JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Esse estudo justifica-se pela necessidade de conhecer a influência das ordens dos exercícios do TC sobre o sistema neuromuscular, cardiovascular e na capacidade funcional de idosos. Esses resultados permitirão a melhor organização e prescrição do TC para essa população. Estudos prévios de nosso e de outros grupos de pesquisa têm demonstrado os efeitos benéficos do TF, TA e TC no sistema neuromuscular e cardiovascular de idosos (Schaun, Dipp *et al.*, 2011; Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012; Correa, Laroche *et al.*, 2012), entretanto o efeito da ordem dos exercícios do TC nas adaptações de força/potência muscular, função endotelial e capacidades funcionais de idosos ainda precisam ser mais investigados.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar a influência da ordem do TC (iniciando pelo exercício aeróbio ou pelo exercício de força) nas adaptações neuromusculares, funcionais e cardiovasculares de homens idosos.

Objetivos Específicos

Comparar o efeito da manipulação da ordem do TC após 12 semanas de treinamento nos valores de:

- Uma repetição máxima (1RM) de extensão de joelho.
- Pico de torque (PT) isométrico de extensão de joelho.
- Taxa de produção de força (TPF) isométrica de extensão de joelho.
- Pico de potência com 60% de 1RM pré-treinamento.
- Altura do salto vertical com contra movimento (SCM).
- Espessura muscular (EM) dos quatro músculos do quadríceps femoral.
- Qualidade muscular, a partir da *echo intensity* do músculo reto femoral (RF).
- Sinal eletromiográfico dos músculos vasto lateral (VL) e RF durante a ação de levantar da cadeira, na contração isométricas voluntária máxima (CIVM) de extensão

de joelho, na extensão de joelho com 60% de 1RM pré-treinamento e na extensão de joelho com carga de 1RM.

- Teste de sentar e levantar de 30 segundos.
- Teste *get up and go*.
- Função endotelial, pela dilatação mediada por fluxo (DMF) da artéria braquial.
- VO_2 pico.

Comparar o efeito da manipulação da ordem do TC após 6 semanas e após 12 semanas de treinamento nos valores de:

- DMF da artéria braquial.

REVISÃO DE LITERATURA

O Envelhecimento e o Sistema Neuromuscular

Desde a antiguidade as influências negativas na saúde e vigor físico associadas ao envelhecimento vêm sendo constatadas. Por exemplo, Narici e Maffulli (2010) citam que os gregos clássicos abominavam o envelhecimento, considerando-o como uma doença incurável e progressiva. Posteriormente, o envelhecimento foi visto como um estado entre a saúde e a doença, como acreditava Galeno *apud* (Narici e Maffulli, 2010). Atualmente, encaramos o envelhecimento como um processo natural, com grandes influências nos sistemas fisiológicos como os observados no sistema neuromuscular.

O sistema neuromuscular encontra-se em constante desenvolvimento, sendo que a força e a massa muscular geralmente atingem seus valores máximos próximos da 3ª década de vida e depois disso começam a decair gradualmente (Lynch, Metter *et al.*, 1999). A partir dos 60 anos de vida a redução da função neuromuscular torna-se mais acentuada, como pode ser observado pelo grande prejuízo na capacidade de produção de força e potência muscular (Lynch, Metter *et al.*, 1999; Thom, Morse *et al.*, 2007). Tal redução é um processo complexo, associado a inúmeros fatores, e pode causar importante prejuízo funcional para idosos (Izquierdo, Aguado *et al.*, 1999; Pijnappels, Reeves *et al.*, 2008; Pijnappels, Van Der Burg *et al.*, 2008; Lang, Streeper *et al.*, 2010; Laroche, Cremin *et al.*, 2010). Por exemplo, Izquierdo, Aguado *et al.* (1999) encontraram redução do equilíbrio e força muscular de idosos comparado com seus pares jovens e Rikli e Jones (1999) observaram diminuição das capacidades funcionais com o avançar da idade.

Os fatores responsáveis pelo prejuízo na função muscular com o envelhecimento ainda não são completamente entendidos, mas podem estar associados a alterações genéticas, endócrinas, assim como a fatores culturais como a inatividade física e a ingestão inadequada de nutrientes (Lang, Streeper *et al.*, 2010; Narici e Maffulli, 2010).

Causas da Redução da Força e Potência Muscular no Envelhecimento

O prejuízo na produção de força e potência muscular de idosos parece ser em grande parte explicado pela redução da massa muscular que ocorre nessa população, processo denominado sarcopenia (Rosenberg, 1997; Frontera, Hughes *et al.*, 2000; Narici e Maffulli, 2010). O termo sarcopenia tem origem nas raízes gregas *sarx* (“carne”) e *penia* (“perda”). Esse termo foi proposto em 1988 por Irwin Rosenberg, na tentativa de denominar o processo de redução da massa muscular que ocorre em função do envelhecimento (Rosenberg, 1997). Recentemente, diferentes maneiras de determinar a sarcopenia vêm sendo propostas para classificar quais indivíduos possuem valores de massa muscular considerados como críticos. Segundo Narici e Maffulli (2010), a classificação mais frequentemente encontrada de sarcopenia é um índice resultante da divisão da massa musculoesquelética apendicular (obtida por bioimpedância) pelo quadrado da estatura do indivíduo, de maneira que sujeitos que apresentam valores entre -1 e -2 desvios-padrão dos valores médios normativos (baseado em jovens saudáveis como controles) possuem sarcopenia grau I, enquanto que valores abaixo de -2 desvios-padrão são classificados como sarcopenia grau II. Portanto, nem todos os indivíduos idosos apresentam sarcopenia, apesar de sua preponderância aumentar consideravelmente com o avançar da idade (Janssen, Heymsfield e Ross, 2002). Contudo, o termo sarcopenia é atualmente mais utilizado simplesmente para definir reduções de massa muscular que ocorrem em função do envelhecimento, sem levar em consideração valores de referência.

A sarcopenia é causada por diversos fatores que repercutem na redução do número e do volume das fibras musculares. A alteração no volume das fibras musculares parece ser seletiva, afetando principalmente as fibras de contração rápida (Ia e IIx) dos membros inferiores, o que tem grande repercussão nos valores força máxima e principalmente de potência muscular (Izquierdo, Aguado *et al.*, 1999; Thom, Morse *et al.*, 2007; Laroche, Cremin *et al.*, 2010; Narici e Maffulli, 2010).

A desnervação das fibras musculares ocorre durante o envelhecimento e pode levar a perda de algumas fibras, especialmente as do tipo II. Entretanto, acredita-se que parte das fibras desnervadas podem ser reinervadas por motoneurônios de contração lenta, o que evita a necrose da fibra, mas resulta em

prejuízos específicos na potência muscular de forma independente à sarcopenia (Lang, Streeper *et al.*, 2010; Narici e Maffulli, 2010).

O envelhecimento também pode ocasionar alterações no sistema endócrino, aumentar os níveis de estresse oxidativo, e a concentração de citocinas inflamatórias circulantes, o que pode reduzir a estimulação anabólica e ativar vias proteolíticas (Lang, Streeper *et al.*, 2010). Provavelmente em função desses e de outros processos, idosos demonstram alteração no metabolismo protéico muscular. Alguns autores acreditam que o envelhecimento saudável não causa incremento da degradação protéica muscular, entretanto o aumento da síntese protéica em resposta a diversos estímulos anabólicos é reduzido, processo denominado “resistência anabólica” (Breen e Phillips, 2011). Por exemplo, foi observado que, quando comparados a pessoas jovens, idosos apresentam menor aumento da síntese protéica miofibrilar após consumirem a mesma dose de aminoácidos (Cuthbertson, Smith *et al.*, 2005). Fato semelhante foi encontrado em resposta a sessões de TF (Kumar, Selby *et al.*, 2009). Juntos, esses dados indicam que a resistência anabólica deve contribuir em grande escala para a progressão do processo de sarcopenia.

Outros mecanismos, independentes da sarcopenia, também possuem influência no prejuízo muscular observado no envelhecimento, tendo em vista que a diminuição da massa muscular é em geral menor do que a diminuição na capacidade de produção de força e potência (Chelly, Chamari *et al.*, 2006; Thom, Morse *et al.*, 2007). Isso é evidenciado pela redução da tensão específica muscular (TEM) que ocorre com o envelhecimento (Lynch, Metter *et al.*, 1999). A TEM refere-se à força produzida dividida por unidade de massa muscular (Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012). Nesse sentido, Lynch, Metter *et al.* (1999) demonstraram que o envelhecimento resulta na diminuição TEM de diversos grupos musculares, o que sugere que a força diminui em uma taxa maior do que a massa muscular, o que deve ocorrer por adaptações neurais. Já Thom, Morese *et al.* (2007) observaram área de secção transversa fisiológica do gastrocnêmio medial foi 14,3% menor em idosos do que em jovens, enquanto que a diferença no pico de potência do flexores plantares foi de 80%.

Um dos mecanismos independentes da sarcopenia que afeta a função muscular é modificação da QM. A QM é uma representação da composição

muscular. A deposição de tecidos não contráteis, em especial de lipídios intramusculares (Goodpaster, Kelley *et al.*, 2000), prejudica a QM sem afetar a quantidade de massa muscular. Essas alterações podem ser observadas indiretamente pelo coeficiente de atenuação muscular (obtido por tomografia computadorizada), o qual se relaciona com a quantidade de triglicerídeos muscular obtidos de biopsias do vasto lateral ($r=-0,58$) (Goodpaster, Kelley *et al.*, 2000). Mais recentemente, o aumento da *echo intensity* muscular obtida em imagens de ultrassonografia foi proposta como medida indireta de infiltração de gordura e tecidos não contráteis musculares (Arts, Pillen *et al.*, 2010). Assim o aumento da *echo intensity* muscular representa uma redução da QM (Arts, Pillen *et al.*, 2010). Entretanto, é importante ressaltar que o termo qualidade muscular também é utilizado por outros autores como sinônimo de TEM (Lynch, Metter *et al.*, 1999), o que não será feito nesse projeto.

Idosos sofrem diminuição da QM, demonstrando elevada deposição de tecidos não contráteis nessas regiões (Visser, Kritchevsky *et al.*, 2002; Arts, Pillen *et al.*, 2010). A Infiltração lipídica no quadríceps femoral torna-se cada vez mais evidente com o envelhecimento, e está associada com redução do pico de torque dos extensores do joelho a 60°/s, de forma independente à área de secção transversa muscular (Goodpaster, Carlson *et al.*, 2001). Também foi demonstrada correlação negativa entre o aumento da deposição de gordura muscular e desempenho em atividades funcionais (Visser, Kritchevsky *et al.*, 2002) e recentemente foi relatado que a maior *echo intensity* do músculo RF de idosos se correlaciona negativamente com o PT de extensão de joelho em altas velocidades angulares (Cadore, Izquierdo, Conceicao *et al.*, 2012). Além disso, o músculo esquelético apresenta importante papel na regulação do metabolismo da glicose e alterações na QM talvez prejudiquem o controle glicêmico de pessoas mais velhas (Goodpaster, Krishnaswami *et al.*, 2003).

Além das modificações na QM, outras alterações estruturais e bioquímicas que ocorrem nas fibras musculares e nos tendões parecem influenciar a capacidade de produção de força e potência. Por exemplo, modificações no número de formação de pontes cruzadas, na liberação do cálcio pelo retículo sarcoplasmático, na glicação de proteínas musculares, no ângulo de penação muscular e na estrutura

e rigidez dos tendões podem causar redução da função muscular, resultando em menor TEM (Thom, Morse *et al.*, 2007; Narici e Maffulli, 2010).

Adaptações neurais também estão envolvidas com a redução da força associada ao envelhecimento. Harridge, Kryger e Stensgaard (1999) observaram que indivíduos idosos não são capazes de ativar completamente o quadríceps femoral voluntariamente, indicando diminuição da ação do sistema nervoso central. Também é provável que ocorra maior co-ativação dos músculos antagonistas de sujeitos dessa população, o que resultaria em desenvolvimento de força “contra-produtiva” para um determinado movimento (Pereira e Goncalves, 2011). Somado a isso, a redução da TEM é um indicativo prejuízo neural com o envelhecimento (Lynch, Metter *et al.*, 1999).

Dessa maneira, o processo de envelhecimento pode reduzir o volume muscular, a QM, bem como a capacidade e padrão de ativação muscular máxima, repercutindo em prejudicada capacidade produção de força e potência.

Consequências Funcionais da Redução da Força e Potência Muscular

As alterações que conduzem à debilidade do sistema neuromuscular têm efeito relevante na qualidade de vida de idosos, pois reduzem sua capacidade de executarem atividades da vida diária, sua autonomia e ainda aumentam os riscos de quedas nessa população (Izquierdo, Aguado *et al.*, 1999; Pijnappels, Reeves *et al.*, 2008; Lang, Streeper *et al.*, 2010; Laroche, Cremin *et al.*, 2010; Narici e Maffulli, 2010).

Em idosos não atletas, aumentar a força e potência máxima possuirá pouca relevância se não resultar na melhora funcional dos mesmos. No entanto, a manutenção dos níveis de força parece influenciar positivamente as capacidades funcionais em indivíduos mais velhos. Por exemplo, foi observado que o 1RM no *leg press* se relaciona com o desempenho no teste de sentar e levantar tanto em homens quanto em mulheres ($r=0,78$ e $0,71$, respectivamente) (Rikli e Jones, 1999), enquanto que a força máxima isométrica no *leg press* é um importante preditor de quedas nessa população (Pijnappels, Reeves *et al.*, 2008).

Acredita-se que a redução da potência muscular é ainda mais preocupante do que o prejuízo na força máxima, uma vez que a potência é essencial para a

execução de todas as atividades da vida diária. Por exemplo, Foldvari, Clark *et al.* (2000) reportaram que a potência de membros inferiores, avaliada no *leg press*, é um preditor de quedas independente do *status* funcional de idosos. Izquierdo, Aguado *et al.* (1999) encontraram correlações entre a altura dos saltos verticais e a TPF com capacidade do controle postural de idosos. Além disso, a altura do salto vertical pode identificar idosos que apresentam maior risco de sofrer quedas (Pijnappels, Reeves *et al.*, 2008) e demonstra correlação significativa com o tempo de levantar da cadeira, com a velocidade normal de caminhada e com equilíbrio estático dessa população (Andrade e Matsudo, 2010).

O aumento da força e potência muscular com o treinamento pode melhorar a capacidade funcional de idosos. É bem conhecido que o treinamento de força causa incremento da força máxima mesmo em nonagenários, além de ser capaz de desenvolver a produção de potência muscular, sobretudo quando o treinamento de potência é utilizado (Fiatarone, Marks *et al.*, 1990; Häkkinen, Alen *et al.*, 2000; Bottaro, Machado *et al.*, 2007). Apesar do termo “treino de potência” poder ser aplicada para diversos tipos de treinamento, ele será utilizado no presente estudo apenas para se referir ao TF em que a fase concêntrica do movimento é realizada o mais rápido possível, enquanto que o termo “treinamento de força tradicional” será utilizado para descrever o TF realizado com velocidade moderada de execução dos movimentos (Bottaro, Machado *et al.*, 2007).

Portanto, considerando o efeito negativo da redução da produção de força e potência muscular em idosos, o incremento ou ao menos a manutenção do desempenho muscular é muito importante nessa população.

O Envelhecimento e o Sistema Cardiovascular

O envelhecimento exerce grande influência sobre o sistema cardiovascular, de maneira que muitos idosos podem apresentar valores de capacidade aeróbia abaixo do necessário para realizar várias atividades da vida diária (Hawkins e Wiswell, 2003). A deterioração do sistema cardiovascular também pode causar modificações vasculares funcionais e estruturais, aumentando o risco de

desenvolvimento de doenças cardiovasculares (Celermajer, Sorensen *et al.*, 1994; Herrera, Mingorance *et al.*, 2010).

Assim como na força máxima, os valores de consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{max}$) decaem com o envelhecimento. Em geral, a capacidade cardiorrespiratória declina em torno de 10% por década em indivíduos sedentários (Hawkins e Wiswell, 2003). Embora o exercício físico possa desacelerar a deterioração do $VO_2\text{max}$, ele não é capaz prevenir o declínio da capacidade cardiorrespiratória (Franzoni, Ghiadoni *et al.*, 2005; Betik e Hepple, 2008).

Em relação à saúde vascular, sabe-se que a disfunção endotelial ocorre durante o envelhecimento (Herrera, Mingorance *et al.*, 2010). O endotélio vascular é um tecido especializado que reveste os vasos do sistema circulatório, tendo entre suas principais funções a regulação do tônus vascular, além de possuir ações antiaterogênicas, envolvidas na agregação plaquetária, adesão de monócitos e na proliferação da musculatura lisa vascular (Rush, Denniss e Graham, 2005). Homens de meia-idade já demonstram deterioração da vasodilatação dependente do endotélio (Celermajer, Sorensen *et al.*, 1994). Embora o envelhecimento seja um fator de risco independente para a redução da função endotelial (Herrera, Mingorance *et al.*, 2010), o exercício físico pode ser utilizado como intervenção eficiente para o combate da disfunção endotelial (Jensen-Urstad, Bouvier e Jensen-Urstad, 1999; Desouza, Shapiro *et al.*, 2000; Franzoni, Ghiadoni *et al.*, 2005). Contudo os mecanismos associados ao desenvolvimento da disfunção endotelial são complexos e ainda precisam ser mais estudados.

Causas da Redução da Capacidade Aeróbia e da Saúde Vascular com o Envelhecimento

A diminuição dos níveis de atividade física que frequentemente ocorrem com o envelhecimento podem influenciar o $VO_2\text{pico}$ de idosos, entretanto vários mecanismos fisiológicos também são responsáveis por essa redução. Por exemplo, a frequência cardíaca máxima e o volume sistólico máximo diminuem com o passar dos anos, limitando o débito cardíaco (Hawkins e Wiswell, 2003). Idosos também apresentam diminuição da densidade e da capacidade oxidativa mitocondrial em comparação com voluntários mais jovens (Conley, Jubrias e Esselman, 2000), o que

deve afetar a capacidade oxidativa muscular e a diferença arterio-venosa de O₂ (Hawkins e Wiswell, 2003). Somado a isso a força e a QM também parecem influenciar parâmetros associados à capacidade aeróbia de idosos (Cadore, Izquierdo, Conceicao *et al.*, 2012).

Além de reduzir o VO₂pico, o envelhecimento também tem efeito dramático na função endotelial (Celermajer, Sorensen *et al.*, 1994; Desouza, Shapiro *et al.*, 2000; Franzoni, Ghiadoni *et al.*, 2005). O endotélio vascular atua por meio da produção e liberação de diversos mediadores bioquímicos vasodilatadores e vasoconstritores. Entre os principais fatores constritores derivados do endotélio encontram-se a endotelina-1, prostaglandina H₂, angiotensina II e espécies reativas de oxigênio. Enquanto que os principais fatores relaxantes derivados do endotélio são o óxido nítrico (NO), a prostaciclina e os fatores hiperpolarizantes derivados do endotélio (Francescomarino, Sciartilli *et al.*, 2009). Especificamente NO é o fator relaxante derivado do endotélio que tem recebido mais atenção por pesquisadores.

O NO é um gás extremamente lábil com uma meia-vida de apenas alguns segundos em sistemas biológicos. Em condições saudáveis a enzima óxido nítrico sintase endotelial (eNOS) produz NO durante a conversão de L-arginina a L-citrulina (Da Luz, Laurindo e Chagas, 2003). Após ser produzido, o NO pode se difundir para a musculatura lisa vascular e causar seu relaxamento (resultando na vasodilatação) (Figura 1). A diminuição da biodisponibilidade do NO e de outros fatores relaxantes derivados do endotélio podem causar a disfunção endotelial, a qual está associada à instalação e desenvolvimento de doenças cardiovasculares, como a aterosclerose, hipertensão arterial, bem como doenças relacionadas ao envelhecimento como a doença de Alzheimer, disfunção renal e disfunção erétil (Celermajer, Sorensen *et al.*, 1992; Rush, Denniss e Graham, 2005; Herrera, Mingorance *et al.*, 2010).

A função endotelial é normalmente avaliada *in vivo* pelo aumento do volume do segmento, (determinada por pletismografia) ou pela alteração no diâmetro da artéria investigada (determinada por ultrassonografia) após infusão de substâncias vasoativas ou pelo aumento do estresse de cisalhamento ocasionado após um período de oclusão (Da Luz, Laurindo e Chagas, 2003; Thijssen, Black *et al.*, 2011) (figura 1). Já é bem conhecido que o envelhecimento associa-se com o desenvolvimento da disfunção endotelial (Celermajer, Sorensen *et al.*, 1994;

Herrera, Mingorance *et al.*, 2010), o que aumenta o risco de doenças cardiovasculares nessa população.

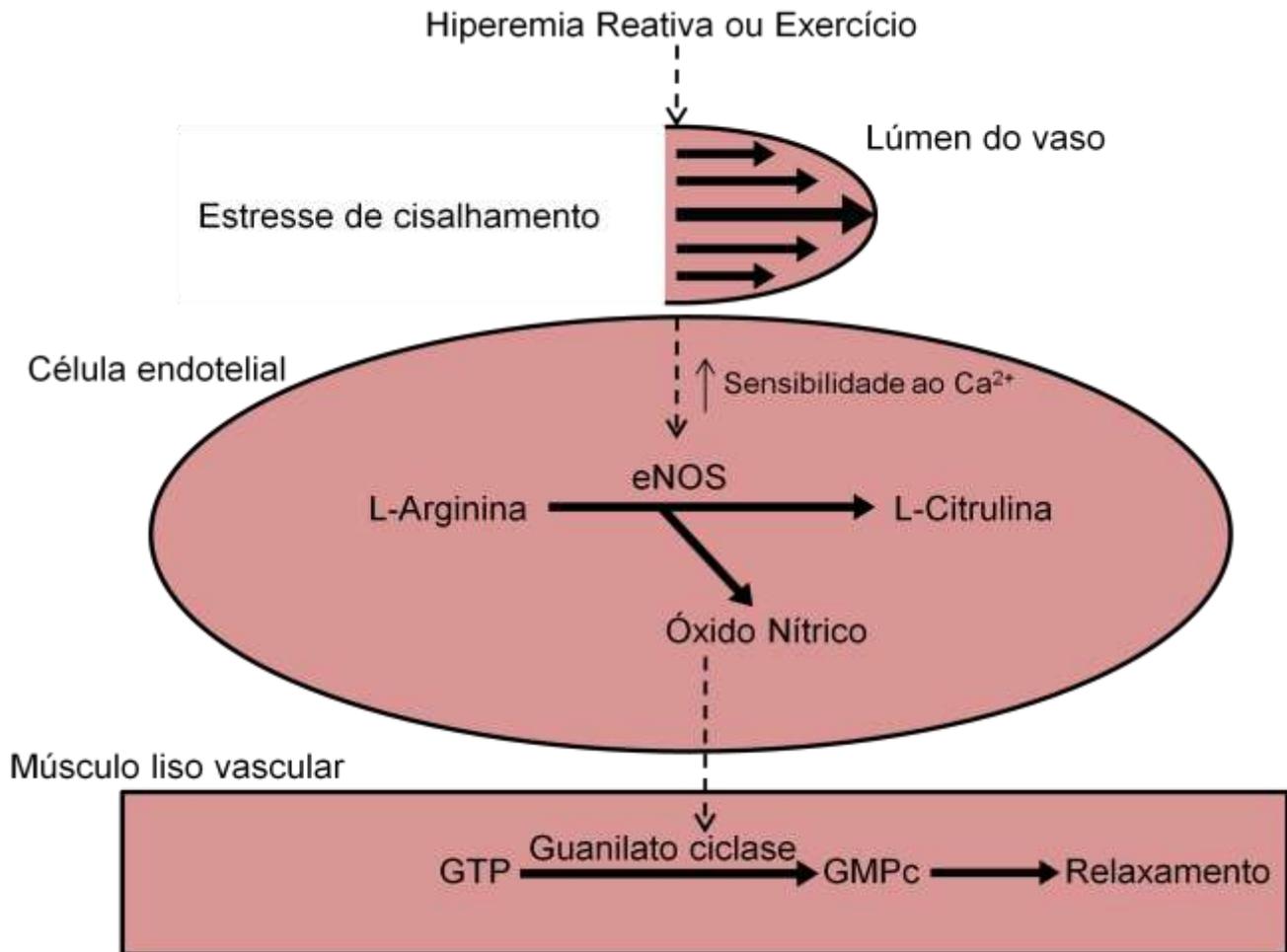


Figura 1 - Esquema demonstrando a síntese do óxido nítrico em resposta ao estresse de cisalhamento gerado pela hiperemia reativa ou exercício. eNOS, óxido nítrico síntase endotelial; GTP, guanosina trifosfato; GMPc, guanosina monofosfato cíclico. Adaptado de Da Luz, Laurindo e Chagas (2003).

Inúmeros fatores são responsáveis pela redução da função endotelial com o envelhecimento. A regulação da saúde endotelial ocorre em grande parte por meio do equilíbrio entre a produção dos fatores relaxantes e fatores constritores derivados do endotélio. É proposto que o aumento do estresse oxidativo, principalmente por meio do radical superóxido, pode levar a disfunção endotelial em idosos (Eskurza, Monahan *et al.*, 2004; Herrera, Mingorance *et al.*, 2010). Com o envelhecimento há desequilíbrio do sistema antioxidante e pró-oxidante, permitindo que ocorra maior produção do radical superóxido, o qual pode reagir com o NO formando peroxinitrito. O peroxinitrito apresenta funções deletérias nas células endoteliais e na musculatura lisa vascular (Herrera, Mingorance *et al.*, 2010). O prejuízo na função endotelial de idosos também pode ser causado por outros mecanismos como o incremento de expressão de citocinas pró-inflamatórias, a hipercolesterolemia, a maior suscetibilidade de oxidação de lipoproteína de baixa densidade (LDL), a redução da bioatividade de co-fatores para a eNOS, o aumento da atividade vasoconstritora associada à endotelina-1 e o envelhecimento das células endoteliais por si só (Celermajer, Sorensen *et al.*, 1992; Eskurza, Myerburgh *et al.*, 2005; Franzoni, Ghiadoni *et al.*, 2005; Rush, Denniss e Graham, 2005; Di Massimo, Scarpelli *et al.*, 2006; Van Guilder, Westby *et al.*, 2007; Francescomarino, Sciartilli *et al.*, 2009; Herrera, Mingorance *et al.*, 2010).

Juntos, esses fatores podem acarretar na lesão e disfunção do tecido endotelial, aumentando a suscetibilidade de formação de placas ateroscleróticas, eventos trombóticos e, conseqüentemente, doenças vasculares. Portanto, desenvolver intervenções eficientes para combater a redução do VO_2 pico e a disfunção endotelial associada ao envelhecimento é de grande importância na prevenção de doenças cardiovasculares. Nesse sentido, o exercício físico vem sendo cada vez mais indicado como uma intervenção efetiva na manutenção da saúde vascular, mesmo com o envelhecimento (Jensen-Urstad, Bouvier e Jensen-Urstad, 1999; Desouza, Shapiro *et al.*, 2000; Okamoto, Masuhara e Ikuta, 2007) e é preconizado como uma importante intervenção antiaterogênica (Gielen e Hambrecht, 2005; Kojda e Hambrecht, 2005).

O Treinamento Concorrente e o Sistema Neuromuscular

O TC caracteriza-se pela associação do TF e do TA em um programa de exercícios. Do ponto de vista neuromuscular o TC é capaz de causar adaptações semelhantes às do TF isolado. Por exemplo, o TC pode aumentar a força máxima e potência muscular de jovens e idosos através de adaptações neurais e morfológicas (Kraemer, Patton *et al.*, 1995; Häkkinen, Alen *et al.*, 2003; Karavirta, Häkkinen *et al.*, 2011; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012). Além disso, esse tipo de treinamento também é benéfico para as capacidades funcionais de indivíduos de meia-idade e idosos (Holviala, Kraemer *et al.*, 2012). Contudo o TC pode causar ganhos de força e potência menores do que o TF isolado.

Em 1980 Robert Hickson publicou um trabalho em que indivíduos jovens foram submetidos a um programa de TC de alto volume e intensidade ou a um programa de TF. Foi encontrado prejuízo no desenvolvimento da força muscular dos voluntários que executaram o TC em relação ao TF. A influência negativa no desenvolvimento de força do grupo que executou o TC foi denominado “efeito/fenômeno da interferência” e a partir de então inúmeros estudos observaram a interferência no desenvolvimento da força ou potência muscular (Dudley e Djamil, 1985; Sale, Macdougall *et al.*, 1990; Hennessy e Watson, 1994; Kraemer, Patton *et al.*, 1995; Häkkinen, Alen *et al.*, 2003; Cadore, Pinto *et al.*, 2010). Entretanto outros trabalhos não observaram o fenômeno da interferência nos ganhos de força e potência (Mccarthy, Pozniak e Agre, 2002; Holviala, Kraemer *et al.*, 2012; De Souza, Tricoli *et al.*, 2013). Esses resultados opostos indicam que talvez a manipulação de algumas variáveis do TC deve influenciar o fenômeno da interferência. Dessa forma, Leveritt, Abernethy *et al.* (1999) propõem algumas hipóteses para tentar explicar os mecanismos que ocasionam o efeito da interferência.

A hipótese do *overtraining* sugere que o TC de alto volume/intensidade causaria estímulos excessivos, resultando no prejuízo nas adaptações. De fato, no trabalho de Hickson (1980), em que os voluntários do grupo de TC exercitaram-se seis vezes por semana com alto volume e intensidade, foi observado diminuição dos valores de 1RM do grupo de TC, indicando que os participantes poderiam estar em *overtraining*. Trabalhos posteriores com alta frequência de treinamento dão suporte

a essa hipótese (Hennessey e Watson, 1994; Kraemer, Patton *et al.*, 1995). Contudo, a interferência nos ganhos de força já foi observada com treinamento de menor volume semanal (Cadore, Pinto *et al.*, 2010) e, portanto, outros mecanismos também devem estar envolvidos no fenômeno da interferência.

A hipótese crônica baseia-se na ideia de que o TA e o TF causam estímulos antagônicos, não permitindo que a musculatura treinada se adapte aos dois tipos de exercício. Prejuízo nas adaptações poderiam ocorrer por alterações qualitativas (como a transformação do tipo de fibras musculares) e quantitativas (como o incremento no volume dos diferentes tipos de fibras musculares) das fibras musculares, bem como por alterações endócrinas e neurais em decorrência dos diferentes exercícios utilizados no TC (Leveritt, Abernethy *et al.*, 1999).

Estudos sobre sinalização molecular fornecem algum suporte à teoria de que os exercícios de força e aeróbio causam estímulos antagônicos. Acredita-se que a principal via de sinalização de síntese protéica miofibrilar em resposta ao TF seja a da proteína alvo da rapamicina em mamíferos (mTOR), enquanto que as adaptações ao exercício aeróbio ocorrem em parte pela ativação da proteína quinase ativada por AMP (AMPK) (Hawley, 2009). O estresse mecânico e metabólico resultante do exercício de força causa fosforilação de sítios específicos da mTOR, a qual estimula a síntese protéica miofibrilar por ativar a proteína quinase S6 de 70kDa (Deldicque, Theisen e Francaux, 2005; Terzis, Georgiadis *et al.*, 2008). Já a AMPK é considerada um sensor energético, ativada quando há níveis elevados de AMP, e apresenta importante papel na adaptação ao treinamento aeróbio por estimular a biogênese mitocondrial (Reznick e Shulman, 2006). Acredita-se que AMPK é responsável pela inibição da mTOR (Atherton, Babraj *et al.*, 2005; Deldicque, Theisen e Francaux, 2005), o que prejudicaria o aumento da síntese protéica miofibrilar. Esses resultados já foram observados em músculos isolados, (Atherton, Babraj *et al.*, 2005) e em humanos, em resposta ao exercício de força e aeróbio isolados (Wilkinson, Phillips *et al.*, 2008; Camera, Edge *et al.*, 2010). Portanto, é provável que TC cause prejuízo na hipertrofia das fibras musculares (Kraemer, Patton *et al.*, 1995; Karavirta, Häkkinen *et al.*, 2011) por incompatibilidade das vias de sinalização anabólicas dos diferentes exercícios (Hawley, 2009). Entretanto, resultados recentes têm questionado essa teoria (De Souza, Tricoli *et al.*, 2013).

Também foi sugerido que o TC poderia reduzir as adaptações neurais, tendo em vista que o efeito da interferência não pode ser completamente explicado pela inibição da hipertrofia muscular (Leveritt, Abernethy *et al.*, 1999). Um estudo recente dá suporte a essa teoria. Cadore, Pinto *et al.*(2010) relataram haver interferência no aumento da ativação muscular máxima e na melhora da economia neuromuscular do VL e RF de oito idosos que praticaram 12 semanas de TC. Esses resultados foram acompanhados pelo prejuízo no aumento força dinâmica e isométrica de extensão de joelho. Contudo, esses resultados devem ser considerados com cautela, pois em um estudo posterior o mesmo programa de TC causou aumento da ativação muscular máxima do VL e RF de 13 homens idosos (Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012) e outros trabalhos não relataram interferência na ativação muscular máxima (Häkkinen, Alen *et al.*, 2003; Holviala, Kraemer *et al.*, 2012).

A hipótese aguda sugere que o exercício aeróbio poderia afetar o desempenho nos exercícios de força executados subsequentemente, prejudicando as adaptações musculares. Estudos transversais dão suporte a essa teoria, pois demonstraram que uma sessão de exercício aeróbio é capaz de reduzir a capacidade de produção de força (Leveritt e Abernethy, 1999; Lepers, Maffiuletti *et al.*, 2002). Além disso, Sale, Jacobs, *et al.* (1990) observaram menor incremento na força em sujeitos que executaram os exercícios de força e aeróbio no mesmo dia em comparação a indivíduos que realizaram treino de força e aeróbio em dias alternados. Esses autores especularam que realizar o exercício aeróbio no início das sessões de TC deve ter afetado o volume e a intensidade dos exercícios de força. A intensidade e o volume são considerados importantes variáveis agudas do TF, que determinarão as adaptações do treinamento (Kraemer, Adams *et al.*, 2002; Fleck e Kraemer, 2006). Portanto, é possível que o efeito da interferência ocorra devido à influência negativa do exercício aeróbio executado no início das sessões de TC, ao invés de uma incompatibilidade dos dois modos de exercício. Se esse for o caso, o efeito da interferência poderia ser evitado com a manipulação da ordem do TC, executando a sessão de força antes da aeróbia.

Influência da Manipulação da Ordem do TC nas Adaptações Neuromusculares

O efeito crônico da manipulação da ordem do exercício aeróbio e de força no TC já foi investigado em jovens e idosos. A tabela 1 resume os trabalhos sobre a ordem do TC e os principais resultados encontrados.

Resultados sobre a força máxima são conflitantes, de forma que os únicos trabalhos que demonstram que a ordem do TC afeta os ganhos de força máxima foram realizados com idosos (Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012). Nesses estudos, o grupo que executou o exercício aeróbio no início da sessão de TC obteve menor incremento no 1RM de extensão de joelho, o que foi acompanhado por menor incremento da TEM (Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012), e na economia neuromuscular do RF (Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012). Contudo, o aumento da espessura muscular foi similar entre os grupos de TC. Esses resultados indicam que a ordem dos exercícios pode influenciar os ganhos de força máxima de idosos provavelmente por afetar as adaptações neurais, embora não se saiba se a ordem do TC possui influência nas adaptações da QM.

A capacidade de produção de força rápida e potência muscular também podem sofrer o efeito da interferência com TC (Hunter, Demment e Miller, 1987; Hennessy e Watson, 1994; Kraemer, Patton *et al.*, 1995; Häkkinen, Alen *et al.*, 2003) e evidências de que a ordem do TC é capaz de afetar essas adaptações foi relatada por Gravelle e Blessing (2000). Nesse trabalho os autores observaram aumento do pico de potência no teste de Wingate apenas no grupo que executou os exercícios de força no início da sessão de TC. Por outro lado, Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.* (2012) encontraram aumento similar na TPF de extensão do joelho nos dois grupos de TC. Assim, ainda restam dúvidas se realizar o exercício aeróbio no início das sessões de TC resultará em interferência no desenvolvimento da potência muscular.

Dessa maneira, os dados disponíveis indicam que a sequência de execução dos exercícios de força e aeróbio do TC talvez influenciem as adaptações neuromusculares. Os níveis de força e potência muscular são importantes para manutenção das capacidades funcionais e reduzir o risco de quedas de idosos. Entretanto, ainda não se sabe se a interferência na função muscular que pode ocorrer com exercício aeróbio no início do TC irá repercutir nas capacidades

funcionais dessa população. Portanto, investigar se a manipulação da ordem do TC influencia as adaptações neuromusculares funcionais de idosos é de atual relevância.

Tabela 1 - Artigos sobre a manipulação da ordem dos exercícios do treinamento concorrente. Resultados referentes aos grupos A-F e F-A

| Autores | População | Duração | Frequência | Treinamento | Resultados Principais |
|--|--------------|------------|------------|--|---|
| Collins e Snow (1993) | H e M jovens | 7 semanas | 3x/semana | Aeróbio: Corrida contínua, 20-25 min, 60-90% FC de reserva; Força: 10 exercícios, 2 séries de 3-12 repetições com 50-90% 1RM | ↑força e VO ₂ max similar em F-A e A-F |
| Gravelle e Blessing (2000) | M jovens | 11 semanas | 3x/semana | Aeróbio: Remo contínuo, 25-45 min, 70% VO ₂ max; Força: 5-6 exercícios, 2-4 séries de 10-6RM | ↑força em A-F e F-A; ↑VO ₂ max e potência no Wingate apenas em F-A |
| Chtara, Chamari <i>et al.</i> (2005) | H jovens | 12 semanas | 2x/semana | Aeróbio: Corrida intervalada, 5x a 100% da vVO ₂ max por 50% do tlim; Força: 6 exercícios em circuito, 4 séries, número de repetições e intensidade não relatadas, exercícios pliométricos nas últimas 6 semanas | ↑teste de 4km, vVO ₂ max em A-F>F-A; ↑VO ₂ max em bicicleta em A-F>F-A |
| Okamoto, Masuhara e Ikuta (2007) | H e M jovens | 8 semanas | 2x/semana | Aeróbio: Corrida contínua, 20 min a 60% da FC de reserva; Força: 7 exercícios, 5 séries de 8-10 repetições com 80% de 1RM | ↑ DMF e complacência arterial apenas em F-A |
| Chtara, Chaouachi <i>et al.</i> (2008) | H jovens | 12 semanas | 2x/semana | Aeróbio: Corrida intervalada, 5x a 100% da vVO ₂ max por 50% do tlim; Força: 6 exercícios em circuito, 4-5 séries, 32-4RM, exercícios pliométricos nas últimas 6 semanas | ↑1RM, saltos verticais e saltos horizontais similar em A-F e F-A |
| Cadore, Izquierdo, Pinto <i>et al.</i> (2012) | H idosos | 12 semanas | 3x/semana | Aeróbio: Ciclismo contínuo e intervalado, 20-30 min a 80-95% da FC obtida no LV2, nas duas últimas semanas 6x4 min a 100% da FC obtida no LV2; Força: 9 exercícios, 2-3 séries de 20-6RM | ↑1RM e 1RM/massa muscular em F-A>A-F |
| Cadore, Izquierdo, Alberton <i>et al.</i> (2012) | H idosos | 12 semanas | 3x/semana | Aeróbio: Ciclismo contínuo e intervalado, 20-30 min a 80-95% da FC obtida no LV2, nas duas últimas semanas 6x4 min a 100% da FC obtida no LV2; Força: 9 exercícios, 2-3 séries de 20-6RM | ↑1RM em F-A>A-F; ↑economia neuromuscular do RF em F-A>AF |

A-F, ordem aeróbio-força; F-A, ordem força-aeróbio; H, homens; M, mulheres; FC, frequência cardíaca; VO₂max, Consumo máximo de oxigênio; 1RM, uma repetição máxima; ↑, melhora; RM, repetições máximas; PPA, pico de potência anaeróbia; vVO₂max, menor velocidade associada ao VO₂max; tlim, tempo até a exaustão na vVo2max; DMF, dilatação mediada por fluxo; LV2, segundo limiar ventilatório; RF, reto femoral.

O Treinamento Concorrente e o Sistema Cardiovascular

O TC possui efeito benéfico para o sistema cardiovascular. É geralmente aceito que o TC não causa interferência no aumento do $VO_2\text{max}$, embora alguns estudos já tenham relatado menores incrementos na capacidade aeróbia máxima em voluntários que executaram o TC em comparação com o TA (Nelson, Arnall *et al.*, 1990) e com o TF (Gravelle e Blessing, 2000). Entretanto, esses dois últimos trabalhos contam com algumas limitações, como o pequeno tamanho amostral em cada grupo (4 a 7 sujeitos) e avaliações inespecíficas ao treinamento, o que contrasta com outros estudos com jovens e idosos que demonstraram não haver efeito negativo no desenvolvimento da capacidade aeróbia máxima (Hickson, 1980; Bell, Syrotuik *et al.*, 2000; Karavirta, Häkkinen *et al.*, 2011; Holviala, Kraemer *et al.*, 2012; De Souza, Tricoli *et al.*, 2013).

Como esperado a capacidade aeróbia pode aumentar com o TC, o que deve ocorrer por meio de adaptações centrais e periféricas. O envelhecimento causa redução do débito cardíaco em condições máximas, mas atletas idosos demonstram maior volume sistólico, débito cardíaco e $VO_2\text{pico}$ do que seus pares destreinados, indicando que o treinamento físico pode aumentar a capacidade aeróbia de idosos por adaptações centrais (Dogra, Spencer e Donald, 2012). De fato, após 12 semanas de TA o incremento do $VO_2\text{pico}$ em idosos foi em grande parte explicado pelo aumento do débito cardíaco máximo, o que ocorreu a custa de alterações no volume sistólico (Murias, Kowalchuk e Paterson, 2010). É provável que essas adaptações também ocorram com o TC. Do ponto de vista periférico, o aumento da atividade de enzimas oxidativas já foi observado após programas de TC (Sale, Jacobs *et al.*, 1990; Sale, Macdougall *et al.*, 1990; Bell, Syrotuik *et al.*, 2000), embora a densidade mitocondrial não tenha aumentado significativamente (Sale, Macdougall *et al.*, 1990). Somado a isso, Bell, Syrotuik *et al.* (2000), encontraram aumento da densidade capilar em biopsias do músculo VL após o TC. Essas adaptações certamente convergem para o aumento da capacidade aeróbia observada com o TC.

As adaptações endoteliais em resposta ao exercício físico são dependentes do tipo de treinamento empregado (Desouza, Shapiro *et al.*, 2000; Goto, Higashi *et al.*, 2003; Rakobowchuk, McGowan *et al.*, 2005; Okamoto, Masuhara e Ikuta, 2007; Schaun, Dipp *et al.*, 2011), do nível de função endotelial pré-treinamento e das

características físicas e patológicas dos sujeitos (Green, Maiorana *et al.*, 2004; Kojda e Hambrecht, 2005; Vona, Codeluppi *et al.*, 2009). Em sujeitos com fatores de risco para a disfunção endotelial tanto o TA quanto o TF são eficientes para melhorar a reatividade vascular (Desouza, Shapiro *et al.*, 2000; Franzoni, Ghiadoni *et al.*, 2005; Olson, Dengel *et al.*, 2006).

Alguns estudos investigaram o efeito do TC em indivíduos com fatores associados à disfunção endotelial (Maiorana, O'driscoll *et al.*, 2001; Vona, Codeluppi *et al.*, 2009). Maiorana, O'driscoll *et al.* (2001) encontraram melhora da função endotelial de diabéticos tipo 2 após oito semanas de TC. Resultado semelhante foi observado em cardiopatas, sendo que essa população se beneficiou similarmente com TF, TA e o TC (Vona, Codeluppi *et al.*, 2009). Por outro lado, Schaun, Dipp *et al.* (2011) apenas encontraram aumento da DMF da artéria braquial em homens de meia-idade que executaram o TA, embora outros parâmetros relacionados à saúde vascular (como níveis de proteína C-reativa) tenham melhorado também no grupo de TC. Em indivíduos jovens saudáveis, que teoricamente devem apresentar o endotélio vascular preservado, o TA e o TC parecem ter efeito mais benéfico do que o TF para a função endotelial (Rakobowchuk, MCGowan *et al.*, 2005; Kawano, Fujimoto *et al.*, 2009). Por outro lado, função endotelial de indivíduos jovens nem sempre melhora após programas de TC e TA (Goto, Higashi *et al.*, 2003; Okamoto, Masuhara e Ikuta, 2007). Baseado nos resultados conflitantes observados na literatura, Green, Maiorana *et al.* (2004) especularam que o exercício físico pode beneficiar a função endotelial de sujeitos com disfunção endotelial, enquanto que o efeito em indivíduos com a saúde vascular preservada pode não ser aparente.

A cronologia das adaptações endoteliais pode ter afetado o resultado de estudos em jovens. Tinken, Thijssen *et al.* (2008) observaram que a DMF aumentou até a 4ª semana de TA e começou a reduzir a partir da 6ª semana, retornando aos níveis basais na 8ª semana de treinamento. Em contrapartida, adaptações estruturais nas artérias estudadas aumentaram progressivamente durante o período do estudo, o que deve ter compensado as adaptações funcionais. Resultados semelhantes foram observados posteriormente (Tinken, Thijssen *et al.*, 2010). Dessa maneira sugere-se que a falta de incremento na função endotelial observada em alguns trabalhos pode ser dependente do período da avaliação pós-treinamento (Tinken, Thijssen *et al.*, 2008).

O exercício físico pode melhorar a função endotelial por mecanismos diretos e indiretos (Green, Maiorana *et al.*, 2004). Sabe-se que o aumento do fluxo sanguíneo, como ocorre durante o exercício físico, é potente estímulo fisiológico para a síntese e secreção do NO e para a adaptação endotelial (Moyna e Thompson, 2004; Credeur, Hollis e Welsch, 2010; Tinken, Thijssen *et al.*, 2010). Por exemplo, Tinken, Thijssen *et al.* (2010) demonstraram que oito semanas de exercício localizado causa adaptações endoteliais e estruturais na artéria braquial, as quais eram inibidas quando a oclusão vascular foi realizada para reduzir o estresse de cisalhamento durante as sessões de treinamento. Como consequência, o exercício crônico é capaz de aumentar a expressão e a atividade da eNOS (Sessa, Pritchard *et al.*, 1994), o que melhora a função endotelial por um mecanismo direto.

Mecanismos indiretos associados ao incremento da função endotelial com o exercício podem estar associados com o aumento das defesas antioxidantes. Embora agudamente o exercício físico possa aumentar a geração de radicais livres, o treinamento crônico é capaz de aumentar a expressão de enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase, o que pode contribuir para o aumento da biodisponibilidade do NO (Franzoni, Ghiadoni *et al.*, 2005; Kojda e Hambrecht, 2005). Outros fatores, como a redução de marcadores inflamatórios e a alteração nos lipídios plasmáticos, também podem estar envolvidos com o aumento da função endotelial observada com o exercício crônico (Kingwell, Tran *et al.*, 1996; Franzoni, Ghiadoni *et al.*, 2005; Francescomarino, Sciartilli *et al.*, 2009). Todos esses mecanismos podem aumentar a biodisponibilidade de NO, prevenindo assim o desenvolvimento de doenças cardiovasculares.

Dessa maneira, sabe-se que programas de exercício físico têm efeito benéfico na saúde vascular por aumentar a capacidade aeróbia e a função endotelial de seus praticantes, sobretudo quando o exercício aeróbio é incorporado, como o que ocorre no TC. Contudo, ainda é necessário determinar quais variáveis do treinamento podem ser manipuladas para que as melhores adaptações sejam alcançadas. Nesse sentido, a ordem do TC parece ser uma variável importante (Okamoto, Masuhara e Ikuta, 2007).

Influência da Manipulação da Ordem do TC nas Adaptações Cardiovasculares

Poucas pesquisas existem sobre o efeito da ordem do TC nas adaptações cardiovasculares (tabela 1). Entretanto algumas evidências sugerem que a manipulação dessa variável influencie as adaptações endoteliais.

O aumento do VO_{2pico} parece ser pouco afetado pela sequência de exercícios do TC (Collins e Snow, 1993; Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012). Os únicos trabalhos que encontraram influência da ordem do TC foram realizados com jovens e apresentam resultados opostos (Gravelle e Blessing, 2000; Chtara, Chamari *et al.*, 2005), enquanto que os trabalhos que estudaram idosos não relataram influência (Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012).

No trabalho de Gravelle e Blessing (2000) os autores, dividiram mulheres em um grupo de TF ou em dois grupos de TC que remaram no início ou no final das sessões de treinamento. Após as 11 semanas do estudo os autores encontraram melhora no VO_{2max} dos grupos de TF e de TC na ordem força-aeróbio, enquanto que o grupo executou a ordem aeróbio-força não sofreu alteração na capacidade aeróbia. Esses dados indicam que realizar o exercício aeróbio antes dos exercícios de força seria negativo para o desenvolvimento cardiorrespiratório, entretanto os resultados devem ser analisados com cautela devido ao pequeno tamanho amostral dos grupos estudados (apenas sete voluntários para cada grupo de TC, e seis indivíduos no grupo de TF). Resultados completamente opostos foram encontrados por Chtara, Chamari *et al.* (2005), de maneira que o grupo que iniciou o TC pela corrida obteve maior aumento do VO_{2max} do que o grupo que começou as sessões pelos exercícios de força. Entretanto, o teste para determinar o VO_{2max} foi executado em cicloergômetro e a falta de especificidade com o treinamento pode ter limitado os resultados. Além disso, o volume e intensidade utilizados no TF não são claramente descritos, prejudicando a comparação com outros estudos. Dessa maneira, especula-se que a sequência dos exercícios do TC não afeta pronunciadamente a capacidade aeróbia, tendo em vista que um maior número de estudos com metodologia mais elaborada não relataram influência da ordem do TC (Collins e Snow, 1993; Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012).

Apenas um trabalho conhecido verificou se a manipulação da ordem do TC afeta as adaptações vasculares. Nesse trabalho Okamoto, Masuhara e Ikuta. (2007) submeteram homens e mulheres jovens a 8 semanas de TC executados duas vezes por semana, e encontram melhora na DMF da artéria braquial e na rigidez arterial no grupo que executou o TF no início das sessões de exercício, ao passo que o grupo que iniciou as sessões de treinamento com o exercício aeróbico não obteve nenhum incremento nessas variáveis. Os valores de DMF e de velocidade da onda de pulso retornaram ao basal após quatro semanas de treinamento. Esses resultados são de grande relevância, pois indicam que a simples manipulação de uma das variáveis de TC pode causar melhores respostas de adaptação a esse tipo de treinamento.

Os mecanismos responsáveis pelas diferentes adaptações ocasionadas pelos dois modelos de treinamento foram pouco explorados no trabalho de Okamoto, Masuhara e Ikuta. (2007). Os autores especulam que diferentes respostas endócrinas devem ter mediado tais alterações, uma vez que o exercício aeróbico executado antes do de força parece prejudicar a secreção de hormônio do crescimento (Goto, Higashiyama *et al.*, 2005) e que esse hormônio influencia a resposta vasomotora dependente do endotélio (Napoli, Guardasole *et al.*, 2003).

Apesar dos interessantes achados desse estudo, a extrapolação desses resultados para outras populações é limitada. Idosos demonstram redução da função endotelial e isso talvez influencie diferentemente as adaptações ao TC. Portanto, ainda é necessário investigar se a ordem do TC possui influência nas adaptações vasculares de idosos. Isso permitirá a melhor prescrição do TC para essa população.

MÉTODOS

Problema da Pesquisa

As diferentes ordens de TC (aeróbio-força e força-aeróbio) causam adaptações neuromusculares, funcionais e cardiovasculares distintas em homens idosos?

Definição Operacional das Variáveis

Variável Independente

As ordens do TC: Grupo aeróbio-força (A-F) e grupo força-aeróbio (F-A).

Variáveis Dependentes

Neuromusculares:

- Força muscular dinâmica e isométrica (1RM e PT).
- Pico de potência de extensão de joelho com 60% de 1RM pré-treinamento.
- TPF em 50, 100, 150 e 200 ms.
- Altura do SCM.
- EM dos ventres do quadríceps femoral.
- *Echo intensity* do RF.
- Nível de ativação muscular (sinais eletromiográficos do VL e do RF).

Funcionais:

- Teste de sentar e levantar de 30 segundos.
- Teste *get up and go*.

Cardiovasculares

- VO_2 pico.
- DMF da artéria braquial.

Delineamento da Pesquisa

Esse trabalho apresenta desenho quase experimental, com amostra selecionada voluntariamente e os participantes foram distribuídos nos grupos a partir

dos valores iniciais de 1RM, por pareamento simples realizado no *software* Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation, EUA).

População

A população do estudo foi de homens sedentários com 60 anos ou mais, capazes de realizar o programa de TC. Não foram incluídos indivíduos fumantes, diabéticos e/ou com disfunção endócrina. Cardiopatas não foram incluídos, com exceção de hipertensos controlados. Sujeitos que utilizavam medicamentos específicos para controlar os níveis de lipídios sanguíneos não foram incluídos. Os voluntários que demonstrassem alteração no eletrocardiograma de esforço ou respostas hipertensivas ao exercício também foram excluídos.

Critérios de Inclusão

Foram recrutados homens que apresentavam as seguintes características:

- 60 anos ou mais.
- Não participavam de qualquer programa de exercício físico por ao menos seis meses prévios ao início desse projeto.
- Possuíam índice de massa corporal (IMC) de 18,5 a 29,9 kg/m².
- Possuíam valores de pressão arterial sistólica <140 e diastólica <90 mmHg
- Não utilizavam medicamentos para reduzir os lipídios sanguíneos.
- Apresentassem exame prévio com glicose de jejum <126 mg/dl e com valores de colesterol total <239 mg/dl e LDL <159 mg/dl.
- Não eram cardiopatas, diabéticos e não possuíam doença metabólica.
- Não eram fumantes ou tinham parado de fumar por um período não menor do que 5 anos antes do início do estudo

Critérios de exclusão

Foram excluídos voluntários que:

- Participaram de menos do que 21 sessões de treinamento (presença menor do que 87,5%) ou faltarem 3 sessões consecutivas de treinamento.

Cálculo Amostral

O tamanho da amostra foi calculado com o *software* G Power, versão 2, baseando-se nos estudos de Sale, Jacobs, *et al.* (1990) e Olson, Dengel, *et al.* (2006), utilizando variáveis de força máxima e função endotelial. Foi adotado nível de significância de 0,05 e poder de 90%. Com base nas diferenças entre as médias e desvios-padrão os cálculos demonstraram “n” mínimo de nove indivíduos por grupo. Entretanto, devido às possíveis perdas amostrais o tamanho amostral foi estimado, em no mínimo, 14 sujeitos por grupo.

Desenho experimental

A ordem de realização dos testes e procedimentos do estudo está resumida na figura 2. A descrição de cada teste, bem como a sequência de execução é apresentada a seguir.

| Pré-Treinamento (Semanas) | | Treinamento (Semanas) | | | | | | | | | | Pós-Treinamento (Semana) | | | | |
|--|---|-----------------------|----|----|----|----|----|-----------------|--|----|----|--------------------------|----|----|----|---|
| -5 a -2 | -1 a 0 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | Avaliação PÓS 6 | | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | | ↑ | | | | | | ↑ | | ↑ | | | | | | |
| Seleção da Amostra | Avaliações PRÉ | | | | | | | Avaliação PÓS 6 | | | | | | | | Avaliação PÓS 12 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Entrevista • TCLE • Massa corporal total • Estatura • Pressão arterial | <p>1º dia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coleta de sangue • Familiarização <p>Intervalo de 48-72h</p> <p>2º dia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • US vascular • US muscular • 1RM • SCM • Sentar e levantar <p>Intervalo de 48-72h</p> <p>3º dia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eletromiografia • Levantar da cadeira • CIVMs • Extensão joelho 60% de 1RM pré • Potência 60% de 1RM pré • Extensão de joelho com carga de 1RM <p>Intervalo de 48-72h</p> <p>4º dia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Get up and go</i> • VO₂pico <p>Intervalo de 48-72h</p> <p>5º dia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinação cargas de exercícios de força | | | | | | | • US vascular | | | | | | | | <p>1º dia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coleta de sangue <p>Intervalo de 48-72h</p> <p>2º dia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • US vascular • US muscular • 1RM • SCM • Sentar e levantar <p>Intervalo de 48-72h</p> <p>2º dia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eletromiografia • Levantar da cadeira • CIVMs • Extensão joelho 60% de 1RM pré • Potência 60% de 1RM pré • Extensão de joelho com carga de 1RM <p>Intervalo de 48-72h</p> <p>3º dia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Get up and go</i> • VO₂pico |

Figura 2 - Desenho experimental. TCLE, Termo de consentimento livre e esclarecido; US, Ultrassonografia; 1RM, uma repetição máxima; SCM, Saltos com contra movimento; CIVM, Contração isométrica voluntária máxima; VO₂pico, Teste de consumo de oxigênio de pico; ↑, Alterações no programa de treinamento.

Amostra

A divulgação da pesquisa ocorreu por anúncios em jornais de publicação local. Após passarem por triagem pelo telefone os voluntários compareceram com exames laboratoriais e de eletrocardiograma de esforço prévios ao Laboratório de Pesquisa do Exercício da UFRGS para serem entrevistados. Todos os voluntários foram informados sobre os objetivos e procedimentos do presente estudo. A massa corporal total, estatura e a pressão arterial sistólica e diastólica foram obtidas e aqueles indivíduos elegíveis para o trabalho leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (anexo II).

Finalizaram o estudo 24 homens idosos ($63,1 \pm 3,3$ anos e $67,0 \pm 6,0$ anos; $1,76 \pm 0,07$ metros e $1,77 \pm 0,05$ metros, $84,0 \pm 12,2$ quilos e $80,9 \pm 10,5$ quilos para A-F e F-A, respectivamente). Indivíduos hipertensos que utilizavam diuréticos, bloqueadores de canais de cálcio, β -bloqueadores, inibidores da enzima conversora de angiotensina e antagonistas do receptor de angiotensina II foram incluídos. O número de voluntários hipertensos controlados foi semelhante entre os grupos (A-F, $n=4$, 36,4%; F-A, $n=5$, 38,5%).

Na figura 3 é apresentado o fluxograma dos voluntários que iniciaram e finalizaram o estudo. Foram entrevistados 51 voluntários que passaram previamente pela triagem por telefone. Destes, 16 indivíduos não se enquadraram nos critérios de inclusão e os outros 35 voluntários iniciaram os testes pré-treinamento. Durante os testes quatro voluntários apresentaram alterações anormais no eletrocardiograma de esforço e um não pode iniciar o treinamento devido a uma cirurgia de urgência. Os 30 voluntários aptos a iniciar o treinamento foram pareados segundo o valor de 1RM de extensão de joelho no grupo A-F ($n=15$) e F-A ($n=15$). No grupo A-F dois indivíduos desistiram do estudo e outros dois foram removidos por não completarem a frequência mínima de treinamento exigida. No grupo F-A um voluntário desistiu da pesquisa e um não obteve a frequência mínima. Assim, os tamanhos amostrais finais foram de 11 sujeitos para o grupo A-F e 13 sujeitos para o grupo F-A.

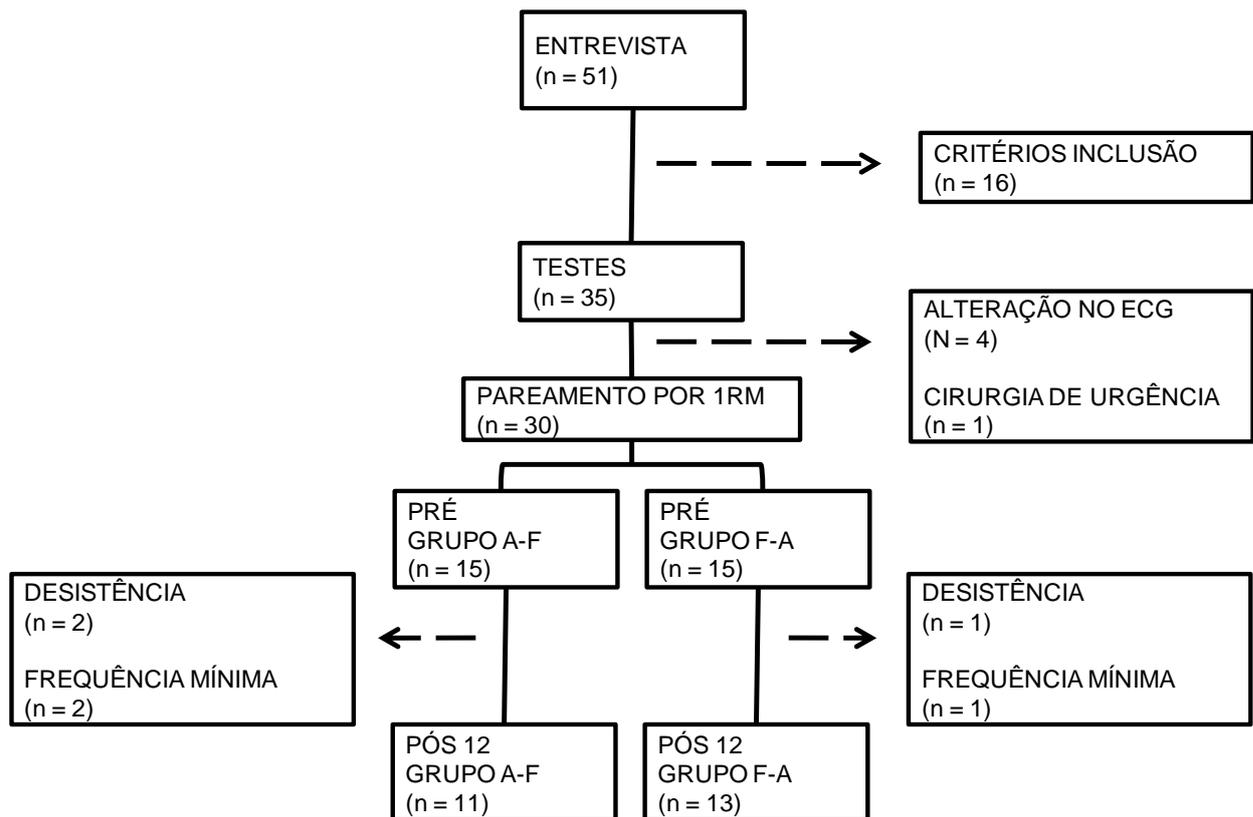


Figura 3 – Fluxograma dos sujeitos que completaram o estudo. 1RM, uma repetição máxima; A-F, grupo aeróbio força; F-A, grupo força-aeróbio; setas indicam sujeitos que não completaram o estudo.

Apesar dos 24 indivíduos terem finalizado o treinamento não foi possível obter amostra de sangue suficiente para a análise bioquímica de um voluntário do grupo A-F. Portanto, as análises bioquímicas foram executadas com 10 amostras nesse grupo. Ainda no grupo A-F, o dado do sinal eletromiográfico do RF para levantar da cadeira e na extensão de joelho com 60% de 1RM apresentaram problemas técnicos que impossibilitaram sua utilização. Nessas variáveis esse grupo contou com apenas 10 indivíduos. Em relação ao grupo F-A um participante relatou dor no joelho ao realizar os testes pós-treinamento. Por questões éticas esse voluntário não foi submetido aos testes físicos, mas foi incluído nas análises bioquímicas, de EM e de DMF. Nas outras variáveis esse grupo contou com os dados de 12 sujeitos. O tamanho amostral para cada resultado teste está apresentado nas figuras e tabelas.

Protocolos de Testes e Programas de Treinamento

Primeiro Dia

Coletas de Sangue

Os voluntários compareceram ao laboratório em jejum de 10 a 12 horas, tendo evitado o consumo de álcool, cafeína e sem terem realizado exercícios vigorosos no dia anterior. Amostras de sangue (10 ml) foram obtidas da veia antecubital por um coletador capacitado. As amostras foram depositadas em um tubo com EDTA e em seguida o sangue foi centrifugado a 1500 g por 10 minutos em uma centrífuga refrigerada a 4°C (RC-5B *Refrigerated Superpseed Centrifuge*, Sorvall, EUA). O soro foi retirado do tubo, aliquotado e armazenado em ultra-freezer a -80°C para posterior análise.

Análise Bioquímica

As variáveis bioquímicas foram analisadas em uma alíquota da amostra sanguínea, que foi descongelada no dia da análise. Os valores de colesterol total, lipoproteína de alta densidade (HDL), triglicerídeos e glicose foram obtidos pelo método colorimétrico utilizando o analisador automático COBAS c111 (Roche Diagnostics, EUA) e os *kits* específicos para cada análise. A concentração de LDL foi estimada pela equação de Friedewald.

Familiarização

Após as coletas de sangue os participantes ingeriram 200 ml de suco sabor uva ou laranja (Suvalan, Brasil) e dois pacotes de 26 g de biscoito Clube Social Original (Kraft Foods Brasil Ltda, Brasil) e foram familiarizados com todos os testes físicos do estudo. Com exceção do teste de VO_2 pico, cada um dos testes físicos foi completamente realizado para que os voluntários não apenas se acostumassem com os comandos e movimentos, mas também aprendessem a realizar os testes em condições máximas. O teste incremental em cicloergômetro foi realizado apenas até a terceira ou quarta carga do teste.

Os critérios para determinar que o indivíduo foi familiarizado foram: a obtenção da maior carga possível para completar uma repetição no teste de 1RM; realizar ao menos cinco extensões de joelho com a maior velocidade possível e com carga submáxima; alcançar um platô na curva de torque em no mínimo duas CIVMs; Realizar ao menos oito saltos verticais corretamente; realizar o teste de sentar e levantar de 30 segundos uma vez na maior velocidade possível; executar o teste *get up and go* ao menos três vezes.

Segundo Dia de Testes

Dilatação Mediada por Fluxo da Artéria Braquial

A DMF da artéria braquial em resposta à hiperemia reativa foi determinada por ultrassonografia como uma medida indireta da função endotelial, de maneira adaptada às diretrizes atuais (Thijssen, Black *et al.*, 2011).

Os voluntários compareceram ao laboratório em jejum de 10 a 12 horas, nas mesmas condições para as coletas sanguíneas, e repousaram por 15 minutos em decúbito dorsal em uma sala climatizada (21 a 24°C) sempre no mesmo período do dia (manhã, entre 7h30min e 10 horas). A artéria braquial foi visualizada longitudinalmente com um ultrassom (modelo Nemio XG, Toshiba, Japão), utilizando um transdutor de alta frequência (7,5 a 12 MHz) e com o sinal simultâneo do eletrocardiograma. O transdutor foi fixado por um suporte para manter-se na mesma posição durante todo o procedimento (figura 4) e imagens basais da artéria braquial foram gravadas durante 30 segundos em um DVD (modelo RH397H, LG, Brasil) a uma taxa de 20 quadros por segundo. Em seguida um manguito de pressão foi insuflado no antebraço do voluntário a 240 mmHg por 5 minutos para reduzir o fluxo sanguíneo para o antebraço. Após os 5 minutos o manguito foi liberado e novas imagens da artéria braquial foram gravadas no DVD por 2 minutos no período pós-oclusão. O manguito foi posicionado no antebraço de maneira proximal à artéria braquial, para garantir a vasodilatação dependente do endotélio com maior dependência do NO (Doshi, Naka *et al.*, 2001).

As imagens foram exportadas do aparelho de DVD para um computador e analisadas com o *software* ImageJ (National Institutes of Health, EUA). Para

minimizar a influência do ciclo cardíaco no diâmetro arterial, a determinação do diâmetro arterial ocorreu sempre na onda R do eletrocardiograma (Da Luz, Laurindo e Chagas, 2003). O diâmetro arterial foi determinado como distância entre a parede arterial superior e inferior e (figura 4) e o diâmetro de cada imagem foi considerado a média de quatro medidas e o diâmetro arterial basal e pós-oclusão foi considerado como a média do diâmetro obtido em quatro imagens em seus respectivos períodos. Devido à impossibilidade de executar uma varredura do diâmetro arterial ao longo de todo o período pós-oclusão (Thijssen, Black *et al.*, 2011), as avaliações dos diâmetros arteriais durante a hiperemia reativa foram executadas nos períodos fixos de 60, 90 e 120 segundos após a liberação do manguito. Esses períodos foram selecionados por que o pico de dilatação da artéria braquial após oclusão de 5 minutos varia entre sujeitos (Black, Cable *et al.*, 2008). O maior valor de diâmetro arterial encontrado foi utilizado como diâmetro pós-oclusão para análise. Os valores de DMF são expressos em percentual de alteração do diâmetro da artéria braquial após o protocolo de hiperemia reativa. O cálculo para a determinação do percentual de vasodilatação foi o seguinte:

$$\text{Vasodilatação\%} = [(EH - EB) * 100] / EB$$

Sendo: EH a espessura da artéria braquial pós hiperemia reativa e EB a espessura basal da artéria braquial (Da Luz, Laurindo e Chagas, 2003).

Após o teste a posição do transdutor foi marcada no braço do indivíduo com uma caneta e um mapa para o reposicionamento do transdutor foi feito em uma folha de transparência. A DMF foi verificada no período pré, após 6 semanas e após 12 semanas de treinamento.

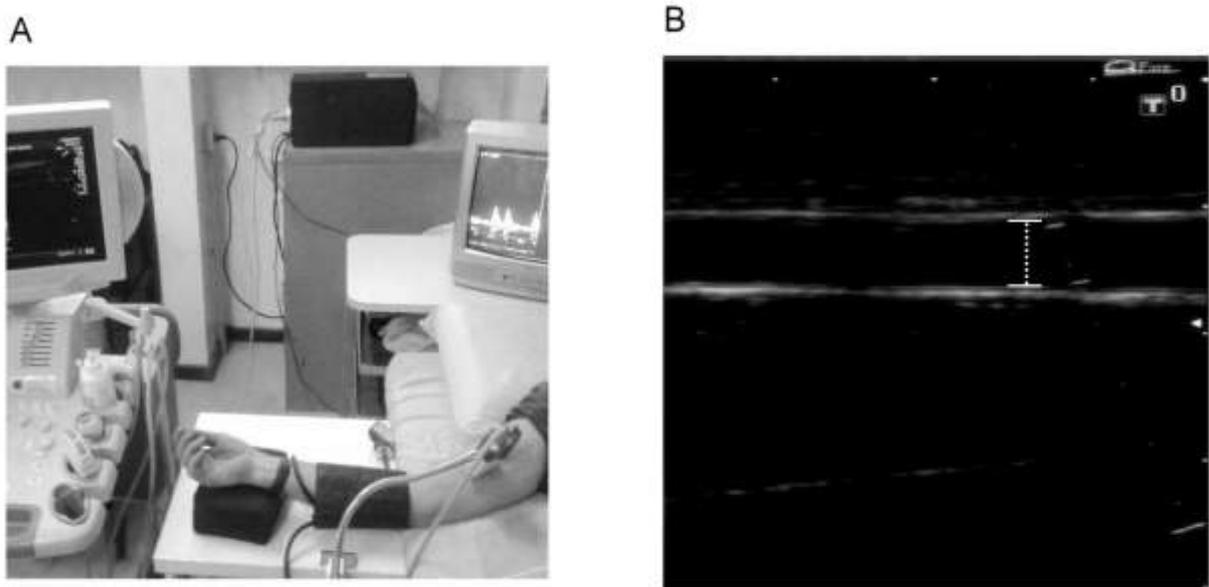


Figura 4 – Exemplo de posicionamento do transdutor (A) e do diâmetro arterial (B).

Espessura e Echo Intensity Muscular

Após a ultrassonografia vascular, imagens dos músculos VL, vasto medial (VM), RF e vasto intermédio (VI) foram obtidas utilizando mesmo ultrassom, no modo muscular, com os sujeitos em decúbito dorsal e com os membros inferiores estendidos. Imagens do VL, VI e RF foram adquiridas no ponto referente a 50% da distância entre o epicôndilo lateral do fêmur ao trocânter maior do fêmur, enquanto que o VM foi mensurado a 30% da distância entre o epicôndilo lateral do fêmur ao trocânter maior do fêmur (Korhonen, Mero *et al.*, 2009).

Após a determinação dos pontos foi utilizado um gel à base de água, que promove um contato acústico sem a necessidade de causar pressão sobre a pele. Em seguida o transdutor com frequência de amostragem de 7,5 MHz foi posicionado de forma perpendicular ao músculo, sobre o ponto a ser avaliado, e quatro imagens de cada músculo foram obtidas. As imagens foram exportadas para um computador e analisadas no *software* ImageJ (National Institutes of Health, EUA). A EM do VL e RF foi definida como distância entre o tecido adiposo subcutâneo e a aponeurose muscular inferior, enquanto que a EM do VI e do VM foi determinada como a distância entre a aponeurose muscular e a aponeurose óssea superior (figura 5). A média das quatro imagens de cada músculo foi utilizada como EM do respectivo músculo.

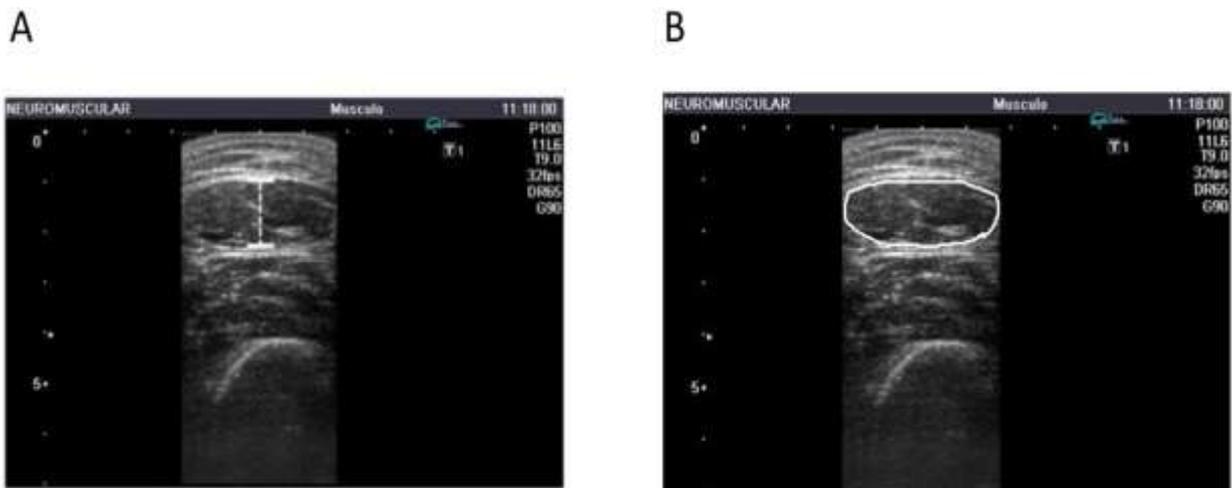


Figura 5 – Exemplo de espessura muscular (A) e área de interesse para determinação da *echo intensity* (B) do reto femoral.

A QM foi determinada pela *echo intensity* do RF (Arts, Pillen *et al.*, 2010). A *echo intensity* foi por meio de uma escala de cinza (0=cinza e 256=preto) calculada pelo próprio *software* e expressa em unidades arbitrárias. A escala de cinza foi obtida em uma região de interesse que compreendeu toda a área muscular possível de ser visualizadas (figura 5). A média das quatro imagens foi utilizada como o valor de *echo intensity* do RF de cada indivíduo.

Teste de Uma Repetição Máxima de Extensão dos Joelhos

Após a ultrassonografia muscular os voluntários ingeriram 200 ml de suco (Suvalan, Brasil) sabor uva (120 kcal, 29 g de carboidratos e 16 mg de sódio) ou laranja (100 kcal, 25g de carboidratos, 15 mg de sódio e 60 mg de vitamina C) e um pacote de 26 g de biscoito Clube Social Original (Kraft Foods Brasil Ltda, Brasil) (120 kcal, 17 g de carboidratos, 2,1 g de proteínas, 4,8 g de gorduras totais, 1,9 g de gorduras saturadas, 0,6 g de fibra alimentar, 56 mg de cálcio e 193 mg de sódio) para não realizarem os testes físicos em jejum. O teste de 1RM foi realizado em uma cadeira extensora com resistência variável (Taurus, Brasi) de maneira unilateral, de maneira que apenas o membro inferior direito foi avaliado. Os sujeitos sentaram com os joelhos e quadris flexionados a 90° e realizaram 15 repetições de aquecimento com uma relativa a 30-40% do 1RM estimado pela massa corporal. Durante o teste os sujeitos deveriam estender completamente o joelho e a repetição somente era

validada se os voluntários fossem capazes de alcançar o delimitador de amplitude posicionado na frente do braço do equipamento (figura 6). Caso mais do que uma repetição pudesse ser completada a carga era aumentada segundo os fatores de correção propostos por Lombardi (Lombardi, 1989). Caso os voluntários não conseguissem completar uma repetição a carga era reduzida em aproximadamente 2 a 5 kg e uma nova tentativa era realizada. Foi dado 5 minutos de intervalo entre cada tentativa e caso mais do que 4 tentativas fossem necessárias o teste era interrompido e novamente realizado em outro dia. A carga de 1RM foi definida como a maior carga que o voluntário foi capaz de completar apenas uma repetição com a técnica adequada.



Figura 6 – Exemplo da utilização do delimitar de amplitude durante teste de 1RM.

Teste de Saltos Verticais

Após o teste de 1RM os voluntários descansaram por aproximadamente 10 minutos e foram posicionados sobre a plataforma de força (CEFISE, Brasil) para realizarem SCM. Os participantes foram instruídos a realizarem cada salto o mais alto possível e a manterem as mãos sobre cintura ao longo de todo o movimento. Os voluntários deveriam decolar e aterrissar no mesmo local, finalizar a fase de decolagem do salto com um movimento de flexão plantar dos tornozelos e executar a aterrissagem com os membros inferiores estendidos e com os tornozelos ainda em

flexão plantar, para que o primeiro contato com a plataforma ocorresse com ponta dos pés. Caso o sujeito não aterrissasse no mesmo local, tirasse ao menos uma das mãos da cintura, flexionasse os joelhos imediatamente antes da aterrissagem e/ou não aterrissasse com os tornozelos em flexão plantar, o salto era invalidado. Cada indivíduo pôde escolher a amplitude do contra movimento, mas eram instruídos a não executarem flexão de joelho maior do que 90°. O teste iniciou após algumas tentativas de aquecimento e ao menos 3 saltos válidos foram utilizados para a análise. Foram dados 30 segundos de intervalo entre cada SCM e não mais do que 10 saltos eram permitidos na mesma sessão de teste.

A altura do SCM foi determinada pelo método de tempo de voo a partir de uma análise matemática realizada no *software* Matlab (MathWorks, EUA), utilizando a seguinte equação (Bosco, Luhtanen e Komi, 1983):

$$\text{Altura do Salto Vertical} = 9,8 \times (\text{tempo de voo})^2 / 8$$

Teste de Sentar e Levantar de 30 segundos

O teste de sentar de levantar de 30 segundos (Rikli e Jones, 1999) foi executado 5 minutos após o último SCM. O teste iniciou com o sujeito sentado com os pés apoiados no solo e com os braços cruzados sobre o tórax, em uma cadeira de 43 cm de altura. Ao comando do avaliador o sujeito deveria levantar e sentar o maior número de vezes possível durante 30 segundos. Um avaliador forneceu estímulo verbal durante o teste e o número de repetições completas em 30 segundos foi anotado para posterior comparação.

Terceiro Dia

Eletromiografia de Superfície

O sinal eletromiográfico de superfície dos músculos VL e RF do membro inferior direito foi obtido durante a ação de levantar da cadeira, nas CIVMs, na extensão de joelho unilateral com 60% de 1RM pré-treinamento e na extensão de joelho com a carga de 1RM relativa ao período do estudo (pré ou pós treinamento).

Após chegarem ao laboratório os voluntários repousaram em decúbito dorsal com os membros inferiores estendidos para a colocação dos eletrodos no VL e RF. A preparação da pele foi feita com tricotomia dos pelos e abrasão da pele com algodão com álcool. Em seguida eletrodos de superfície de configuração bipolar com distância intereletrodos de 20 mm e 15 mm de raio (Noraxon, EUA) foram posicionados sobre o VL a 66% da distância da espinha ilíaca ântero-superior e a borda lateral da patela, enquanto que no RF os eletrodos foram posicionados a 50% dessa distância, segundo o projeto SENIAM (www.seniam.org). O nível de impedância intereletrodo foi mensurado por um multímetro digital (Multitoc, Brasil) e mantido sempre abaixo de 2000 Ohms, sendo que o sinal eletromiográfico foi obtido com um eletromiógrafo com frequência de amostragem de 2000 Hz por canal (modelo Miotool 400, Miotec Equipamentos Biomédicos, Brasil) utilizando o *software* Miotool 2.0 da mesma marca do eletromiógrafo. Após a coleta de dados um mapa do posicionamento dos eletrodos foi feito sobre uma folha de transparência para permitir a recolocação similar dos eletrodos no teste pós-treinamento (Narici, Roi *et al.*, 1989).

Levantar da Cadeira

Para determinar a ativação muscular em uma ação funcional os voluntários realizaram a ação de levantar da cadeira em um ritmo controlado e o sinal eletromiográfico do VL e RF foi obtido de maneira integrada com o sinal de um goniômetro GN360 (Miotec Equipamento Biomédicos, Brasil) por meio do eletromiógrafo. Os voluntários ficaram sentados com os joelhos e quadril flexionados entre 90 e 110° (assumindo 0°=extensão completa do joelho), e os braços cruzados sobre o peito. O goniômetro foi fixado com velcros, com o eixo de rotação sobre o epicôndilo lateral do fêmur e as hastes direcionadas para o trocânter maior do fêmur e para o maléolo lateral da fíbula. Após algumas repetições para aquecimento e para lembrar os comandos, os sujeitos deveriam levantar da cadeira em uma cadência aproximada de 2 segundos (controlada por metrônomo). Quatro repetições foram coletadas, com 5 segundos de intervalo entre elas.

Contração Isométrica Voluntária Máxima

Após o teste de levantar da cadeira, três CIVMs de extensão de joelho com duração de 5 segundos foram executadas com o membro inferior direito em um dinamômetro isocinético (Cybex Norm, EUA). A aquisição integrada do sinal eletromiográfico e da curva de torque foi obtida com o eletromiógrafo. O dinamômetro foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante e os voluntários foram posicionados sentados com o eixo de rotação do joelho alinhado com o eixo de rotação do dinamômetro e com os quadris flexionados a 85° (assumindo 0°=extensão completa do quadril). Um aquecimento dinâmico composto por 10 extensões e flexões de joelho submáximas a 120°/s foi realizado antes de início do teste. Um minuto após o aquecimento os voluntários realizaram uma a duas contrações isométricas submáximas de extensão de joelho para lembrarem os comandos e a forma de execução do teste e em seguida três CIVMs de extensão de joelho foram realizadas com 1,5 minuto de intervalo entre elas. As CIVMs foram executadas com o joelho estendido a 60° (assumindo 0°=extensão completa do joelho) e todos os sujeitos foram instruídos a executarem a contração “o mais rápido e forte possível” (Sahaly, Vandewalle *et al.*, 2001) após o comando “já” do avaliador. A CIVM que apresentou o maior PT foi utilizada para análise do sinal eletromiográfico e para as comparações do PT.

Ativação Muscular com 60% de 1RM pré-treinamento

Cinco minutos após as CIVMs os voluntários sentaram na cadeira extensora com o mesmo posicionamento do teste de 1RM e realizaram 4 repetições de extensão de joelho com 60% de 1RM pré-treinamento. Cada contração concêntrica foi realizada com cadência de aproximadamente 2 segundos (determinado por metrônomo) e 5 segundos de intervalo foi dado entre elas. A ativação do VL e do RF foi obtida com o sinal integrado de um sensor de deslocamento (Miotec Equipamentos Biomédicos, Brasil) pelo eletromiógrafo. O sinal eletromiográfico foi analisado apenas na fase concêntrica do movimento, a qual foi determinada pelo sinal do sensor de deslocamento.

Pico de Potência de Extensão de Joelho com 60% de 1RM pré-treinamento

Na mesma cadeira extensora e utilizando a mesma carga do teste anterior (60% de 1RM pré-treinamento) anterior os participantes realizaram quatro repetições de extensão de joelho na maior velocidade possível. O pico de potência foi determinado na fase concêntrica do movimento utilizando o equipamento Peak Power (Cefise, Brasil) o qual foi acoplado à coluna de pesos da cadeira extensora (figura 7) e permitiu a aquisição dos dados de deslocamento da coluna de pesos. O pico de potência de cada repetição foi obtido pelo *software* Peak Power 4.0 (Cefise, Brasil) e a repetição que apresentou o maior pico de potência foi selecionada para comparação.

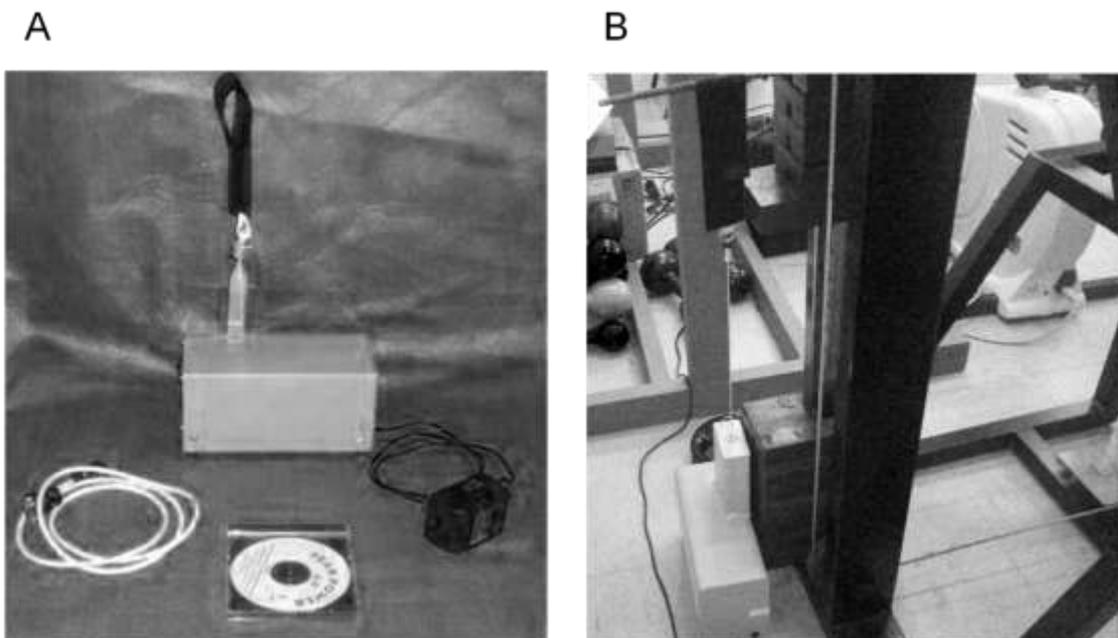


Figura 7 – Equipamento Peak Power (A) e exemplo de posicionamento para teste de potência de extensão de joelho com 60% de 1RM (B).

Ativação Muscular com carga de 1RM

Após o teste de potência os voluntários repousaram por 5 minutos e realizaram a extensão de joelho com a carga de 1RM relativa ao período do testes (pré ou pós-treinamento). O sinal eletromiográfico do VL e do RF foi obtido com o

sinal integrado do sensor de deslocamento pelo eletromiógrafo e parte a concêntrica da curva foi utilizada para análise.

Tratamento e Análise Sinal Eletromiográfico e da Curva de Torque

Todos os sinais eletromiográficos passaram por filtragem digital no *software* SAD32 (desenvolvido pela Escola de Engenharia da UFRGS, Brasil). Primeiramente, foi utilizado o comando “remove componente contínua” (remove DC) e posteriormente os sinais foram filtrados com passa-banda *Butterworth* de 20 e 500 Hz de quinta ordem.

A ativação muscular máxima foi determinada no domínio do tempo em μV pela amplitude do sinal eletromiográfico (a partir do cálculo da raiz quadrada da média) na CIVM e na extensão de joelho com a carga de 1RM. Na CIVM o sinal calculado durante uma janela de um segundo recortada no platô da curva de torque. Na extensão de joelho com a carga de 1RM o sinal eletromiográfico foi obtido em toda a fase concêntrica do movimento, determinado pela curva deslocamento da coluna de pesos.

A ativação muscular nas contrações submáximas (levantar da cadeira e extensão de joelho com 60% de 1RM) é expressa em percentual da ativação muscular máxima obtida na extensão de joelho com carga de 1RM. A amplitude do sinal foi calculada durante toda a fase concêntrica do movimento tanto no movimento de levantar da cadeira (determinada pelo sinal do goniômetro) quanto na extensão de joelho com 60% de 1RM pré-treinamento (determinada pelo sinal do sensor de deslocamento). A média das 4 repetições dos testes submáximos foi utilizada como representante da ativação muscular durante cada ação dinâmica.

Taxa de Produção de Força

A TPF (expressa em N.m/ms) foi calculada como $\Delta\text{torque}/\Delta\text{tempo}$ a partir das curvas de torque obtidas nas CIVMs, nos intervalos de tempo de 50, 100, 150 e 200 ms após o início da contração (Aagaard, Simonsen *et al.*, 2002). O início da contração foi definido como o instante em que o torque de extensão de joelho excedeu 7,5 N.m (Aagaard, Simonsen *et al.*, 2002).

Quarto Dia

Teste Get Up and Go

O teste *Get up and Go* adaptado (Rikli e Jones, 1999) foi realizado em um percurso de 6 metros, na maior velocidade possível de caminhada. O teste iniciava com o voluntário sentado na cadeira e ao comando do avaliador o participante deveria percorrer 3 metros para frente, contornar um obstáculo, retornar e sentar na cadeira. O avaliador acionava o cronômetro no comando de “já” e parava o cronômetro quando o indivíduo sentasse na cadeira. Três tentativas foram realizadas e a de menor tempo foi utilizada para comparações.

Teste de Consumo de Oxigênio de Pico

A ventilação, o consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono foram obtidos por um ergoespirômetro portátil (VO2000, Imbramed, Brasil) durante um protocolo de teste de esforço máximo incremental em cicloergômetro (Cybex, EUA) (figura 8) e o VO_2 pico, bem como o segundo limiar ventilatório (LV2) foram determinados por um avaliador. O ergoespirômetro foi calibrado segundo as instruções do fabricante e a análise dos gases foi feita a cada 3 respirações. Inicialmente foi realizado um aquecimento de cinco minutos com carga de 25 Watts, a qual foi semelhante à carga inicial do teste. Os participantes deveriam manter uma cadência de pedalada de 60 a 75 rotações/min e aumentos de 25 Watts ocorreram a cada 2 minutos. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada ao longo de todo o teste por um frequencímetro (Polar Electro, Finlândia). O teste foi considerado válido quando alcançado ao menos dois dos seguintes critérios:

- $FC \geq 95\%$ da predita pela idade (frequência predita = $220 - \text{idade}$)
- Platô do VO_2 a incrementos de carga
- Incapacidade do indivíduo de continuar ou de manter a cadência pré-determinada
- Obtenção de uma taxa de troca respiratória maior do que 1,10.

Todos os testes de VO_2 pico foram acompanhados por um médico capacitado a prestar pronto atendimento.



Figura 8 – Analisador de gases portátil e equipamentos utilizados no teste incremental.

Determinação do VO_2 pico e LV2

O VO_2 pico foi determinado à partir das curvas de ventilação e consumo de oxigênio, como o maior valor obtido durante o teste incremental máximo. O LV2 foi atribuído ao segundo incremento na curva da ventilação durante o teste máximo e associado à carga mínima em que equivalente ventilatório de O_2 aumenta concomitantemente com o equivalente ventilatório de CO_2 (Dekerle, Baron *et al.*, 2003).

Quinto Dia

Determinação Cargas Iniciais para os Exercícios de Força

As cargas dos exercícios de força foram moduladas por repetições máximas (RM). A carga de 15 a 18RM foi determinada em cada exercício por tentativa e erro. Para minimizar os efeitos da fadiga os testes foram realizados com ordem alternada dos segmentos (inferiores/superiores), com 5 minutos de intervalo entre cada tentativa. Caso a carga não pudesse ser determinada em 4 tentativas uma nova sessão de teste foi realizada.

Programa de Treinamento

Os participantes foram pareados nos dois grupos de treinamento (A-F ou F-A) pelo valor inicial de 1RM de extensão de joelho. Os dois grupos executaram duas sessões de TC por semana, com 48 de intervalo entre elas. A única diferença entre os programas de TC dos grupos A-F e F-A foi a ordem de execução da parte de força e aeróbia. Cinco minutos de intervalo foram dados para a transição do exercício aeróbio para os de força e vice-versa. Todas as sessões de TC foram supervisionadas por professores de educação física, com uma razão professor/voluntário igual ou maior do que 1/3.

A descrição do programa de treinamento está resumida na tabela 2. Alterações no programa de exercícios ocorreram na 4^a, 7^a, 10^a semanas de treinamento. O exercício aeróbio foi executado em bicicletas estacionárias (Movement, Brasil), de forma contínua, com a intensidade determinada pela FC relativa à FC obtida no LV2. Frequencímetros (Polar, Finlândia) foram utilizados para o controle da FC no exercício aeróbio durante todas as sessões de treinamento. Os exercícios de força utilizados foram *leg press*, extensão de joelho bilateral, flexão de joelho bilateral, supino reto, puxada frontal, flexão de cotovelos com halteres e extensão de cotovelos na máquina (polia alta), com intervalo de 1 a 2 minutos entre cada série e exercício. Repetições máximas foram utilizadas em cada exercício e as cargas eram reajustadas caso os voluntários estivessem realizando mais ou menos repetições do que o esperado para cada fase do treinamento.

Tendo em vista a necessidade do desenvolvimento da potência muscular para o incremento das capacidades funcionais e prevenção de quedas em idosos, os sujeitos foram instruídos a executarem todas as séries dos exercícios de força com a máxima velocidade possível na fase concêntrica do movimento, enquanto que a fase excêntrica foi executada de maneira controlada (aproximadamente 2 segundos), como previamente descrito na literatura (Bottaro, Machado *et al.*, 2007).

Tabela 2 – Descrição do programa de treinamento.

| Semana | Força | | Aeróbio | |
|--------|------------------|--------|-------------------|---------------|
| | Repetições/Carga | Séries | Intensidade (FC%) | Duração (min) |
| 1-3 | 15-18RM | 2 | 85 | 20 |
| 4-6 | 12-15RM | 2 | 85 | 30 |
| 7-9 | 10-12RM | 3 | 95 | 30 |
| 10-12 | 8-10RM | 3 | 95 | 40 |

RM, repetições máximas; FC%, percentual da frequência cardíaca obtida no 2º limiar ventilatório.

Análise Estatística

Os dados são apresentados em médias e desvios-padrão. A normalidade dos dados foi verificada com teste de Shapiro-Wilk. Os dados escalares que não apresentaram normalidade passaram pelo procedimento de transformada em base logarítmica. Persistindo a não normalidade utilizou-se estatística não paramétrica, com exceção dos testes de comparação pré e pós-treinamento que foram sempre realizados com ANOVA, pois a mesma é robusta o suficiente para violações de normalidade (Field, 2009).

Os valores iniciais de idade e estatura foram comparadas pelo teste U de Mann-Whitney e pelo teste T para amostras independentes, respectivamente. Para verificar as diferenças entre os grupos do estudo nos períodos pré e pós-treinamento utilizou-se a ANOVA para medidas repetidas de dois fatores (tempo vs grupo). A esfericidade dos dados foi verificada pelo teste de Mauchly e a correção de Greenhouse-Geisser foi utilizada em dados sem esfericidade. Caso interações significativas fossem observadas, os desdobramentos entre cada grupo no mesmo momento foi realizado com o teste T para amostras independentes. O desdobramento ao longo do tempo, dentro de cada grupo, foi realizado com o teste T para medidas repetidas para fatores com dois níveis (por exemplo: pré e pós 12) e com a ANOVA para medidas repetidas para fatores com três níveis (por exemplo: pré, pós 6 e pós 12). A homocedasticidade dos dados foi verificada pelo teste de Levene. Nos testes T foi realizado a correção dos graus de liberdade em dados sem homocedasticidade e para a ANOVA *post hoc* de Bonferroni foi assumido para dados com homocedasticidade e o *post hoc* de Tahmane foi assumido para dados sem homocedasticidade.

A análise estatística foi realizada no *software* SPSS 20 e o nível de significância adotada *a priori* foi de $\alpha \leq 0,05$.

RESULTADOS

Caracterização da Amostra e Adesão ao Treinamento

Não foram observadas interações e nem diferenças significativas entre grupos antes a após o treinamento nas variáveis massa corporal, IMC, PA sistólica, PA diastólica, colesterol total, triglicerídeos e LDL ($p>0,05$) (tabela 3). Os níveis de HDL não apresentaram interação e nem efeito do grupo ($p>0,05$), mas aumentaram após o período experimental ($p\leq 0,05$). Da mesma forma, a única diferença significativa observada na glicose plasmática foi no fator tempo ($p\leq 0,05$), com os níveis de glicose apresentando um aumento em ambos os grupos.

Os dois grupos não diferiram em relação à adesão ao treinamento ($95,8\pm 4,2\%$ e $97,8\%$ para A-F e F-A, respectivamente).

Tabela 3 - Dados pré e pós-treinamento de caracterização dos voluntários. Média \pm DP.

| | Aeróbio-Força | | Força-Aeróbio | |
|---------------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Pré | Pós | Pré | Pós |
| Massa corporal (kg) | 84,0 \pm 12,2 | 84,2 \pm 12,2 | 80,9 \pm 10,5 | 81,5 \pm 11,9 |
| IMC (kg/m ²) | 27,0 \pm 2,9 | 27,0 \pm 2,9 | 25,8 \pm 2,7 | 26,0 \pm 3,3 |
| PA sistólica (mmHg) | 130,0 \pm 8,9 | 129,1 \pm 8,3 | 126,0 \pm 5,4 | 125,6 \pm 4,3 |
| PA diastólica (mmHg) | 80,8 \pm 2,0 | 81,1 \pm 3,6 | 81,0 \pm 2,2 | 81,6 \pm 3,8 |
| Colesterol total (mg/dl)† | 194,0 \pm 31,8 | 190,3 \pm 22 | 189,4 \pm 25 | 195,8 \pm 44 |
| Triglicerídeos (mg/dl)† | 117,3 \pm 45,2 | 128,6 \pm 32,9 | 117,1 \pm 30,1 | 135,9 \pm 53,9 |
| HDL (mg/dl)† | 39,4 \pm 11,3 | 42,5 \pm 11,3* | 39,8 \pm 7,1 | 46,0 \pm 10,6* |
| LDL (mg/dl)† | 130,4 \pm 25,3 | 122,0 \pm 21,0 | 126,2 \pm 20,2 | 122,5 \pm 37,2 |
| Glicose (mg/dl)† | 96,6 \pm 7,45 | 106,9 \pm 10,2* | 98,4 \pm 10,1 | 109,1 \pm 14,4* |

IMC, índice de massa corpora; PA, pressão arterial; †, n=10 no grupo A-F; * Diferença significativa entre pré e pós-treinamento (fator tempo, $p\leq 0,05$).

Cargas de Treinamento

As cargas de treinamento de extensão de joelho foram similares entre os grupos ao longo do período de treinamento ($p>0,05$) e os dois grupos aumentaram as cargas utilizadas em cada período de treinamento ($p\leq 0,05$) (figura 9). Observou-se interação significativa entre tempo e grupo ($p\leq 0,05$), mas os desdobramentos de cada grupo no tempo (ANOVA para medidas repetidas) demonstraram aumento

similar nas cargas de treino e o desdobramento entre grupos (teste t para amostras independentes) não foram capazes de identificar diferenças entre os grupos ($p>0,05$).

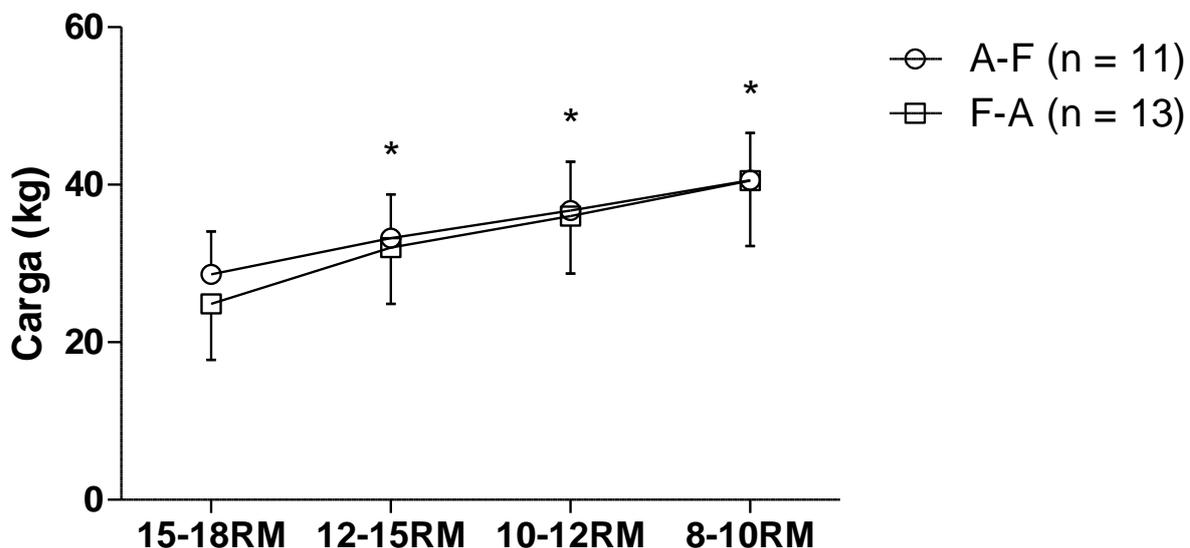


Figura 9 – Cargas de treino no exercício extensão de joelho do grupo aeróbio-força (A-F) e força-aeróbio (F-A) no mesociclo 1 (15-18RM), 2 (12-15RM), 3 (10-12RM) e 4 (8-10RM). *, indica diferença significativa em relação aos períodos anteriores (fator tempo, $p\leq 0,05$).

1RM e PT Isométrico

Os valores de 1RM (figura 10) e de PT isométrico de extensão de joelho aumentaram após as 12 semanas de treinamento ($p\leq 0,05$), sem diferença significativa entre os grupos (tabela 4). Nenhuma interação significativa foi identificada ($p>0,05$).

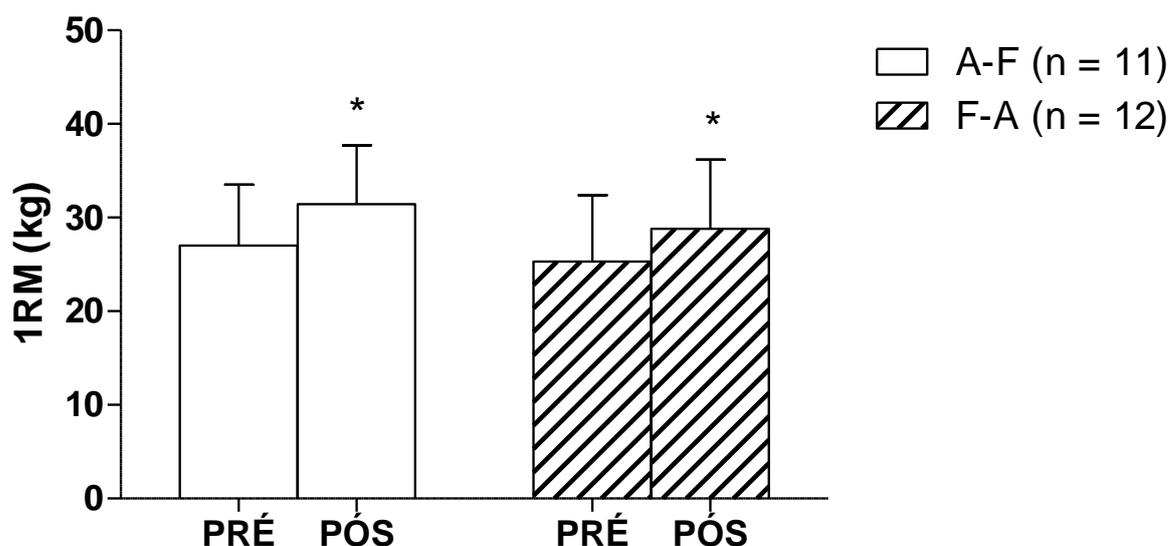


Figura 10 – Cargas de uma repetição máxima (1RM) dos grupos aeróbio-força (A-F) e força-aeróbio (F-A) antes e após o treinamento. *, indica diferença significativa entre os valores pré e pós-treinamento (fator tempo, $p \leq 0,05$).

Pico de Potência com 60% de 1RM, TPF e Altura do Salto Vertical

O pico de potência de extensão de joelho com 60% de 1RM pré-treinamento não demonstrou interação e não diferiu entre os grupos ($p > 0,05$), mas os valores aumentaram após o treinamento ($p \leq 0,05$) partindo de $248,7 \pm 68,3$ para $305 \pm 81,4$ W no grupo A-F ($n=11$) e de $238,1 \pm 62,1$ para $290,8 \pm 91,0$ W no grupo F-A ($n=12$).

Não foram identificadas diferenças significativas na TPF em 0-50 e 0-100 ms ($p > 0,05$), mas os valores obtidos em 150 e 200 ms aumentaram após o período experimental em ambos os grupos ($p \leq 0,05$). (tabela 4).

Tabela 4 - Valores de PT e TPF nos períodos pré e pós-treinamento. Média \pm DP

| | A-F | | F-A† | |
|-----------------------|------------------|--------------------|------------------|-------------------|
| | Pré | Pós | Pré | Pós |
| PT (N.m) | 209,2 \pm 40,9 | 236,4 \pm 40,6 * | 228,0 \pm 45,0 | 240,0 \pm 49,0* |
| TPF 0-50 ms (N.m/ms) | 1,28 \pm 0,66 | 1,41 \pm 0,69 | 1,16 \pm 0,62 | 1,26 \pm 0,60 |
| TPF 0-100 ms (N.m/ms) | 1,03 \pm 0,44 | 1,18 \pm 0,47 | 0,97 \pm 0,35 | 1,06 \pm 0,40 |
| TPF 0-150 ms (N.m/ms) | 0,82 \pm 0,31 | 0,96 \pm 0,35* | 0,79 \pm 0,26 | 0,86 \pm 0,32* |
| TPF 0-200 ms (N.m/ms) | 0,71 \pm 0,23 | 0,82 \pm 0,23* | 0,70 \pm 0,20 | 0,77 \pm 0,25* |

PT, pico de torque; TPF, taxa de produção de força; † $n=12$; *, diferença entre os valores pré e pós-treinamento (fator tempo, $p \leq 0,05$).

A altura do SCM não apresentou interação e nenhuma alteração significativa no fator tempo e no fator grupo ($p>0,05$), apresentando os valores de $13,4\pm 5,3$ e $14,1\pm 5,5$ cm para o grupo A-F pré e pós, respectivamente; e $13,6\pm 5,5$ e $14,2\pm 5,3$ cm para o grupo F-A, pré e pós-treinamento respectivamente.

Ativação Muscular

O sinal eletromiográfico dos músculos VL e RF obtidos na CIVM e na extensão de joelho com a carga de 1RM aumentou com o treinamento ($p\leq 0,05$), sem efeito do grupo ($p>0,05$) e sem interação significativa ($p>0,05$) (tabela 5).

Tabela 5 - Valores de ativação muscular do VL e RF obtidos na CIVM e no teste de 1RM. Média \pm DP

| CIVM | Aeróbio-Força | | Força-Aeróbio† | |
|---------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| | Pré | Pós | Pré | Pós |
| VL (μ V) | 240,6 \pm 100,0 | 263,2 \pm 89,3* | 202,5 \pm 73,0 | 235,9 \pm 82,3* |
| RF (μ V) | 185,6 \pm 83,6 | 249,9 \pm 211,2* | 177 \pm 57,2 | 226,2 \pm 134,6* |
| 1RM | | | | |
| VL (μ V) | 244,5 \pm 76,3 | 289,6 \pm 85,3* | 215,6 \pm 63,6 | 268,1 \pm 106,2* |
| RF (μ V) | 209,6 \pm 84,5 | 244,4 \pm 66,3* | 197,5 \pm 60,9 | 247,7 \pm 79,4* |

VL, vasto lateral; RF, reto femoral; CIVM, contração isométrica voluntária máxima; 1RM, uma repetição máxima; †, n=12; * diferença em relação aos valores pré e pós-treinamento (fator tempo, $p\leq 0,05$).

Após as 12 semanas de intervenção o sinal eletromiográfico relativo do VL e do RF reduziu similarmente entre os grupos para realizar a extensão de joelho com 60% de 1RM pré-treinamento ($p\leq 0,05$) (tabela 6). Por outro lado, os valores relativos do RF na ação de levantar da cadeira não foram alterados em nenhum grupo com o treinamento ($p>0,05$) (tabela 6). O grupo A-F demonstrou maior valor de sinal eletromiográfico relativo do VL ao levantar da cadeira (fator grupo $p\leq 0,05$), mas não foi observada diferença significativa no fator tempo e nem interação entre tempo e grupo ($p>0,05$). A figura 11 demonstra o comportamento similar dos grupos ao longo do tempo.

Tabela 6 – Sinal eletromiográfico relativo do VL e RF na extensão de joelho com 60%1RM pré-treinamento e ao levantar da cadeira. Média±DP

| 60%1RM | Aeróbio-Força | | Força-Aeróbio† | |
|-----------------|---------------|------------|----------------|------------|
| | Pré | Pós | Pré | Pós |
| VL (%) | 81,0±13,0 | 68,8±9,3* | 75,4±11,0 | 65,1±8,8* |
| RF (%)‡ | 76,1±10,0 | 71,4±18,8* | 76,2±11,3 | 64,4±11,6* |
| Levantar | | | | |
| VL (%) | 44,6±12,3 | 40,1±12,5 | 54,8±15,5 | 49,1±8,0 |
| RF (%)‡ | 27,9±19,6 | 25,08±16,8 | 34,5±23,8 | 35,8±22,4 |

VL, vasto lateral; RF, reto femoral; CIVM, contração isométrica voluntária máxima; 1RM, uma repetição máxima; ‡, n=10 no respectivo teste do grupo aeróbio-força; †, n=12; *, diferença em relação aos valores pré e pós-treinamento (fator tempo, $p \leq 0,05$).

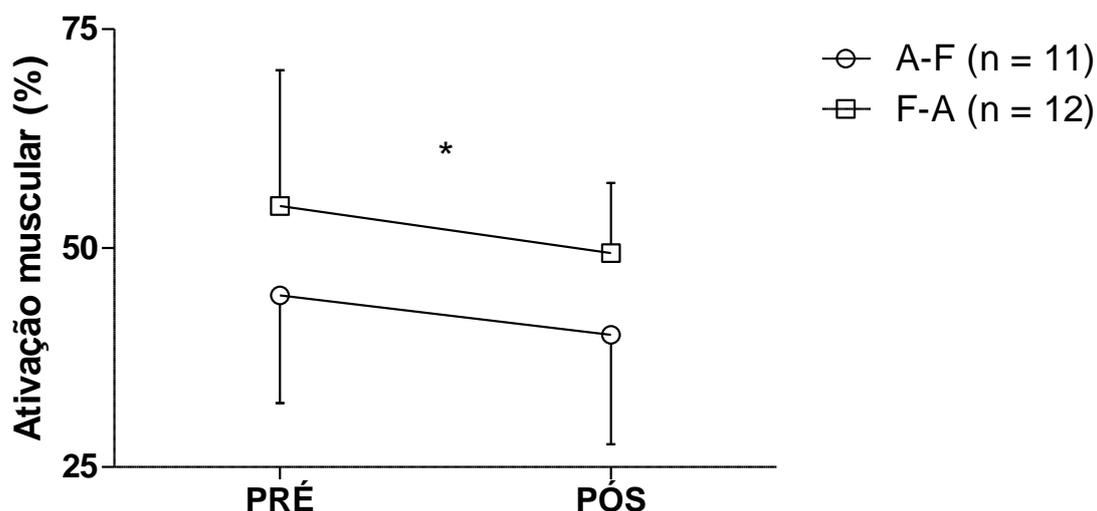


Figura 11 – Sinal eletromiográfico relativo do vasto lateral na ação de levantar da cadeira dos grupos aeróbio-força (A-F) e força-aeróbio (F-A). *, indica diferença significativa no fator grupo ($p \leq 0,05$).

Espessura Muscular

As EM dos músculos VL, RF, VI e VM são apresentadas na figura 12. Foi observado aumento significativo na EM dos quatro músculos do quadríceps femoral após as 12 semanas de treinamento ($p \leq 0,05$), mas não foi identificada interação e nem diferenças entre grupos ($p > 0,05$).

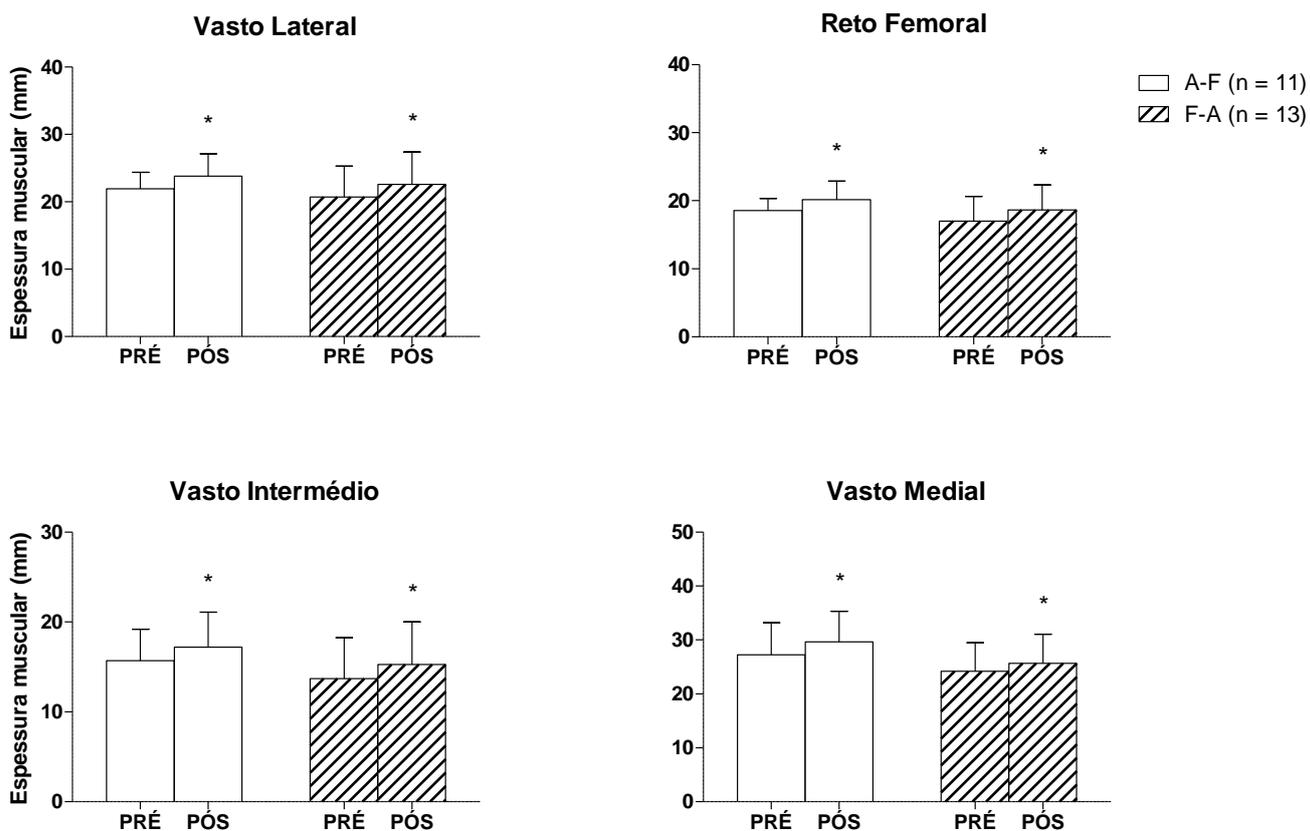


Figura 12 – Espessura muscular do quadríceps femoral dos grupos aeróbio-força (A-F) e força-aeróbio (F-A) antes a após o treinamento. *, indica diferença significativa entre os valores pré e pós-treino (fator tempo, $p \leq 0,05$).

Echo Intensity Muscular

A QM do RF foi determinada pelo valor de *echo intensity* e expressa em unidades arbitrárias. O treinamento resultou na diminuição significativa da *echo intensity* do RF ($p \leq 0,05$), o que representa um incremento da qualidade muscular. Não foi encontrada interação e nem diferença significativa entre grupos ($p > 0,05$) (figura 13).

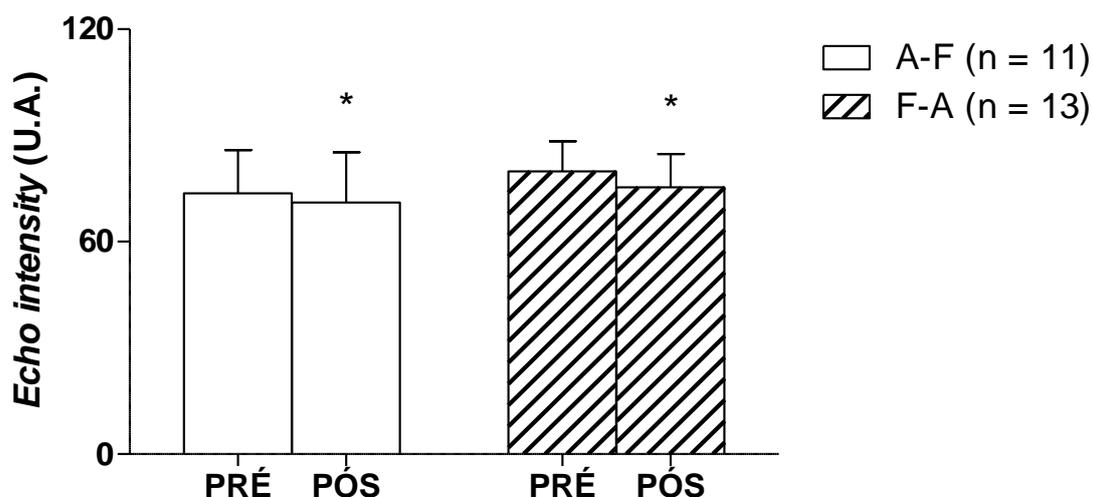


Figura 13 – *Echo intensity* do músculo reto femoral dos grupos aeróbio-força (A-F) e força-aeróbio (F-A) antes e após o treinamento. *, indica diferença significativa entre os valores pré e pós-treinamento (fator tempo, $p \leq 0,05$).

Sentar e Levantar e *Get Up and Go*

Os dados referentes ao teste de sentar e levantar de 30 segundos e *get up and go* são apresentados na tabela 7. Ambos os grupos aumentaram o número de repetições realizadas no teste de sentar e levantar após as 12 semanas de treinamento ($p \leq 0,05$), sem diferença entre eles ($p > 0,05$). Nenhuma alteração significativa foi encontrada no teste *get up and go* ($p > 0,05$).

Tabela 7 - Valores de sentar e levantar em 30 segundos e *get up and go*. Média \pm DP

| | Aeróbio-Força | | Força-Aeróbio† | |
|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Pré | Pós | Pré | Pós |
| Sentar e levantar (repetições) | 16,9 \pm 2,9 | 19,1 \pm 2,7* | 15,3 \pm 2,0 | 17,4 \pm 2,0* |
| <i>Get up and go</i> (s) | 5,19 \pm 1,3 | 4,98 \pm 0,95 | 4,94 \pm 0,62 | 5,05 \pm 0,61 |

†, n=12; *, diferença entre os valores pré e pós-treinamento (fator tempo, $p \leq 0,05$).

Consumo de Oxigênio de Pico e Segundo Limiar Ventilatório

O $VO_{2\text{pico}}$, o VO_2 no LV2, a FC máxima e a FC obtida no LV2 não sofreram alterações significativas em nenhum grupo durante o período experimental ($p > 0,05$) (tabela 8).

Tabela 8 - VO₂pico, VO₂ no LV₂ e FC no LV₂ antes e após o treinamento. Média±DP

| | Aeróbio-Força | | Força-Aeróbio† | |
|--|---------------|------------|----------------|------------|
| | Pré | Pós | Pré | Pós |
| VO ₂ pico (ml/kg/min) | 23,2±4,2 | 24,8±6,1 | 23,6±7,7 | 25,1±6,8 |
| VO ₂ no LV ₂ (ml/kg/min) | 20,1±3,9 | 21,7±5,5 | 20,2±6,5 | 21,3±5,1 |
| FC máxima (bpm) | 155,4±14,6 | 155,7±11,5 | 147,6±14,2 | 152,0±15,5 |
| FC no LV ₂ (bpm) | 140,6±15,0 | 141,6±14,6 | 135,3±13,3 | 136,0±15,5 |

VO₂pico, consumo de oxigênio de pico; VO₂, consumo de oxigênio; LV₂; segundo limiar ventilatório; FC, frequência cardíaca; †, n=12.

Dilatação Mediada por Fluxo

A função endotelial foi determinada pela DMF da artéria braquial (em valores percentuais). A DMF aumentou ao longo do tempo ($p \leq 0,05$) (figura 14), sem diferença entre os grupos ($p > 0,05$). A DMF no momento pós 12 foi maior do que nos momentos pós 6 e pré-treinamento ($p \leq 0,05$), sem que houvesse diferença significativa entre os dois primeiros momentos ($p > 0,05$). Não ocorreu interação significativa entre tempo e grupo ($p > 0,05$).

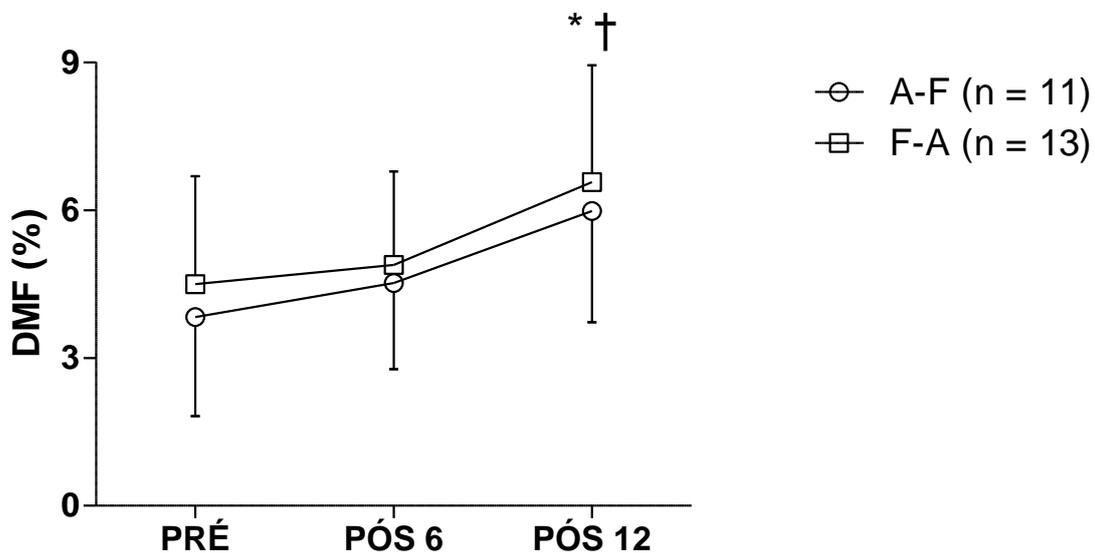


Figura 14 – Dilatação mediada por fluxo (DMF) da artéria braquial dos grupos aeróbio-força (A-F) e força-aeróbio (F-A) antes, após 6 semanas e após 12 semanas de treinamento. *, indica diferença significativa entre os valores pré e pós 12 ($p \leq 0,05$); †, indica diferença significativa entre os valores pós 6 e pós 12 ($p \leq 0,05$).

DISCUSSÃO

O envelhecimento causa deterioração do sistema neuromuscular (Izquierdo, Aguado *et al.*, 1999; Narici e Maffulli, 2010) e cardiovascular (Celermajer, Sorensen *et al.*, 1994; Desouza, Shapiro *et al.*, 2000; Hawkins e Wiswell, 2003), mas o TC pode combater essas alterações (Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Holviala, Kraemer *et al.*, 2012). Contudo, alguns estudos demonstram que o TC pode causar interferência nos ganhos de força (Hickson, 1980; Kraemer, Patton *et al.*, 1995; Cadore, Pinto *et al.*, 2010). Leveritt, Abernethy, *et al.* (1999) sugeriram algumas hipóteses que podem ser responsáveis pelo efeito da interferência. Dentre elas cabe ressaltar a hipótese aguda, que sugere que a execução do exercício aeróbio antes dos exercícios de força poderia prejudicar as adaptações. Nesse sentido Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.* (2012) e Cadore Izquierdo, Alberton, *et al.* (2012), relataram haver prejuízo nos ganhos de força máxima quando o exercício aeróbio precedia o de força e Okamoto, Masuhara e Ikuta (2007) relataram que as adaptações vasculares ao TC são influenciadas pela ordem de execução dos exercícios. Se a sequência dos componentes de força e aeróbio realmente influenciar as respostas neuromusculares e cardiovasculares ao TC, a simples manipulação da ordem dos exercícios poderia otimizar as adaptações em idosos, o que talvez repercuta em melhor adaptação funcional para essa população. Portanto, o objetivo desse estudo foi verificar se a ordem de execução dos exercícios de força e aeróbio do TC afeta as adaptações neuromusculares, cardiovasculares e funcionais de homens idosos. Os principais resultados encontrados demonstram que a sequência de execução dos exercícios de força e aeróbio não influencia as adaptações neuromusculares, funcionais e cardiovasculares.

Inúmeros estudos que empregaram o TC em jovens (Kraemer, Patton *et al.*, 1995; Häkkinen, Alen *et al.*, 2003; Okamoto, Masuhara e Ikuta, 2007; Chtara, Chaouachi *et al.*, 2008) e em pessoas mais velhas (Cadore, Pinto *et al.*, 2010; Karavirta, Häkkinen *et al.*, 2011; Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012; Holviala, Kraemer *et al.*, 2012) têm observado aumento na capacidade de produção de força máxima. Alguns estudos apresentam interferência nos ganhos de força nos grupos de TC em comparação com os grupos de TF (Hickson, 1980; Dudley e Djamil, 1985; Kraemer, Patton *et al.*, 1995; Cadore, Pinto *et al.*, 2010), mas nem todas as investigações confirmam a interferência na

força máxima (Mccarthy, Pozniak e Agre, 2002; Karavirta, Häkkinen *et al.*, 2011; Holviala, Kraemer *et al.*, 2012; De Souza, Tricoli *et al.*, 2013). Especula-se (Leveritt, Abernethy *et al.*, 1999) que a ordem dos exercícios utilizados no TC possa ser um fator responsável pelo efeito da interferência observada em alguns estudos, uma vez que a realização do exercício aeróbio no começo das sessões de TC poderia prejudicar o desempenho no exercício de força subsequente (Leveritt e Abernethy, 1999). Entretanto, pouco se sabe sobre a influência nos ganhos de força ao manipular a sequência de execução dos exercícios de força e aeróbio em programas de TC.

No presente estudo os voluntários dos dois grupos de TC foram capazes de treinar cargas de extensão de joelho semelhantes (figura 9), o que deve ter causado o aumento similar na capacidade de produção de força (no teste de 1RM e no PT isométrico) de ambos os grupos. Esse resultado demonstra que o TC executado com o exercício aeróbio antes dos exercícios de força não afeta negativamente essa adaptação. Dados semelhantes foram relatados em estudos anteriores (Collins e Snow, 1993; Gravelle e Blessing, 2000; Chtara, Chaouachi *et al.*, 2008). Por exemplo, Chtara, Chaouachi, *et al.* (2008) observaram aumentos similares nos valores de 1RM de agachamento de homens jovens que realizaram o treinamento concorrente com a sequência aeróbio-força e força-aeróbio duas vezes por semana. Por outro lado, uma sequência de estudos de Cadore e colaboradores (Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012), demonstra que a ordem dos exercícios afeta os ganhos de força em homens idosos. Nesses estudos os voluntários treinaram por 12 semanas com um programa tradicional de treinamento de força, e realizaram o exercício aeróbio contínuo e intervalado em ciclo ergômetro. O grupo que praticou o exercício aeróbio no início da sessão de treinamento demonstrou menores incrementos de 1RM de extensão de joelho.

Esses resultados conflitantes podem ter ocorrido devido a diferenças entre os programas de treinamento utilizados. A frequência semanal de treinamento talvez tenha alguma influência nas diferenças observadas entre os estudos. Nessa investigação e no trabalho de Chtara, Chaouachi, *et al.* (2008) os voluntários treinaram duas vezes por semana. Já nos trabalhos de Cadore e colaboradores (Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012) o TC foi realizado três vezes na semana. Pesquisas que demonstram efeito da

interferência nos ganhos de força geralmente realizam três ou mais sessões de TC semanais (Hickson, 1980; Dudley e Djamil, 1985; Kraemer, Patton *et al.*, 1995; Cadore, Pinto *et al.*, 2010), o que talvez prejudique as adaptações por falta de recuperação adequada (Leveritt, Abernethy *et al.*, 1999). Se essa hipótese for verdadeira, então a realização de apenas duas sessões de TC semanais poderia ter reduzido a influência da ordem dos exercícios. Entretanto, dois estudos prévios sobre a manipulação da sequência dos exercícios do TC utilizaram três treinos semanais e não demonstraram haver influência da ordem do TC nos ganhos de força máxima de indivíduos jovens (Collins e Snow, 1993; Gravelle e Blessing, 2000), o que não suporta essa teoria.

Diferenças entre a forma de execução dos exercícios de força podem ser responsáveis pelos resultados contraditórios. Os voluntários dos trabalhos de Cadore e colaboradores (Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012) realizaram os exercícios de força de maneira tradicional (com velocidade moderada). Em contrapartida, no presente estudo os participantes realizaram os exercícios de força enfatizando a potência muscular e Chtara Chaouachi, *et al.* (2008) utilizaram exercícios pliométricos na fase final de seu programa de TC. Em ambos os estudos não foram observadas influências da ordem dos exercícios nos ganhos de força máxima. Sabe-se que a ativação muscular é maior para realizar contrações balísticas do que em rampa (Ricard, Ugrinowitsch *et al.*, 2005) e para executar contrações isocinéticas com altas velocidades angulares em comparação com velocidades mais baixas (Babault, Pousson *et al.*, 2003). Assim pode-se especular que a realização do treino de potência, com contrações na maior velocidade voluntária possível, cause maior ativação e, conseqüentemente, maior adaptação muscular, o que talvez dilua o efeito da ordem TC. Entretanto essa especulação deve ser mais investigada.

No presente estudo, apesar de não ter sido observada diferença no aumento da força máxima entre os grupos, os ganhos de força foram relativamente pequenos (entre 13 e 14% no 1RM e entre 5 e 12% no PT isométrico) em comparação a outros estudos que empregaram o TC por períodos similares em idosos (Cadore, Pinto *et al.*, 2010; Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012). Um fator que certamente afetou os valores percentuais de incremento de força foi a familiarização dos voluntários com os testes. Já foi demonstrado que a

familiarização com testes de força é fundamental para não superestimar os ganhos de força em resposta ao treinamento (Wallerstein, Barroso *et al.*, 2010). No presente estudo os participantes foram efetivamente testados no dia de familiarização e seus valores de 1RM e PT isométrico aumentaram da familiarização para os testes pré-treinamento (ver anexo III). Caso os sujeitos não tivessem realizado a familiarização com os testes os valores percentuais de incremento de 1RM e PT isométrico com o treinamento seriam consideravelmente maiores (~26% para 1RM e ~23% para PT isométrico).

Cada vez mais estudos demonstram que o desenvolvimento da potência muscular de membros inferiores é importante para a capacidade funcional de idosos (Foldvari, Clark *et al.*, 2000; Bottaro, Machado *et al.*, 2007) e para diminuir o risco de quedas dessa população (Pijnappels, Van Der Burg *et al.*, 2008; Pizzigalli, Filippini *et al.*, 2010). A redução da potência muscular é um fator preocupante para a saúde de idosos e parece ocorrer em taxas mais acentuadas do que a redução da força máxima (Izquierdo, Aguado *et al.*, 1999; Pansarasa, Rinaldi *et al.*, 2009). O TF e o TC podem aumentar a potência muscular de pessoas de meia-idade e idosas (Newton, Hakkinen *et al.*, 2002; Karavirta, Häkkinen *et al.*, 2011; Holviala, Kraemer *et al.*, 2012), principalmente quando o treinamento de potência é utilizado (Bottaro, Machado *et al.*, 2007; Caserotti, Aagaard *et al.*, 2008). Por exemplo, Bottaro, Machado, *et al.* (2007) relataram que o treinamento de potência mostrou-se superior ao TF tradicional para promover ganhos na potência e nas capacidades funcionais em homens idosos, apesar dos similares ganhos de 1RM. Por outro lado alguns trabalhos demonstram que o TC pode causar interferência no desenvolvimento da força rápida avaliada pelo teste de Wingate (Dudley e Djamil, 1985), saltos verticais (Hunter, Demment e Miller, 1987; Hennessy e Watson, 1994; Glowacki, Martin *et al.*, 2004), PT isocinético em altas velocidades angulares (Dudley e Djamil, 1985) e pela TPF (Häkkinen, Alen *et al.*, 2003), mas nenhum estudo encontrado verificou se a ordem do TC afeta os ganhos de potência muscular de membros inferiores. Tendo em vista que a capacidade de produção de força em altas velocidades angulares pode ser prejudicada pelo exercício aeróbio prévio (Leveritt e Abernethy, 1999), foi esperado que a ordem do TC afetaria os ganhos de potência.

Os resultados do presente estudo demonstram que os grupos A-F e F-A aumentaram de maneira semelhante a potência de extensão de joelho realizada

com 60% de 1RM pré-treinamento. Esse resultado pode ter importante representação funcional, uma vez que os indivíduos executam a maioria das tarefas diárias sustentando a massa corporal. Com o treinamento não é esperado um grande aumento da massa corporal total, portanto se um indivíduo desenvolver maior potência ao deslocar uma mesma carga ele provavelmente será beneficiado para realizar suas atividades da vida diária. De fato, os participantes do presente estudo apresentaram melhora significativa no número de repetições do teste de sentar e levantar de 30 segundos, o que pode ser em parte explicado pela melhora na potência muscular com a mesma carga absoluta.

Da mesma maneira como o resultado anterior, a TPF em 150 e 200 ms também aumentou em ambos os grupos, embora os valores de 50 e 100 ms não tenham sido alterados. A TPF é afetada por múltiplos fatores (Andersen e Aagaard, 2006) e a falta de incremento na TPF isométrica não é um fato incomum (Correa, Laroche *et al.*, 2012), o que pode estar relacionado com a falta de especificidade do teste (Murphy, Wilson *et al.*, 1995), e também com as diferentes adaptações ocasionadas pelo treinamento.

A TPF em períodos iniciais da curva força-tempo parece sofrer considerável influência das propriedades contráteis intrínsecas dos músculos envolvidos, como a composição das fibras musculares e cinética da liberação sarcoplasmática de Ca^{2+} (Andersen e Aagaard, 2006). Por outro lado, a TPF em intervalos longos de tempo é mais dependente da força isométrica máxima (Andersen e Aagaard, 2006), a qual é afetada pela ativação (Sale, 1988) e pela massa muscular dos agonistas (Blazevich, Coleman *et al.*, 2009).

No presente estudo a ativação muscular durante a CIVM e a EM do quadríceps aumentaram com o treinamento, proporcionando incremento do PT isométrico e provavelmente influenciando as adaptações nas fases intermediárias (150 ms) e finais (200 ms) da TPF. Além disso, é provável que a alteração apenas na TPF obtida 150 e 200 ms esteja relacionada com a especificidade do treinamento de potência. Espera-se que o treinamento com cargas muito elevadas e baixas velocidades de contração cause pouca alteração da TPF, principalmente nos períodos iniciais da curva força-tempo (Andersen, Andersen *et al.*, 2010). Por outro lado, sugere-se que a utilização de cargas mais leves, mas com altas velocidades de contração, aumente a TPF em períodos iniciais da curva força-tempo (Sale, 1988). O

treinamento de potência (como o utilizado nessa pesquisa), por sua vez, empregou contrações com cargas moderadas a altas, realizadas na maior velocidade possível. Dessa maneira é provável que a associação entre o treinamento de potência e as grandes cargas utilizadas tenha resultado no aumento das TPF em períodos mais longos (150 e 200 ms).

Possuir altos valores de TPF permitirá que um determinado nível de força seja alcançado mais rapidamente, o que deve ser importante para reduzir o risco de quedas após um desequilíbrio e ajudar na manutenção da postura e do equilíbrio corporal de idosos. Estudos têm demonstrado que a TPF de extensão de joelho correlaciona-se com capacidade de equilíbrio de idosos (Izquierdo, Aguado *et al.*, 1999) e que a TPF de flexão de joelho é maior em indivíduos que não sofreram quedas do que naqueles que já as sofreram (Bento, Pereira *et al.*, 2010). Assim, programas de exercício que aumentem os valores de TPF devem ser benéficos para idosos. Os resultados desse estudo indicam que realizar o exercício aeróbio antes ou após os exercícios de força não prejudica o ganho na TPF em 150 e 200 ms.

O SCM é constituído por um movimento que depende do ciclo alongamento-encurtamento e da potência de membros inferiores. Sendo assim, idosos com menores valores de SCM estão mais propensos a quedas (Pijnappels, Van Der Burg *et al.*, 2008) e intervenções que aumentem a potência muscular pode ser benéfica para essa população. No presente estudo, apesar dos ganhos na força máxima e no pico de potência de extensão de joelho, nenhuma alteração foi encontrada na altura do SCM. Uma possível explicação encontra-se na especificidade do gesto motor. Sabe-se que as adaptações ocorrem com maior magnitude no movimento treinado (Sale, 1988) e dentre os exercícios utilizados nessa pesquisa apenas o *leg press* apresentava um padrão motor grosseiramente semelhante ao SCM. Portanto, apesar dos incrementos na potência de extensão de joelho, a falta de especificidade do treinamento pode ter limitado os ganhos na altura do salto vertical.

Inúmeros mecanismos podem explicar o aumento da força máxima dinâmica, isométrica e os ganhos de potência encontrados nesse estudo. Dentre os fatores neurais o aumento da ativação da musculatura agonista (Häkkinen, Alen *et al.*, 2003; Cadore, Pinto *et al.*, 2010; Karavirta, Häkkinen *et al.*, 2011; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012), aumento da sincronização dos disparos das UMs (Sale, 1988; Griffin e Cafarelli, 2005) e talvez a redução da coativação da musculatura antagonista

(Häkkinen, Alen *et al.*, 2003) podem ocorrer em respostas a programas que incorporam exercícios de força. Adaptações em nível supraespinal também parecem ocorrer com exercícios de força (Griffin e Cafarelli, 2005), enquanto que o exercício aeróbio aparenta ter efeito mínimo nas adaptações neurais associadas ao incremento da força (Cadore, Pinto *et al.*, 2010; Karavirta, Häkkinen *et al.*, 2011).

Estudos prévios que executaram o exercício aeróbio e de força em dias separados não apresentam interferência do TC nas adaptações neurais (Häkkinen, Alen *et al.*, 2003; Karavirta, Häkkinen *et al.*, 2011; Holviala, Kraemer *et al.*, 2012). Entretanto, Cadore, Pinto, *et al.* (2010) treinaram idosos com o exercício aeróbio e de força executados na mesma sessão de treinamento e reportaram prejuízo no aumento da amplitude do sinal eletromiográfico do VL e do RF no grupo de TC em comparação ao TF, o que pode justificar o efeito da interferência encontrado na força isométrica e dinâmica. No presente estudo foram observados aumentos similares na ativação muscular máxima do VL e do RF obtida na CIVM e com a carga de 1RM, sugerindo que as adaptações no sistema nervoso influenciaram os incrementos observados no PT isométrico e na carga de 1RM pós-treinamento, sem haver influência da ordem do TC. Esses resultados estão de acordo com único estudo anterior que investigou a influência da manipulação da ordem do TC na ativação muscular máxima de idosos (Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012).

Por outro lado, Cadore, Izquierdo, Pinto, *et al.* (2012) demonstraram haver influência da ordem dos exercícios do TC na economia neuromuscular do RF, o que está de acordo com um estudo prévio que comparou um grupo que realizou o TC na sequência A-F com outro grupo que executou apenas o TF (Cadore, Pinto *et al.*, 2010). Nesses estudos a economia neuromuscular foi determinada comparando o sinal eletromiográfico relativo obtido em contrações isométricas submáximas dos extensores de joelho, com a mesma carga absoluta, antes e após o treinamento. Os achados do presente estudo são contrários aos da pesquisa anterior (Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012), pois demonstram que a ordem do TC não afeta a economia neuromuscular avaliada na ação de extensão de joelho com 60% de 1RM pré-treinamento. Essas diferenças devem ter ocorrido pelas diferentes adaptações observadas nesses estudos. No presente estudo não foi encontrada diferença nos ganhos de força e ativação muscular máxima entre os grupos, indicando que as adaptações neuromusculares foram semelhantes. Portanto, a redução da ativação

muscular para levantar a mesma carga absoluta foi similar entre os grupos. Já no estudo de Cadore, Izquierdo, Pinto (2012), apesar do PT isométrico e da ativação muscular máxima não terem sofrido influência da ordem do TC, o grupo A-F apresentou menor ganho no teste de 1RM, sugerindo que os ganhos de força devem ter sido prejudicados nesse grupo. Dessa maneira o grupo A-F provavelmente necessitou recrutar com maior intensidade os músculos extensores de joelho do que o grupo F-A para produzir a mesma tensão muscular absoluta.

É sugerido que após um programa de TF ou de TC os indivíduos tornam-se mais econômicos em nível neuromuscular, por precisar recrutar menos UM para produzir a mesma força (Cadore, Pinto *et al.*, 2010; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012). Assim, é possível especular que a melhora da economia neuromuscular teria importante significado funcional. Por exemplo, se a massa corporal de um indivíduo não for alterada ele provavelmente terá que recrutar menos os músculos agonistas para realizar atividades do dia a dia, como levantar da cadeira ou subir escadas. Apesar dessa interessante formulação teórica os estudos prévios determinaram a economia neuromuscular somente em contrações isométricas monoarticulares (Cadore, Pinto *et al.*, 2010; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012), condição pouco específica para as atividades da vida diária.

Para testar se a adaptação na economia neuromuscular observada em situações monoarticulares pode ser transferida para ações da vida diária, a economia neuromuscular na ação de levantar da cadeira foi calculada. Após o período de treinamento nenhuma alteração significativa foi observada no VL e RF. Entretanto foi observado efeito do grupo no VL, o que indica que os dois grupos apresentaram valores distintos de sinal eletromiográfico relativo do VL. Apesar da diferença entre os grupos, o comportamento dessa variável foi o mesmo ao longo do estudo (figura 11) e, portanto, não ocorreu interação significativa. Refutando a hipótese anterior, não ocorreu redução da ativação muscular normalizada no movimento de levantar da cadeira em nenhum dos grupos. Assim, apesar do sinal eletromiográfico relativo do RF e do VL de idosos ser menor após um programa de TC para levantar uma mesma carga absoluta em uma condição monoarticular específica ao treinamento (extensão de joelho), a melhora na economia neuromuscular não parece ser transferida para o um gesto funcional (levantar da cadeira), ao menos após 12 semanas de TC.

Além das adaptações neurais, alterações morfológicas também devem ter influenciado os ganhos de força e potência dos voluntários desse estudo. Já é bem conhecido que componentes estruturais afetam a capacidade de produção de força e potência muscular (Thom, Morse *et al.*, 2007; Blazevich, Coleman *et al.*, 2009). Dentre as variáveis morfológicas afetadas com o envelhecimento, e que podem ser modificadas com treinamento cabe citar a quantidade de massa muscular, a composição das fibras musculares, a QM, o comprimento dos fascículos e o ângulo de penação de músculos penados (Blazevich, 2006; Chelly, Chamari *et al.*, 2006; Blazevich, Coleman *et al.*, 2009; Fukumoto, Ikezoe *et al.*, 2012). No presente estudo as adaptações na EM e na QM foram verificadas.

O aumento da massa muscular ocorre pelo incremento da agregação de proteínas musculares, e o exercício de força pode ser um poderoso estímulo para aumentar a síntese protéica miofibrilar em idosos (Kumar, Selby *et al.*, 2009). Já foi hipotetizado que o exercício aeróbio poderia prejudicar o aumento da massa muscular por ativar vias antagônicas àquelas ativas durante o TF (Hawley, 2009), o que poderia explicar a interferência no aumento da área de secção transversa de fibras musculares causadas pelo TC (Kraemer, Patton *et al.*, 1995; Bell, Syrotuik *et al.*, 2000). Contudo, recentemente foi demonstrado que oito semanas de TC aumentou o conteúdo muscular da proteína quinase ribossomal S6 de 70kDa, sem afetar o conteúdo e a fosforilação da AMPK (De Souza, Tricoli *et al.*, 2013). Além disso, o TC parece não causar qualquer interferência quando a hipertrofia é determinada pela área de secção transversa muscular ou da EM (Häkkinen, Alen *et al.*, 2003; Izquierdo, Ibañez *et al.*, 2004; Karavirta, Häkkinen *et al.*, 2011; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012; De Souza, Tricoli *et al.*, 2013) No presente estudo foi encontrado um incremento similar na EM dos quatro ventres do quadríceps femoral nos indivíduos que executaram as sequências A-F e F-A. Resultado parecido também foi reportado por outros autores que treinaram idosos e não encontraram influência da ordem do TC nos valores de EM dos músculos do quadríceps apresentados separadamente (Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012) ou somados (Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012). Dessa maneira, os dados atuais sugerem que a ordem do TC não prejudica o aumento da massa muscular de idosos.

A QM determinada pela *echo intensity* muscular é uma variável ainda pouco investigada em resposta ao treinamento. A redução da QM é observada em

condições patológicas (Pillen e Van Alfen, 2011) e também ocorre com o envelhecimento (Arts, Pillen *et al.*, 2010). Acredita-se que a deterioração da QM está associada com o aumento de tecido não contrátil nos músculos, como infiltração de lipídios e de tecido fibroso (Arts, Pillen *et al.*, 2010; Pillen e Van Alfen, 2011). Estudos transversais demonstram o aumento da *echo intensity* muscular que ocorre com o envelhecimento pode afetar a produção de força isométrica e isocinética em baixas e altas velocidades angulares (Cadore, Izquierdo, Conceicao *et al.*, 2012; Fukumoto, Ikezoe *et al.*, 2012). Portanto, um incremento na QM deve ser benéfico tanto para a produção de força máxima quanto para a produção de potência dessa população. O treinamento de força pode melhorar a *echo intensity* muscular (Radaelli, Botton *et al.*, 2013), mas nenhum estudo conhecido investigou a influência do TC na QM. Nessa investigação, redução significativa da *echo intensity* do RF foi observada em ambos os grupos. Acredita-se que a melhora na QM pode indicar uma redução da quantidade de lipídios intramuscular. Assim, o TC parece ser eficiente para melhorar a composição muscular de idosos, mas a repercussão prática desse resultado ainda precisa ser mais investigada.

A redução da capacidade de produção de força e potência que ocorre com o envelhecimento prejudica o desempenho em tarefas funcionais e aumenta o risco de idosos sofrerem quedas (Lang, Streeper *et al.*, 2010). À medida que envelhecem, as pessoas apresentam menor equilíbrio postural (Izquierdo, Aguado *et al.*, 1999) e pior desempenho em testes funcionais, como levantar da cadeira e percorrer um percurso no menor tempo possível (Rikli e Jones, 1999). O TF é capaz de aumentar o desempenho funcional por meio de incrementos na força e potência muscular (Taaffe, Duret *et al.*, 1999; Bottaro, Machado *et al.*, 2007). Entretanto, nenhum trabalho conhecido que investigou o efeito da ordem do TC realizou testes funcionais em idosos. Nessa dissertação ambos os grupos melhoraram o desempenho de levantar da cadeira. De forma similar Taaffe, Duret *et al.* (1999) observaram melhora de 19,5 a 30,2% no tempo para levantar 5 vezes da cadeira em homens e mulheres idosos que praticaram o TF com diferentes frequências semanais. Já Bottaro, Machado, *et al.* (2007) encontraram incremento no número de repetições do teste de sentar e levantar apenas no grupo que executou o treinamento de potência.

Era esperado que o grupo A-F obteria menores incrementos na força e potência muscular e, conseqüentemente, melhora menos do que o grupo F-A nos

testes funcionais. Essa não foi encontrado, tendo em vista que ambos os grupos apresentaram melhora semelhante no teste de sentar e levantar. Isso provavelmente ocorreu porque os ganhos de força e potência dos dois grupos desse estudo foram similares. Em relação ao teste *get up and go* nenhum grupo melhorou o desempenho no após as 12 semanas de TC, embora investigações prévias demonstrarem que o TF de alta e baixa intensidade pode reduzir o tempo para percorrer curtas distâncias (Fatouros, Kambas *et al.*, 2005; Sousa e Sampaio, 2005).

Uma possível justificativa é que os voluntários dessa pesquisa, embora sedentários, possuíam bom desempenho funcional. Já foi reportado aumento da força e potência de idosos com bom desempenho funcional sem que ocorresse melhora nos testes funcionais (Earles, Judge e Gunnarsson, 2001). Além disso, estudos prévios que demonstraram melhora no teste *get up and go* com o TF investigaram indivíduos mais velhos com menor capacidade funcional do que os de presente estudo (Fatouros, Kambas *et al.*, 2005). Valores normativos para o teste *8-foot get up and go* classificam indivíduos que percorrem os 4,88 metros do teste abaixo de 6 segundos como muito ativos (Rikli e Jones, 1999). No presente estudo os participantes eram capazes de completar o percurso de 6 metros do teste em ~5 segundos, o que demonstra que eles possuíam boa capacidade funcional inicial. Somado a isso, apesar do teste ter sido realizado caminhando, muitos voluntários eram capazes de correr pelo percurso. Dessa maneira especula-se que o nível de força e potência que eles possuíam antes do início do treinamento não era um fator limitante para a realização desse teste.

A capacidade cardiorrespiratória é um importante componente para a saúde (Hawkins e Wiswell, 2003). O envelhecimento causa redução do VO_{2pico} em aproximadamente 10% por década em indivíduos sedentários ou moderadamente ativos (Hawkins e Wiswell, 2003), o que pode ter efeitos deletérios na saúde vascular (Desouza, Shapiro *et al.*, 2000). A diminuição do VO_{2pico} com o envelhecimento está associada com mecanismos centrais, como diminuição da frequência cardíaca máxima e do débito cardíaco, e com fatores periféricos, como redução da massa corporal magra e na diferença arterio-venosa de oxigênio (Hawkins e Wiswell, 2003; Betik e Hepple, 2008). Já é bem conhecido que o TA e o TC com duração e frequência suficientes podem aumentar o VO_{2pico} de idosos, mas

o TF não causa grandes alterações nessa variável (Cadore, Pinto *et al.*, 2010; Karavirta, Häkkinen *et al.*, 2011).

Poucos estudos investigaram o efeito da ordem do TC no VO₂max. Em jovens os dados são controversos, com resultados não demonstrando haver influência da ordem do TC (Collins e Snow, 1993), outros mais favoráveis para a sequência F-A (Gravelle e Blessing, 2000), ou mais favoráveis para a ordem A-F (Chtara, Chamari *et al.*, 2005). Contudo, os dois últimos trabalhos apresentam algumas limitações. Estranhamente no estudo de Gravelle e Blessing (2000) o TC na ordem F-A não aumentou o VO₂max, mas TF isolado sim. O pequeno tamanho amostral utilizado (6 sujeitos para cada grupo de TC e 7 para o TF) limita a extrapolação dos resultados desse trabalho e a modalidade de exercício aeróbio investigada (remo) torna difícil a comparação com outros estudos. Os resultados de Chtara, Chamari *et al.* (2005) foram opostos, com o grupo A-F demonstrando maiores incrementos na capacidade aeróbia e em testes de pista (Chtara, Chamari *et al.*, 2005). Entretanto o VO₂max foi determinado em um teste inespecífico ao treinamento (cicloergômetro).

Nos artigos que investigaram idosos, a manipulação da ordem do TC não prejudicou os incrementos do VO₂pico (Cadore, Izquierdo, Alberton *et al.*, 2012; Cadore, Izquierdo, Pinto *et al.*, 2012). Já no presente estudo os voluntários não aumentaram o VO₂pico, independente do programa de TC utilizado. É possível que o estímulo gerado pelo exercício aeróbio nessa investigação tenha sido insuficiente para aumentar a capacidade aeróbia dessa população (Chodzko-Zajko, Proctor *et al.*, 2009), embora já tenha sido relatado que apenas duas sessões semanais de exercício executado a aproximadamente 50% da FC de reserva aumentou o VO₂pico de homens e mulheres com mais de 55 anos (Meijer, Westerterp e Verstappen, 2000) e que um programa de TC com menor intensidade que a utilizada no presente estudo incrementou o VO₂pico de homens de meia-idade (Schaun, Dipp *et al.*, 2011). Entretanto, vale ressaltar que o nível de significância do VO₂pico no fator tempo quase alcançou significância estatística (p=0,052), indicando uma tendência ao aumento dessa variável.

Embora o VO₂pico não tenha aumentado significativamente, a DMF da artéria braquial foi maior após as 12 semanas em ambos os grupos. A função endotelial se deteriora com o envelhecimento e homens apresentam esse prejuízo vascular anos antes que mulheres (Celermajer, Sorensen *et al.*, 1994), colocando-os em maior

risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Sendo assim, é importante desenvolver intervenções eficientes para combater a disfunção endotelial em homens idosos. O exercício físico, sobretudo o aeróbio, pode prevenir prejuízo na saúde vascular de idosos por aumentar a biodisponibilidade de NO (Jensen-Urstad, Bouvier e Jensen-Urstad, 1999; Desouza, Shapiro *et al.*, 2000). O NO não apenas causa a vasodilatação, mas também possui papel na proteção contra formação de trombo e da placa aterosclerótica por mecanismos como a inibição da agregação plaquetária, da proliferação e migração da musculatura lisa vascular e da adesão de monócitos (Ghiadoni, Taddei e Viridis, 2012).

Os mecanismos pelos quais o exercício pode melhorar a função endotelial são complexos e ainda não são completamente entendidos (Maiorana, O'driscoll *et al.*, 2003). Por exemplo, o exercício agudo causa incremento no fluxo sanguíneo para a região exercitada, o que aumenta o estresse de cisalhamento e estimula a produção de vasodilatadores dependentes do endotélio (Tinken, Thijssen *et al.*, 2010) e aumenta a expressão da eNOS (Sessa, Pritchard *et al.*, 1994). O exercício crônico também pode causar aumento das defesas antioxidantes, o que teria efeito benéfico na biodisponibilidade do NO por reduzir a reação das espécies reativas de oxigênio com o NO e a formação de peroxinitrito, e é capaz de reduzir os níveis de marcadores inflamatórios (Rush, Denniss e Graham, 2005; Francescomarino, Sciartilli *et al.*, 2009). Além desses, diversos outros mecanismos podem estar envolvidos. No presente estudo foi encontrado aumento dos níveis de HDL após os dois programas de TC. O HDL apresenta diversas ações na manutenção da função endotelial. Por exemplo, o HDL pode reduzir a oxidação do LDL no tecido subendotelial (Da Luz, Laurindo e Chagas, 2003) e pode agir diretamente na célula endotelial, reduzindo a expressão de moléculas de adesão induzida por citocinas (Clay, Pyle *et al.*, 2001). Por meio destes e de outros mecanismos o aumento nos níveis de HDL pode ajudar a explicar o incremento da função endotelial observada nessa pesquisa (Da Luz, Laurindo e Chagas, 2003).

Em indivíduos jovens a ordem do TC pode influenciar as adaptações vasculares, com a sequência A-F prejudicando os incrementos da função endotelial (Okamoto, Masuhara e Ikuta, 2007). Esses autores especularam que realizar o exercício aeróbio no início da sessão de TC prejudicaria secreção do hormônio do crescimento (Goto, Higashiyama *et al.*, 2005), o qual tem ação benéfica para a

função endotelial (Napoli, Guardasole *et al.*, 2003). Contudo, até o momento não era conhecido se o mesmo padrão de adaptação ocorreria em idosos. Os dados do presente estudo demonstram que para idosos, a ordem dos exercícios do TC não prejudica as adaptações ao mesmo. Isso provavelmente deve ocorrer devido aos reduzidos valores iniciais de DMF apresentados por essa população. De fato, o envelhecimento pode levar à disfunção endotelial e mesmo o exercício aeróbio de baixo volume e moderada intensidade pode incrementar a vasodilatação dependente do endotélio em homens de meia-idade (Schaun, Dipp *et al.*, 2011). Sendo assim, é provável que ambos os programas de TC empregados nesse estudo tenham gerado estímulo suficiente para causar adaptações em idosos.

A cronologia das adaptações endoteliais ao exercício aeróbio em jovens saudáveis foi descrita por Tinken, Thijssen, *et al.* (2008), os quais demonstraram que a DMF aumenta em períodos iniciais de TA e começa a reduzir a partir da sexta semana, ao passo que as adaptações estruturais aumentaram progressivamente durante as oito semanas da pesquisa. No presente estudo foi sugerido que idosos apresentariam cronologia diferente de adaptações, tendo em vista que essa população apresenta baixos valores iniciais de reatividade vascular. Os dados da presente investigação dão suporte a esse raciocínio, pois ambos os grupos de TC não melhoraram a DMF após seis semanas, mas incrementos significativos foram encontrados após 12 semanas. A melhora da função endotelial após programas de exercício físico já foi bem demonstrado em idosos e em populações que geralmente demonstram disfunção endotelial (Desouza, Shapiro *et al.*, 2000; Maiorana, O'driscoll *et al.*, 2001). Por outro lado resultados em jovens saudáveis são conflitantes (Thijssen, Maiorana *et al.*, 2010). Assim, é possível que indivíduos que apresentem disfunção endotelial aumentem a reatividade vascular com o treinamento até alcançarem níveis saudáveis.

A melhora da função endotelial é importante para prevenir o risco de doenças cardiovasculares (Rush, Denniss e Graham, 2005; Inaba, Chen e Bergmann, 2010) e os resultados dessa dissertação são relevantes para a prescrição do TC para idosos, pois reportam que qualquer ordem de exercícios pode ser utilizada para melhorar a saúde vascular dessa população.

Surpreendentemente a glicose plasmática de jejum aumentou nos dois grupos de treinamento. Esse resultado era inesperado já que, dependendo da condição

inicial dos sujeitos, o metabolismo de glicose pode ser melhorado ou não ser alterado com o exercício físico crônico (Boule, Weisnagel *et al.*, 2005). Os níveis de glicose de jejum podem ser elevados por 72h após uma sessão de exercício (Boule, Weisnagel *et al.*, 2005), o que poderia justificar o aumento da glicose no período pós-treinamento. Entretanto, no presente estudo as coletas de sangue foram realizadas entre 3-7 dias após a última sessão de exercício e, portanto, os valores de glicose de jejum não devem ter sido afetados pela última sessão de treinamento. Não foi possível encontrar uma justificativa fisiológica para esse resultado. Possíveis explicações baseiam-se em limitações metodológicas, como a falta do controle nutricional dos voluntários.

O presente estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Embora a amostra estudada tenha sido de idosos que não praticavam exercício físico regular, não foi aplicado um questionário para avaliar os níveis de atividade física. Portanto não foi possível determinar se os voluntários dos dois grupos de treinamento possuíam o mesmo nível inicial de atividade física. No mesmo sentido, o presente estudo não utilizou nenhum instrumento para realizar o acompanhamento nutricional dos participantes ao longo do período experimental e diferenças e alterações no padrão nutricional podem ter influenciado os resultados. Também é importante considerar a inclusão de indivíduos hipertensos controlados para analisar os resultados da DMF. Sabe-se que o tratamento farmacológico para hipertensão pode melhorar a função endotelial (Ghiadoni, Taddei e Virdis, 2012) e não é possível afirmar categoricamente que as alterações na DMF dos voluntários hipertensos ocorreram unicamente pelo treinamento. Nessa perspectiva, falta de um grupo controle com voluntários hipertensos e normotensos é um fator limitante desse estudo. Por fim, os resultados desse estudo são limitados ao TC. A falta de um grupo de TF isolado não permite afirmar se o efeito da interferência esteve ou não presente nos dois grupos de TC e, portanto, esse tema ainda precisa ser mais investigado.

CONCLUSÕES

O TC é capaz de melhorar as capacidades neuromusculares de idosos. Quando o TC é realizado duas vezes por semana e os exercícios de força são praticados de maneira similar ao treino de potência, a manipulação da ordem dos exercícios de força e aeróbio não parece afetar os ganhos de força, potência, ativação muscular e adaptações morfológicas musculares de idosos. O mesmo ocorre para adaptações funcionais, embora indivíduos ativos que não apresentem limitações para realizar tarefas do dia a dia provavelmente demonstrem pequenas melhoras em testes funcionais.

Duas sessões semanais de TC durante três meses, com o exercício aeróbio de moderado volume e intensidade, talvez não melhore a capacidade aeróbia máxima de homens idosos, mas é capaz de melhorar a saúde vascular e aumentar os níveis plasmáticos de HDL desses indivíduos. A melhora no perfil lipídico e da função endotelial possibilita a redução do risco do desenvolvimento de doenças cardiovasculares, como a aterosclerose. Entretanto, é possível que o TC afete negativamente a glicose plasmática, fato que ainda deve ser confirmado.

Juntos, esses resultados demonstram que realizar o TC é uma intervenção eficiente para melhorar a saúde geral de idosos e manipular a ordem do TC não parece ser importante nas adaptações neuromusculares, cardiovasculares e funcionais, quando exercícios de potência e exercícios aeróbios de moderado volume e duração são praticados na mesma sessão de treinamento, duas vezes por semana.

REFRÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AAGAARD, P. et al. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **J Appl Physiol**, v. 93, n. 4, p. 1318-26, 2002.

ANDERSEN, L. L.; AAGAARD, P. Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. **Eur J Appl Physiol**, v. 96, n. 1, p. 46-52, 2006.

ANDERSEN, L. L. et al. Early and late rate of force development: Differential adaptive responses to resistance training? **Scand J Med Sci Sports**, v. 20, n. 1, 2010.

ANDRADE, R. M.; MATSUDO, S. M. M. Correlation Between Explosive Strength and Muscular Power With Functional Capacity in the Aging Process. **Braz J Sport Med**, v. 16, n. 5, p. 344-348, 2010.

ARTS, I. M. et al. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. **Muscle Nerve**, v. 41, n. 1, p. 32-41, 2010.

ATHERTON, P. J. et al. Selective activation of AMPK-PGC-1 α or PKB-TSC2-mTOR signaling can explain specific adaptive responses to endurance or resistance training-like electrical muscle stimulation. **FASEB J**, v. 19, n. 7, p. 786-788, 2005.

BABAULT, N. et al. Effect of quadriceps femoris muscle length on neural activation during isometric and concentric contractions. **J Appl Physiol**, v. 94, n. 3, p. 983-90, 2003.

BELL, G. J. et al. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. **Eur J Appl Physiol**, v. 81, n. 5, p. 418-27, 2000.

BENTO, P. C. et al. Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. **Clin Biomech (Bristol, Avon)**, v. 25, n. 5, p. 450-4, 2010.

BETIK, A. C.; HEPPLER, R. T. Determinants of VO₂ max decline with aging: an integrated perspective. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 33, n. 1, p. 130-40, 2008.

BLACK, M. A. et al. Importance of measuring the time course of flow-mediated dilatation in humans. **Hypertension**, v. 51, n. 2, p. 203-10, 2008.

BLAZEVICH, A. J. Effects of physical training and detraining, immobilisation, growth and aging on human fascicle geometry. **Sports Med**, v. 36, n. 12, p. 1003-17, 2006.

BLAZEVICH, A. J. et al. Anatomical predictors of maximum isometric and concentric knee extensor moment. **Eur J Appl Physiol**, v. 105, n. 6, p. 869-78, 2009.

- BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 50, n. 2, p. 273-82, 1983.
- BOTTARO, M. et al. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. **Eur J Appl Physiol**, v. 99, n. 3, p. 257-64, 2007.
- BOULE, N. G. et al. Effects of exercise training on glucose homeostasis: the HERITAGE Family Study. **Diabetes Care**, v. 28, n. 1, p. 108-14, 2005.
- BREEN, L.; PHILLIPS, S. M. Skeletal muscle protein metabolism in the elderly: Interventions to counteract the 'anabolic resistance' of ageing. **Nutr Metab (Lond)**, v. 8, n. 1, p. 68, 2011.
- BRILL, P. A. et al. Muscular strength and physical function. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 2, p. 412-416, 2000.
- CADORE, E. L. et al. Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. **Exp Gerontol**, v. 47, n. 2, p. 164-9, 2012.
- CADORE, E. L. et al. Echo intensity is associated with skeletal muscle power and cardiovascular performance in elderly men. **Exp Gerontol**, v. 47, n. 6, p. 473-8, 2012.
- CADORE, E. L. et al. Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. **Age (Dordr)**, 2012.
- CADORE, E. L. et al. Physiological effects of concurrent training in elderly men. **Int J Sports Med**, v. 31, n. 10, p. 689-697, 2010.
- CAMERA, D. M. et al. Early time course of Akt phosphorylation after endurance and resistance exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 10, p. 1843-52, 2010.
- CASEROTTI, P. et al. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: Changes in rapid muscle force, strength and power. **Scand J Med Sci Sports**, v. 18, n. 6, p. 773-782, 2008.
- CELERMAJER, D. S. et al. Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis. **Lancet**, v. 340, n. 8828, p. 1111-1115, 1992.
- CELERMAJER, D. S. et al. Aging is associated with endothelial dysfunction in healthy men years before the age-related decline in women. **J Am Coll Cardiol**, v. 24, n. 2, p. 471-476, 1994.

CHELLY, M. S. et al. Comparison of muscle mechanical and histochemical properties between young and elderly subjects. **Int J Sports Med**, v. 27, n. 11, p. 885-893, 2006.

CHODZKO-ZAJKO, W. J. et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 7, p. 1510-30, 2009.

CHTARA, M. et al. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. **Br J Sports Med**, v. 39, n. 8, p. 555-60, 2005.

CHTARA, M. et al. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. **J Strength Cond Res**, v. 22, n. 4, p. 1037-45, 2008.

CLAY, M. A. et al. Time sequence of the inhibition of endothelial adhesion molecule expression by reconstituted high density lipoproteins. **Atherosclerosis**, v. 157, n. 1, p. 23-9, 2001.

COLLINS, M. A.; SNOW, T. K. Are adaptations to combined endurance and strength training affected by the sequence of training? **J Sports Sci**, v. 11, n. 6, p. 485-91, 1993.

CONLEY, K. E.; JUBRIAS, S. A.; ESSELMAN, P. C. Oxidative capacity and ageing in human muscle. **J Physiol**, v. 526 Pt 1, p. 203-10, 2000.

CORREA, C. S. et al. 3 Different types of strength training in older women. **Int J Sports Med**, v. 33, n. 12, p. 962-9, 2012.

CREDEUR, D. P.; HOLLIS, B. C.; WELSCH, M. A. Effects of handgrip training with venous restriction on brachial artery vasodilation. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 7, p. 1296-1302, 2010.

CUTHBERTSON, D. et al. Anabolic signaling deficits underlie amino acid resistance of wasting, aging muscle. **FASEB J**, v. 19, n. 3, p. 422-4, 2005.

DA LUZ, P. L.; LAURINDO, F. R. M.; CHAGAS, A. C. P. **Endotélio & Doenças Cardiovasculares**. 1. Atheneu 2003. 412 ISBN 8573796022.

DE SOUZA, E. O. et al. Molecular adaptations to concurrent training. **Int J Sports Med**, v. 34, n. 3, p. 207-13, 2013.

DEKERLE, J. et al. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **Eur J Appl Physiol**, v. 89, n. 3-4, p. 281-8, 2003.

DELDICQUE, L.; THEISEN, D.; FRANCAUX, M. Regulation of mTOR by amino acids and resistance exercise in skeletal muscle. **Eur J Appl Physiol**, v. 94, n. 1-2, p. 1-10, 2005.

DESOUZA, C. A. et al. Regular aerobic exercise prevents and restores age-related declines in endothelium-dependent vasodilation in healthy men. **Circulation**, v. 102, n. 12, p. 1351-1357, 2000.

DI MASSIMO, C. et al. Impaired plasma nitric oxide availability and extracellular superoxide dismutase activity in healthy humans with advancing age. **Life Sci**, v. 78, n. 11, p. 1163-1167, 2006.

DOGRA, S.; SPENCER, M. D.; DONALD, H. P. Higher cardiorespiratory fitness in older trained women is due to preserved stroke volume. **J Sports Sci Med**, v. 11, p. 747-750, 2012.

DOSHI, S. N. et al. Flow-mediated dilatation following wrist and upper arm occlusion in humans: The contribution of nitric oxide. **Clin Sci (Lond)**, v. 101, n. 6, p. 629-635, 2001.

DUDLEY, G. A.; DJAMIL, R. Incompatibility of endurance- and strength-training modes of exercise. **J Appl Physiol**, v. 59, n. 5, p. 1446-1451, 1985.

EARLES, D. R.; JUDGE, J. O.; GUNNARSSON, O. T. Velocity training induces power-specific adaptations in highly functioning older adults. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 82, n. 7, p. 872-8, 2001.

ESKURZA, I. et al. Effect of acute and chronic ascorbic acid on flow-mediated dilatation with sedentary and physically active human ageing. **J Physiol**, v. 556, n. 1, p. 315-324, 2004.

ESKURZA, I. et al. Tetrahydrobiopterin augments endothelium-dependent dilatation in sedentary but not in habitually exercising older adults. **J Physiol**, v. 568, n. 3, p. 1057-1065, 2005.

FATOUROS, I. G. et al. Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent. **Br J Sports Med**, v. 39, n. 10, p. 776-80, 2005.

FIATARONE, M. A. et al. High-intensity strength training in nonagenarians. **JAMA**, v. 263, n. 22, p. 3029-3034, 1990.

FIELD, A. **Descobrimos a estatística usando o SPSS**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 688 p. ISBN 978-85-363-1927-8.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 3. Porto Alegre: Artmed, 2006. 376

FOLDVARI, M. et al. Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 55, n. 4, 2000.

FRANCESCOMARINO, S. D. et al. The effect of physical exercise on endothelial function. **Sports Med**, v. 39, n. 10, p. 797-812, 2009.

FRANZONI, F. et al. Physical activity, plasma antioxidant capacity, and endothelium-dependent vasodilation in young and older men. **Am J Hypertens**, v. 18, n. 4, p. 510-516, 2005.

FRONTERA, W. R. et al. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 4, p. 1321-6, 2000.

FUKUMOTO, Y. et al. Skeletal muscle quality assessed from echo intensity is associated with muscle strength of middle-aged and elderly persons. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 4, p. 1519-25, 2012.

GHIADONI, L.; TADDEI, S.; VIRDIS, A. Hypertension and endothelial dysfunction: therapeutic approach. **Curr Vasc Pharmacol**, v. 10, n. 1, p. 42-60, 2012.

GIELEN, S.; HAMBRECHT, R. Treatment strategies in endothelial dysfunction: Physical exercise versus pharmacological therapy. **Eur J Cardiovasc Prev Rehabil**, v. 12, n. 4, p. 318-320, 2005.

GLOWACKI, S. P. et al. Effects of resistance, endurance, and concurrent exercise on training outcomes in men. **Med Sci Sports Exerc**, v. 36, n. 12, p. 2119-27, 2004.

GOODPASTER, B. H. et al. Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The Health ABC Study. **J Appl Physiol**, v. 90, n. 6, p. 2157-65, 2001.

GOODPASTER, B. H. et al. Skeletal muscle attenuation determined by computed tomography is associated with skeletal muscle lipid content. **J Appl Physiol**, v. 89, n. 1, p. 104-10, 2000.

GOODPASTER, B. H. et al. Association between regional adipose tissue distribution and both type 2 diabetes and impaired glucose tolerance in elderly men and women. **Diabetes Care**, v. 26, n. 2, p. 372-9, 2003.

GOTO, C. et al. Effect of different intensities of exercise on endothelium-dependent vasodilation in humans: role of endothelium-dependent nitric oxide and oxidative stress. **Circulation**, v. 108, n. 5, p. 530-5, 2003.

GOTO, K. et al. Prior endurance exercise attenuates growth hormone response to subsequent resistance exercise. **Eur J Appl Physiol**, v. 94, n. 3, p. 333-8, 2005.

GRAVELLE, B. L.; BLESSING, D. L. Physiological Adaptation in Women Concurrently Training for Strength and Endurance. **J Strength Cond Res**, v. 14, n. 1, p. 5-13, 2000.

GREEN, D. J. et al. Effect of exercise training on endothelium-derived nitric oxide function in humans. **J Physiol**, v. 561, n. 1, p. 1-25, 2004.

GRIFFIN, L.; CAFARELLI, E. Resistance training: Cortical, spinal and motor unit adaptations. **Can J Appl Physiol**, v. 30, n. 3, p. 328-340, 2005.

HÄKKINEN, K. et al. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. **Eur J Appl Physiol**, v. 83, n. 1, p. 51-62, 2000.

HÄKKINEN, K. et al. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. **Eur J Appl Physiol**, v. 89, n. 1, p. 42-52, 2003.

HARRIDGE, S. D. R.; KRYGER, A.; STENSGAARD, A. Knee extensor strength, activation, and size in very elderly people following strength training. **Muscle Nerve**, v. 22, n. 7, p. 831-839, 1999.

HAUTIER, C.; BONNEFOY, M. Training for older adults. **Ann Readapt Med Phys**, v. 50, n. 6, p. 475-479, 2007.

HAWKINS, S.; WISWELL, R. Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: implications for exercise training. **Sports Med**, v. 33, n. 12, p. 877-88, 2003.

HAWLEY, J. A. Molecular responses to strength and endurance training: Are they incompatible? **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 34, n. 3, p. 355-361, 2009.

HENNESSY, L. C.; WATSON, A. W. S. The Interference Effects of Training for Strength and Endurance Simultaneously. **J Strength Cond Res**, v. 8, n. 1, p. 12-19, 1994.

HERRERA, M. D. et al. Endothelial dysfunction and aging: An update. **Ageing Res Rev**, v. 9, n. 2, p. 142-152, 2010.

HICKSON, R. C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 45, n. 2-3, p. 255-263, 1980.

HOLVIALA, J. et al. Effects of strength, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 4, p. 1335-47, 2012.

HUNTER, G.; DEMMENT, R.; MILLER, D. Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 27, n. 3, p. 269-75, 1987.

INABA, Y.; CHEN, J. A.; BERGMANN, S. R. Prediction of future cardiovascular outcomes by flow-mediated vasodilatation of brachial artery: a meta-analysis. **Int J Cardiovasc Imaging** v. 26, n. 6, p. 631-640, 2010.

IZQUIERDO, M. et al. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 79, n. 3, p. 260-267, 1999.

IZQUIERDO, M. et al. Once Weekly Combined Resistance and Cardiovascular Training in Healthy Older Men. **Med Sci Sports Exerc**, v. 36, n. 3, p. 435-443, 2004.

JANSSEN, I.; HEYMSFIELD, S. B.; ROSS, R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. **J Am Geriatr Soc**, v. 50, n. 5, p. 889-96, 2002.

JENSEN-URSTAD, K.; BOUVIER, F.; JENSEN-URSTAD, M. Preserved vascular reactivity in elderly male athletes. **Scand J Med Sci Sports** v. 9, n. 2, p. 88-91, 1999.

JONES, C. J.; RIKLI, R. E.; BEAM, W. C. A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. **Res Q Exerc Sport**, v. 70, n. 2, p. 113-119, 1999.

KARAVIRTA, L. et al. Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40-67-year-old men. **Scand J Med Sci Sports**, v. 21, n. 3, p. 402-11, 2011.

KAWANO, H. et al. Effect of combined resistance and aerobic training on reactive hyperemia in men. **J Physiol Sci**, v. 59, n. 6, p. 457-464, 2009.

KINGWELL, B. A. et al. Enhanced vasodilation to acetylcholine in athletes is associated with lower plasma cholesterol. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**, v. 39, n. 6, 1996.

KOJDA, G.; HAMBRECHT, R. Molecular mechanisms of vascular adaptations to exercise. Physical activity as an effective antioxidant therapy? **Cardiovasc Res**, v. 67, n. 2, p. 187-197, 2005.

KORHONEN, M. T. et al. Biomechanical and skeletal muscle determinants of maximum running speed with aging. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 4, p. 844-56, 2009.

KRAEMER, W. J. et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, n. 2, p. 364-80, 2002.

KRAEMER, W. J. et al. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. **J Appl Physiol**, v. 78, n. 3, p. 976-989, 1995.

KUMAR, V. et al. Age-related differences in the dose-response relationship of muscle protein synthesis to resistance exercise in young and old men. **J Physiol**, v. 587, n. 1, p. 211-217, 2009.

- LANG, T. et al. Sarcopenia: Etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. **Osteoporos Int**, v. 21, n. 4, p. 543-559, 2010.
- LAROCHE, D. P. et al. Rapid torque development in older female fallers and nonfallers: A comparison across lower-extremity muscles. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 20, n. 3, p. 482-488, 2010.
- LEPERS, R. et al. Neuromuscular fatigue during a long-duration cycling exercise. **J Appl Physiol**, v. 92, n. 4, p. 1487-1493, 2002.
- LEVERITT, M.; ABERNETHY, P. J. Acute Effects of High-Intensity Endurance Exercise on Subsequent Resistance Activity. **J Strength Cond Res**, v. 13, n. 1, p. 47-51, 1999.
- LEVERITT, M. et al. Concurrent strength and endurance training. A review. **Sports Med**, v. 28, n. 6, p. 413-427, 1999.
- LOMBARDI, V. P. **Beginning weight training : the safe and effective way** Dubuque: W.C. Brown, 1989. ISBN 0697106969 (pbk.).
- LYNCH, N. A. et al. Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. **J Appl Physiol**, v. 86, n. 1, p. 188-194, 1999.
- MAIORANA, A. et al. The effect of combined aerobic and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. **J Am Coll Cardiol**, v. 38, n. 3, p. 860-866, 2001.
- MAIORANA, A. et al. Exercise and the Nitric Oxide Vasodilator System. **Sports Med**, v. 33, n. 14, p. 1013-1035, 2003.
- MCCARTHY, J. P.; POZNIAK, M. A.; AGRE, J. C. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, n. 3, p. 511-9, 2002.
- MEIJER, E. P.; WESTERTERP, K. R.; VERSTAPPEN, F. T. Effect of exercise training on physical activity and substrate utilization in the elderly. **Int J Sports Med**, v. 21, n. 7, p. 499-504, 2000.
- MOYNA, N. M.; THOMPSON, P. D. The effect of physical activity on endothelial function in man. **Acta Physiol Scand**, v. 180, n. 2, p. 113-123, 2004.
- MURIAS, J. M.; KOWALCHUK, J. M.; PATERSON, D. H. Time course and mechanisms of adaptations in cardiorespiratory fitness with endurance training in older and young men. **J Appl Physiol**, v. 108, n. 3, p. 621-7, 2010.
- MURPHY, A. J. et al. Isometric assessment of muscular function: The effect of joint angle. **J Appl Biomech**, v. 11, n. 2, p. 205-215, 1995.

NAPOLI, R. et al. Acute effects of growth hormone on vascular function in human subjects. **J Clin Endocrinol Metab**, v. 88, n. 6, p. 2817-20, 2003.

NARICI, M. V.; MAFFULLI, N. Sarcopenia: Characteristics, mechanisms and functional significance. **Br Med Bull**, v. 95, n. 1, p. 139-159, 2010.

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 Occup Physiol**, v. 59, n. 4, p. 310-9, 1989.

NELSON, A. G. et al. Consequences of combining strength and endurance training regimens. **Phys Ther**, v. 70, n. 5, p. 287-294, 1990.

NEWTON, R. U. et al. Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, n. 8, p. 1367-75, 2002.

OKAMOTO, T.; MASUHARA, M.; IKUTA, K. Combined aerobic and resistance training and vascular function: Effect of aerobic exercise before and after resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 103, n. 5, p. 1655-1661, 2007.

OLSON, T. P. et al. Moderate resistance training and vascular health in overweight women. **Med Sci Sports Exerc**, v. 38, n. 9, p. 1558-64, 2006.

PANSARASA, O. et al. Resistance training of long duration modulates force and unloaded shortening velocity of single muscle fibres of young women. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 19, n. 5, p. e290-300, 2009.

PEREIRA, M. P.; GONCALVES, M. Muscular coactivation (CA) around the knee reduces power production in elderly women. **Arch Gerontol Geriatr**, v. 52, n. 3, p. 317-21, 2011.

PIJNAPPELS, M. et al. Tripping without falling; lower limb strength, a limitation for balance recovery and a target for training in the elderly. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 18, n. 2, p. 188-196, 2008.

PIJNAPPELS, M. et al. Identification of elderly fallers by muscle strength measures. **Eur J Appl Physiol**, v. 102, n. 5, p. 585-592, 2008.

PILLEN, S.; VAN ALFEN, N. Skeletal muscle ultrasound. **Neurol Res**, v. 33, n. 10, p. 1016-24, 2011.

PIZZIGALLI, L. et al. Prevention of Falling Risk in Elderly People: The Relevance of Muscular Strength and Symmetry of Lower Limbs in Postural Stability. **J Strength Cond Res**, v. 24, 2010.

RADAELLI, R. et al. Low- and high-volume strength training induces similar neuromuscular improvements in muscle quality in elderly women. **Exp Gerontol**, v. 48, n. 8, p. 710-716, 2013.

RAKOBOWCHUK, M. et al. Endothelial function of young healthy males following whole body resistance training. **J Appl Physiol**, v. 98, n. 6, p. 2185-2190, 2005.

REZNICK, R. M.; SHULMAN, G. I. The role of AMP-activated protein kinase in mitochondrial biogenesis. **J Physiol**, v. 574, n. Pt 1, p. 33-9, 2006.

RICARD, M. D. et al. Effects of rate of force development on EMG amplitude and frequency. **Int J Sports Med**, v. 26, n. 1, p. 66-70, 2005.

RIKLI, R. E.; JONES, C. J. Development and validation of a functional fitness test for community- residing older adults. **J Aging Phys Act**, v. 7, n. 2, p. 129-161, 1999.

ROSENBERG, I. H. Sarcopenia: origins and clinical relevance. **J Nutr**, v. 127, n. 5 Suppl, p. 990S-991S, 1997.

RUSH, J. W. E.; DENNISS, S. G.; GRAHAM, D. A. Vascular nitric oxide and oxidative stress: Determinants of endothelial adaptations to cardiovascular disease and to physical activity. **Can J Appl Physiol**, v. 30, n. 4, p. 442-474, 2005.

SAHALY, R. et al. Maximal voluntary force and rate of force development in humans - Importance of instruction. **Eur J Appl Physiol**, v. 85, n. 3-4, p. 345-350, 2001.

SALE, D. G. Neural adaptation to resistance training. **Med Sci Sports Exerc**, v. 20, n. 5 Suppl, p. S135-45, 1988.

SALE, D. G. et al. Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. **Med Sci Sports Exerc**, v. 22, n. 3, p. 348-356, 1990.

SALE, D. G. et al. Interaction between concurrent strength and endurance training. **J Appl Physiol**, v. 68, n. 1, p. 260-270, 1990.

SCHAUN, M. I. et al. The effects of periodized concurrent and aerobic training on oxidative stress parameters, endothelial function and immune response in sedentary male individuals of middle age. **Cell Biochem Funct**, v. 29, n. 7, p. 534-42, 2011.

SESSA, W. C. et al. Chronic exercise in dogs increases coronary vascular nitric oxide production and endothelial cell nitric oxide synthase gene expression. **Circ Res**, v. 74, n. 2, p. 349-353, 1994.

SOUSA, N.; SAMPAIO, J. Effects of progressive strength training on the performance of the Functional Reach Test and the Timed Get-Up-and-Go Test in an elderly population from the rural north of Portugal. **Am J Hum Biol**, v. 17, n. 6, p. 746-51, 2005.

TAAFFE, D. R. et al. Once-weekly resistance exercise improves muscle strength and neuromuscular performance in older adults. **J Am Geriatr Soc**, v. 47, n. 10, p. 1208-1214, 1999.

TERZIS, G. et al. Resistance exercise-induced increase in muscle mass correlates with p70S6 kinase phosphorylation in human subjects. **Eur J Appl Physiol**, v. 102, n. 2, p. 145-152, 2008.

THIJSSSEN, D. H. et al. Impact of inactivity and exercise on the vasculature in humans. **Eur J Appl Physiol**, v. 108, n. 5, p. 845-75, 2010.

THIJSSSEN, D. H. J. et al. Assessment of flow-mediated dilation in humans: A methodological and physiological guideline. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**, v. 300, n. 1, p. H2-H12, 2011.

THOM, J. M. et al. Influence of muscle architecture on the torque and power-velocity characteristics of young and elderly men. **Eur J Appl Physiol**, v. 100, n. 5, p. 613-619, 2007.

TINKEN, T. M. et al. Time course of change in vasodilator function and capacity in response to exercise training in humans. **J Physiol**, v. 586, n. 20, p. 5003-5012, 2008.

TINKEN, T. M. et al. Shear stress mediates endothelial adaptations to exercise training in humans. **Hypertension**, v. 55, n. 2, p. 312-318, 2010.

VAN GUILDER, G. P. et al. Endothelin-1 vasoconstrictor tone increases with age in healthy men but can be reduced by regular aerobic exercise. **Hypertension**, v. 50, n. 2, p. 403-409, 2007.

VISSER, M. et al. Leg muscle mass and composition in relation to lower extremity performance in men and women aged 70 to 79: the health, aging and body composition study. **J Am Geriatr Soc**, v. 50, n. 5, p. 897-904, 2002.

VONA, M. et al. Effects of different types of exercise training followed by detraining on endothelium-dependent dilation in patients with recent myocardial infarction. **Circulation**, v. 119, n. 12, p. 1601-8, 2009.

WALLERSTEIN, L. F. et al. The influence of familiarization sessions on the stability of ramp and ballistic isometric torque in older adults. **J Aging Phys Act**, v. 18, n. 4, p. 390-400, 2010.

WILKINSON, S. B. et al. Differential effects of resistance and endurance exercise in the fed state on signalling molecule phosphorylation and protein synthesis in human muscle. **J Physiol**, v. 586, n. Pt 15, p. 3701-17, 2008.

ANEXO I - FICHA PARA ANAMNESE

Nome: _____ Telefone: _____ Data de nascimento: / /

Pressão arterial: _____ / _____ Peso: _____ Estatura: _____ IMC: _____

Pratica exercício físico regularmente?

- Sim. Qual? _____ Há quanto tempo? _____
- Não
- Praticava. Quando parou? _____

É fumante?

- Sim
- Não
- Parou. Há quanto tempo? _____

Possui:

- Artrite
- Asma ou bronquite
- Hérnia
- Diabetes
- Hipertensão arterial
- Doenças arterial coronariana
- Hipertiriodismo

- Hipotireoidismo
- Doenças hipofisárias
- Outra (outra doença cardiovascular, câncer, etc).

Qual? _____

Possui histórico familiar de:

- Diabetes
- Doenças cardiovasculares. Qual? _____

Atualmente possui acompanhamento médico?

- Sim
- Não

Utiliza algum medicamento, complemento ou suplemento alimentar?

- Sim. Qual/quais? _____
- Não

Tem conhecimento de seus níveis de colesterol sanguíneo?

- Sim. Como estão (elevados, limítrofes, desejáveis)? _____
- Não

Atualmente faz alguma dieta de restrição alimentar?

- Sim
- Não

ANEXO II – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____,

concordo voluntariamente em participar do estudo **“Efeito da ordem do treinamento concorrente nas adaptações neuromusculares, saúde vascular e capacidade funcional de homens idosos”**, que envolverá na participação de um de exercícios de força e aeróbio na mesma sessão de treinamento (denominado treinamento concorrente) ou a participação em um grupo que não executará exercício (grupo controle). Entendo que os testes que realizarei têm por objetivo avaliar as respostas sobre o desenvolvimento de força, potência muscular, alterações na massa muscular, saúde vascular e capacidade funcional de forma crônica. Assim como entendo que poderei fazer parte de qualquer um dos três grupos que vão compor o estudo: grupo de treinamento concorrente aeróbio-força (com o exercício aeróbio antes do de força), grupo de treinamento concorrente força-aeróbio (com o exercício de força antes do aeróbio) ou grupo controle (sem exercício).

Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido na Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (rua Felizardo, nº 750, bairro Jardim Botânico) , durante o período de 19 semanas, sob a coordenação do professor Ronei Silveira Pinto e executado pelo mestrando Eurico Nestor Wilhelm Neto, e autorizo a realização dos seguintes procedimentos:

Dispor-me da realização de duas coletas sanguíneas, efetuada por um coletador capacitado, pela veia antecubital (parte anterior do braço), para aquisição de aproximadamente 10 ml de sangue para a determinação do perfil lipídico antes e após as 12 semanas de treinamento.

Fazer-me responder um questionário específico sobre informações pessoais, histórico de atividade física e de saúde.

Participar aleatoriamente do grupo controle (que não executará exercício durante o período do estudo) ou de um dos grupos de treinamento concorrente, composto de exercícios aeróbios (ciclismo em bicicleta estacionária) e de força (“musculação”) para os membros superiores e inferiores durante período de 12 semanas, com frequência de duas sessões de treinamento semanais com ao menos 48 horas de intervalo entre as sessões de treinamento.

Evitar qualquer alteração abrupta nos meus níveis de atividade física, estilo de vida e dieta alimentar durante o período do estudo.

Passar por testes de ultra-sonografia muscular, ultra-sonografia vascular, testes de força máxima dinâmica (1RM) e isométrica (CIVM) de extensão dos joelhos, testes máximos em cicloergômetro, além de testes de saltos verticais, de sentar e levantar de uma cadeira, e de percorrer uma distância de 5 metros, antes e após as 12 semanas de treinamento. Além dos testes de ultra-sonografia vascular, teste de força dinâmica máxima de extensão dos joelhos e teste máximo em cicloergômetro após 6 semanas de treinamento.

Realizar testes para determinar as cargas iniciais de treino de força (15 repetições máximas) nos exercício de *leg press*, extensão dos joelhos, flexão dos joelhos, supino, puxada frontal, flexão de cotovelo com halteres e extensão de cotovelo na máquina.

Dispor-me à preparação da pele para a avaliação da eletromiografia de superfície, que inclui os seguintes procedimentos: raspagem dos pêlos, abrasão e limpeza com álcool nas regiões em que serão colocados os eletrodos. Estou ciente de que minha pele, com a raspagem dos pêlos e a abrasão e limpeza no local em que os eletrodos serão colocados, poderá ficar avermelhada e que esta vermelhidão da pele poderá permanecer por até dois dias. Além disso, estou ciente também de que poderei sentir leve ardência logo após este procedimento.

Dispor-me à fixação de eletrodos de superfície na região anterior da coxa e em cima do osso clavicular (parte da frente do tronco) para avaliação eletromiográfica, anteriormente e posteriormente ao período de treinamento.

Entendo que durante os testes de esforço poderá haver riscos, desconforto e cansaço muscular temporário, havendo possibilidade de mudanças de minha frequência cardíaca e pressão arterial durante os testes e período de treinamento. Entendo que, como em qualquer programa de treinamento físico, há possibilidade de lesões muscular durante o período de testes e treinamento. Porém, estou ciente que posso interromper os testes e o treinamento a qualquer momento, ao meu critério.

Entendo que terei minha participação excluída do estudo caso: Não participar de ao menos 20 sessões de treinamento ou apresente mais do que três faltas consecutivas;

Apresente limitações articulares que limitem a execução do programa de treinamento, podendo ou não colocar minha saúde em risco.

Entendo que tenho liberdade em recusar-me a participar ou retirar o consentimento em qualquer fase do estudo, sem sofrer penalização ou prejuízo e que não haverá qualquer compensação financeira pela minha participação no estudo, assim como, no caso de alguma lesão física resultante diretamente de minha participação.

Entendo que os dados relativos à minha pessoa serão confidenciais e disponíveis somente sob minha autorização escrita. Caso sejam publicados, os dados não serão associados a minha pessoa.

Entendo que, caso julgue ter havido a violação de algum dos meus direitos, poderei fazer contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, pelo telefone (51) 33083629.

Estou ciente de que um profissional capacitado para prestar pronto atendimento estará disponível durante os testes máximos e que a todos os momentos uma linha telefônica Assistência Médica de Emergência 192 estará disponível, assim como o professor Ronei Silveira Pinto e o mestrando Eurico Nestor Wilhelm Neto se responsabilizarão por possível assistência pós-testes, quando necessária. Eventuais dúvidas serão esclarecidas a qualquer momento através do telefone (51)33085845, pelo professor Ronei Silveira Pinto e pelo aluno de mestrado Eurico Nestor Wilhelm Neto.

Porto Alegre, _____ de _____ de _____.

Nome completo: _____

Assinatura : _____

ANEXO III – CARGAS DE 1RM E PT NA FAMILIARIZAÇÃO, AVALIAÇÃO PRÉ-TREINAMEN E PÓS-TREINAMENTO

Os valores de 1RM e de PT isométrico obtido na familiarização e nos testes pré e pós-treinamento são apresentados na tabela 9.

Tabela 9 - Valores de 1RM e PT isométrico nos diferentes dias de testes. Média±DP

| | Aeróbio-Força | | | Força-Aeróbio | | |
|----------|----------------|------------|------------|----------------|------------|------------|
| | Familiarização | Pré | Pós 12 | Familiarização | Pré | Pós 12 |
| 1RM (kg) | 24,5±7,3 | 27±6,5 | 31±45 | 23,0±7,0 | 25,3±7,4 | 28,8±7,7 |
| PT (N.m) | 190,0±38,4 | 209,2±40,9 | 236,4±40,6 | 195,3±39,8 | 228,0±45,0 | 240,0±49,5 |

1RM, uma repetição máxima; PT, pico de torque isométrico.