

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

**EFEITOS DE TRÊS DIFERENTES TIPOS DE TREINAMENTO DE FORÇA DAS
ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES E MORFOLÓGICAS NO DESEMPENHO
DE CAPACIDADES FUNCIONAIS EM MULHERES IDOSAS**

**CLEITON SILVA CORREA
ORIENTADOR: RONEI SILVEIRA PINTO
Porto Alegre, junho de 2011.**

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

CLEITON SILVA CORREA

**EFEITOS DE TRÊS DIFERENTES TIPOS DE TREINAMENTO DE FORÇA DAS
ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES E MORFOLÓGICAS NO DESEMPENHO
DE CAPACIDADES FUNCIONAIS EM MULHERES IDOSAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, ESEF- UFRGS como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência do Movimento Humano.

Orientador: Ronei Silveira Pinto.

Porto Alegre, junho de 2011.

Cleiton Silva Correa

**EFEITOS DE TRÊS DIFERENTES TIPOS DE TREINAMENTO DE FORÇA DAS
ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES E MORFOLÓGICAS NO DESEMPENHO
DE CAPACIDADES FUNCIONAIS EM MULHERES IDOSAS**

Comissão de Avaliação:

Prof. Dr. Álvaro Reischak de Oliveira - UFRGS

Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Krueel - UFRGS

Prof. Dr. Martim Bottaro - UNB

RESUMO

Os diferentes tipos de treinamento de força (TF) apresentam distintas adaptações do tecido muscular como o desenvolvimento de força máxima, potência e/ou força reativa muscular. Dentre estes tipos de TF, estão os treinamentos de força Tradicional, Treinamento de Potência e de Treinamento de Força Reativa, em que está presente o ciclo-alongamento-encurtamento (CAE). A habilidade de produzir força rapidamente requer a participação intensa das fibras do tipo IIX, condição esta frequentemente reduzida em mulheres idosas. A força rápida tem importância significativa para homens e mulheres de todas as idades, destacando-se ainda mais em mulheres idosas. A prescrição de um tipo de TF que melhor desenvolva as atividades de vida diária (AVD) é primordial para a manutenção da independência física e qualidade de vida de idosas. Assim o objetivo principal do trabalho foi avaliar e comparar as adaptações neuromusculares, morfológicas e funcionais em mulheres idosas submetidas a três tipos específicos de treinamento de força. Na revisão de literatura a metodologia embasou-se em pesquisa bibliográfica, utilizando artigos atuais e clássicos da literatura sobre TF em mulheres idosas (publicados, principalmente, a partir de 2000) selecionados nas bases de dados *Pubmed* e *Sportdiscus*, que comparassem e analisassem pelo menos dois tipos específicos de TF. No segundo estudo, 58 mulheres idosas saudáveis sem a prática de treinamento de força foram randomizadas em grupo experimental (GE, n= 41) e grupo controle (GC, n=17), e submetidas a seis semanas de treinamento de força resistente. Foram realizadas avaliações da qualidade muscular e sua correlação com os testes funcionais (sentar e levantar em 30s e *up foot and go*). Como resultado o GE apresentou incremento significativo na qualidade muscular do quadríceps (14,8%) com alta correlação com os testes funcionais sentar e levantar ($r=0,62$, $p< 0,001$) e *up foot and go* ($r= -0,72$, $p< 0,001$). O terceiro estudo o GC foi preservado e o grupo experimental foi dividido em Treinamento de Força Tradicional (GT, n=14), Treinamento de Potência (GP, n=13) e Treinamento de Força Reativa (GR, n=14). Foram realizadas avaliações do 1RM extensão de joelhos, espessura muscular, ativação, *onset* e tempo de reação muscular, taxa de produção de força e testes funcionais como o sentar e levantar e o salto com contra movimento. Como resultados, observou-se que o GR foi mais efetivo que os grupos GT e GP no *onset* muscular do RC, da taxa de produção de força (0-150 ms), no tempo de reação muscular e nos testes funcionais ($p< 0,05$). Dessa forma, conclui-se que o treinamento de força reativa é mais efetivo para o desenvolvimento da produção de força rápida do músculo que os outros tipos específicos de treinamento de força, e por consequência disto, melhor desenvolve as capacidades funcionais de mulheres idosas.

Palavras-chave: Treinamento de Força, Força Reativa, Capacidade Funcional, Mulheres Idosas.

ABSTRACT

Different strength training (ST) are associated with distinct muscle tissue responses that comprised maximum strength, power and/or reactive force. Among these different ST programmes there are traditional strength training (GT), power (GP) and reactive force (GR) which is present in stretch-shortening cycle (SSC). In this context, for fast force production is necessary that IIX type fibers being recruited, condition that to be seen decreasing among elderly women population. Furthermore, fast production of force has significant importance for all ages, however this condition could be considered more significant for elderly women population. Consequently, prescription of ST associated with improving activities of daily living (ADL) have been evidenced as an important pathway for physical independence, as well as, for elderly quality of life. Thus, the major aim of this study was to verify and compare neuromuscular, morphological and functional adaptations in a sample of elderly women which were submitted in three different ST programmes. The methodology used in the first study was a systematic literature review included classic studies about ST in this population. These studies were selected by two international scientific databases (Pubmed and Sportdiscus); were published since 2000 until now and to show a comparison between at least two different kinds of ST. For the second study, 58 inactive elderly women were randomized between control (GC=17) and experimental group (GE=41) and after submitted over a six weeks of ST. The relationship between muscle quality assessment with up foot and go and 30-second chair stand functional test was realized. Subjects included in GE showed significant improvement of quadriceps muscle quality (14.8%), as well as, muscle quality showed significant strong association with 30-second chair stand ($r=0.62$, $p<0.001$) and up foot and go ($r=-0.72$, $p<0.001$) functional tests. For the third study, the GC was maintained while GE was again randomized between GT (14), GP (13) and GR (14). 1 RM of knee extension, muscle thickness, activation, onset, reaction time, rate development force tests and working out as the sit and stand and countermovement jumps were measured. Results of this study showed that GR was more effective than GT and GP when comprised rectus thigh muscle onset, initial periods of production of strength rate, reaction time and muscle function tests ($p<0.05$). Finally, considering results of these studies we concluded that GR training was more effective when considered fast force production of muscle if compared with other specific ST programmes. Consequently this study suggests GR as a better ST programme for improving functional capacities in a sample of elderly women.

Keywords: Strength Training, Reactive Force, Functional Capacity, Elderly Women.

AGRADECIMENTOS

Aos professores **Álvaro Reischak de Oliveira, Luiz Fernando Martins Kruele e Martin Bottaro** pelas contribuições no desenvolvimento do presente projeto e pela avaliação final do mesmo.

Aos colegas da **sala 212** do LAPÉX, pela companhia amigável e apoio durante o período de mestrado. Especialmente aos colegas **Bruno Baroni e Fábio Juner Lamferdini** pela torcida e ajuda em momentos difíceis da minha jornada até a defesa de dissertação.

Aos colegas de grupo de treinamento de força, **Eurico Nestor Wilhelm Neto, Fabiano Lacerda e Régis Radaelli** pelas coletas e análises de dados e carinho comigo e com os indivíduos da minha amostra.

Aos professores **Luiz Fernando Martins Kruele e Eduardo Lusa Cadore** e a todos integrantes do grupo de pesquisas aquáticas e terrestres pela oportunidade de trabalho e confiança no meu crescimento acadêmico.

Ao professor **Eduardo Lusa Cadore** pelo apoio como amigo, professor e incentivador da minha carreira acadêmica, toda vitória minha também é vitória tua, obrigado por estar comigo principalmente nos momentos difíceis.

Ao professor e amigo **Ronei Silveira Pinto** pela oportunidade de trabalho, pela excelência na orientação em todas as etapas e atividades desenvolvidas durante o mestrado. Principalmente pela paciência, insistência comigo frente às dificuldades pessoais que tive durante meu processo de formação acadêmica e pelo grande exemplo de cidadão, caráter e postura de um grande educador físico. Para mim foi uma honra ter sido o primeiro orientando do senhor professor.

Aos meus amigos e irmãos do coração **Lucas, Ricardo, Márcio, Jáder** por nunca desistirem da nossa amizade e por sempre me procurarem mesmo na minha ausência.

Aos órgãos de fomento a pesquisa **CAPES-CNPQ** pelo financiamento do sonho acadêmico.

A minha namorada **Fernanda Figueiredo** a quem devo eterno agradecimento pela amizade e incentivo neste processo difícil de formação acadêmica.

A minha mãe a educadora **Teresinha de Jesus Silva Correa** pela minha educação e por ter sido minha amiga, mãe e pai ao mesmo tempo. Principalmente pelo exemplo de integridade, coragem e de respeito aos valores humanos que eu aprendi com a senhora, pois sem isso nada é possível na vida. Nas dificuldades nunca esqueci que sou filho de uma guerreira, tenho grande orgulho em ser teu filho.

"Nunca subestime um homem, ainda mais se este homem for um gaúcho"

Juca Tigre

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS:	iii
LISTA DE QUADROS:	v
LISTA DE TABELAS:	vi
LISTA DE FIGURAS:	vii
APRESENTAÇÃO	1
INTRODUÇÃO	3
OBJETIVOS:	5
1.1. Objetivo Geral:	5
1.2. Objetivos Específicos:	5
REVISÃO DE LITERATURA	6
1.3. Treinamento de Força Tradicional em Mulheres Idosas:	6
1.4. Treinamento de Potência Muscular em Mulheres Idosas:	8
1.5. Treinamento de Força Reativa em Mulheres Idosas:	14
1.6. Influência dos Diferentes Tipos de Treinamento de Força nas Capacidades Funcionais de Mulheres Idosas:	16
1.7. Aplicações Práticas:	19
CAPÍTULO I: EFEITOS DE SEIS SEMANAS DE TREINAMENTO DE FORÇA NA QUALIDADE MUSCULAR DE MULHERES IDOSAS E SUA CORRELAÇÃO COM TESTES FUNCIONAIS	20
2.1 Introdução:	20
2.2. Métodos:	21
Composição corporal:	22
2.3. Desenho Experimental:	22
Força Dinâmica Máxima (1RM):	23
Espessura Muscular (EM):	23
Qualidade Muscular (QM):	24
Testes Funcionais:	24
Sentar e Levantar em 30s:	24
Up Foot and Go:	25
2.4. Análise Estatística:	25
2.5. Resultados:	25

2.6. Discussão:	29
2.7. Referência:	33
CAPÍTULO II: EFEITOS DE TRÊS TIPOS DIFERENTES DE TREINAMENTO DE FORÇA NAS ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES E MORFOLÓGICAS NO DESEMPENHO FUNCIONAL DE MULHERES IDOSAS	36
3.1. Introdução:	36
3.2. Métodos:	38
3.3. Desenho Experimental:	38
Composição corporal:	40
Força Dinâmica Máxima (1RM):	40
Espessura Muscular (EM):	40
Ativação Muscular:	41
Tempo de Reação e Onset Muscular:	42
Taxa de Produção de Força (TPF):	43
Testes Funcionais:	43
Sentar e Levantar em 30s (SL):	43
Salto com contra movimento (CMJ):	44
3.4. Análise Estatística:	44
3.5. Resultados:	45
3.6. Discussão:	51
3.7. Referências:	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS:	59
REFERÊNCIAS:	62
ANEXO:	68

LISTA DE SIGLAS DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS:

%	Percentual
μ	Média
σ	Desvio Padrão
Δ	Percentual de Incremento
1RM	uma repetição máxima
A/D	Analógico Digital
ACSM	Colégio Americano de Medicina do Esporte
ATP	adenosina trifosfato
ATP-CP	Creatina-fosfato
AVD	atividade de vida diária
CAE	Ciclo Alongamento Encurtamento
CMJ	<i>Countermovement Jump</i>
CVIM	Contração Voluntária Isométrica Máxima
DC	densidade corporal
EJ	Extensão de Joelhos
EM	espessura muscular
EMG	eletromiografia
FR	Força Resistente
FT	Fibras Rápidas
GC	grupo controle
GE	grupo experimental
GP	grupo potência
GR	grupo força reativa
GT	grupo treinamento de força tradicional
Hz	Hertz
IIX	Fibras de contração rápida
l	Litros
kg	Quilogramas
LED	Diodo Emissor de Luz
m	Metros
MC	Massa Corporal
mg	Miligramas, unidade de medida de massa

MHz	megahertz
min	Minutos, unidade de medida de tempo
ml	Mililitros, unidade de medida de volume
mm	Milímetros
MM	Massa Magra
N	Newton
Nm	Newton*metro
OM	<i>Onset</i> Muscular
PM	Ponto Médio
QM	Qualidade Muscular
RC	Reto da coxa
RM	Repetições máxima (s)
RMS	<i>Root Mean Square</i>
RT	Tempo de Reação muscular
s	Segundo
SL	Sentar e Levantar em 30s
TF	Treinamento de Força
TFT	Treinamento de Força Tradicional
TM	Tempo Motor
TP	Treinamento de Potência
TPF	Taxa de Produção de Força
TR	Treinamento de força Reativa
V	Volts
VI	Vasto Intermédio
VL	Vasto Lateral
VM	Vasto Medial

LISTA DE QUADROS:

- Quadro 1. Capítulo I: Efeito do TF no tamanho e força do músculo quadríceps femoral em indivíduos idosos (as).p.11
- Quadro 2. Capítulo I: Estudos sobre o efeito de diferentes tipos de treinamento de força sobre a força máxima, potência e capacidades funcionais de idosos (as):.....p.11

LISTA DE TABELAS:

- Tabela 1. Capítulo II: Valores pré, pós e incrementos relativos ($\Delta\%$) do período de seis semanas de treinamento de força em Média \pm DP p.28
- Tabela 1. Capítulo III: Características físicas dos sujeitos pré e pós seis semanas de treinamentos de força específicos: p.48
- Tabela 2. Capítulo III: Valores pré e pós seis semanas de treinamento de força resistente das variáveis do estudo em Média \pm DP:..... p.48
- Tabela 3. Capítulo III: Valores pré e pós seis semanas de treinamentos de força específicos em média \pm DP:..... p.50

LISTA DE FIGURAS:

- Figura 1. Capítulo I: Proposta de ligações entre o desempenho nas capacidades funcionais, atividade física, fadiga, massa, força e potencia muscular com o aumento do risco de quedas e diminuição da qualidade de vida em mulheres idosas:..... p.17
- Figura 1. Capítulo II: Desenho experimental simplificado do estudo:..... p.24
- Figura 2. Capítulo II: Correlação dos incrementos ($\Delta\%$ Qualidade Muscular, Sentar e Levantar e *Up Foot and Go*) observadas após o período de treinamento:..... p.29
- Figura 1. Capítulo III: Desenho experimental simplificado do estudo:..... p.40
- Figura 2. Capítulo III: Valores em média \pm DP e $\Delta\%$ pré e pós seis semanas de treinamentos de força específicos: p.51

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação foi motivada pelo anseio de responder a seguinte questão: existem diferenças no desenvolvimento das adaptações neuromusculares e morfológicas no desempenho das capacidades funcionais em mulheres idosas submetidas a três tipos diferentes de treinamento de força? A busca pela resposta conduziu ao desenvolvimento de um período de intervenção de 12 semanas, com avaliações sendo realizados no Setor de Neuromuscular do Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) e os treinamentos na sala de musculação da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Assim, o conteúdo da presente dissertação é apresentado em dois capítulos.

Inicialmente com uma revisão de literatura a respeito das adaptações neuromusculares e morfológicas dos diferentes tipos de treinamento de força no desempenho funcional de mulheres idosas, sendo contemplados conceitos como Treinamento de Força Tradicional em Mulheres Idosas, Treinamento de Potência, Treinamento de Força Reativa, Influência dos Diferentes Tipos de Treinamento de Força nas Capacidades Funcionais de Mulheres Idosas, respectivamente. Este texto originou um artigo submetido e aceito para publicação no periódico Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento Humano (ANEXO A – Carta de Aceite).

Capítulo I: é apresentado em formato de artigo científico e descreve o experimento conduzido com o objetivo de verificar os efeitos de seis semanas de treinamento de força na qualidade muscular do músculo quadríceps femoral e sua correlação com os testes funcionais de sentar e levantar em 30s e o *up foot and go*. Este artigo está submetido para publicação no periódico *European Journal Applied of Physiology*.

O Capítulo II: é apresentado em formato de artigo científico e descreve o experimento conduzido com o objetivo de verificar os efeitos de três diferentes tipos de treinamentos de força nas adaptações neuromusculares, morfológicas e a sua ação sobre as capacidades funcionais em mulheres idosas, com os mesmos indivíduos do segundo estudo. Este artigo está submetido para publicação no periódico *Internacional Journal of Sports Medicine*.

Ao final do presente estudo, uma sessão sucinta e objetiva é dedicada a apresentação das principais conclusões obtidas a partir dos resultados dos dois experimentos desta dissertação.

INTRODUÇÃO

O envelhecimento biológico está associado a um declínio das funções neuromusculares e morfológicas, resultando em decréscimo da força máxima, potência e tempo de reação muscular (LAROUCHE *et al.*, 2008). Os fatores neurais incluem as alterações no padrão de recrutamento das unidades motoras, taxa de disparo e sincronização das unidades motoras (GRANACHER *et al.*, 2008). Os morfológicos são a diminuição da área de secção transversa e espessura, bem como a diminuição do número de fibras musculares, principalmente as do tipo IIX (STURNIEKS *et al.*, 2008), responsáveis pela produção de força rápida do músculo. Estes eventos afetam especificamente a musculatura de membros inferiores, particularmente das articulações do joelho e tornozelo (FRONTERA *et al.*, 1991).

O treinamento de força parece se constituir numa estratégia adequada para combater a sarcopenia (SAYERS, 2008), sobretudo por possibilitar a redução na velocidade de deterioração das fibras musculares, além de aumentar a sua força, melhorar o equilíbrio corporal e a qualidade muscular (QM). A QM se refere à força produzida por unidade de massa muscular ativada, e fornece uma estimativa da contribuição da hipertrofia do músculo e os fatores neuromusculares associados às mudanças na força. Constitui-se em um método não invasivo e um parâmetro de avaliação importante para indivíduos idosos, uma vez que com o processo de envelhecimento há expressiva redução na estrutura muscular e função neuromuscular dos membros inferiores desta população (TRACY *et al.* 1999).

O impacto do envelhecimento no sistema neuromuscular difere não somente em termos de grupos musculares e tipo de contração estudada (BOTTARO *et al.*, 2007; CASEROTTI *et al.*, 2008a), mas também no tempo de início da produção de força (*onset* muscular) (LAROUCHE *et al.*, 2007; 2008; 2009). Dados recentes indicam

que o envelhecimento diminui a capacidade de produção de força explosiva e reativa mais do que a produção de força máxima (SAYERS, 2008).

A capacidade de produção de força máxima e/ou explosiva tem impacto importante nas atividades de vida diária (AVD) (RIKKLI 2000), como sentar e levantar de uma cadeira ou subir um lance de escadas, sendo estas tarefas dependentes do tempo de reação muscular (GRANACHER *et al.*, 2009; 2010; MACALUSO & DE VITO, 2004). Neste sentido, a habilidade de produção de força reativa é vital e pode servir como um mecanismo preventivo nas quedas em idosos (HUNTER, 2004).

A simples adoção do treinamento de força (TF) de forma regular e sistemática, apresenta uma redução na velocidade com que as fibras musculares se deterioram, melhora o equilíbrio, e aumenta a potência do músculo (SAYERS, 2008; STURNIEKS *et al.*, 2008).

A carência de dados na literatura a respeito da comparação das adaptações neuromusculares e morfológicas nas capacidades funcionais em mulheres idosas, motivou a elaboração do presente projeto de pesquisa, que se faz importante para auxiliar na investigação da prescrição de qual tipo de TF, seja ele o treinamento de força tradicional (TFT), treinamento de potência (TP) ou o treinamento de força reativa (TR) com a utilização do ciclo-alongamento-encurtamento (CAE), melhor desenvolva as principais manifestações da força muscular como força máxima, potência e tempo de reação de membros inferiores e o seu envolvimento nas capacidades funcionais, que são fundamentais para mulheres idosas, segundo recomendações do Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, 1998). Baseado nas justificativas supracitadas surge o seguinte problema:

Existem diferenças no desenvolvimento das adaptações neuromusculares e morfológicas no desempenho das capacidades funcionais em mulheres idosas submetidas a três tipos diferentes de treinamento de força?

OBJETIVOS:

1.1. Objetivo Geral:

O objetivo do presente projeto é comparar as adaptações neuromusculares e morfológicas no desempenho funcional em mulheres idosas submetidas a três tipos diferentes de treinamento de força.

1.2. Objetivos Específicos:

- Comparar os efeitos de três tipos diferentes de treinamento de força nas adaptações neuromusculares do músculo quadríceps femoral em mulheres idosas após 12 semanas de treinamento.
- Comparar os efeitos de três tipos diferentes de treinamento de força nas adaptações morfológicas do músculo quadríceps femoral em mulheres idosas após 12 semanas de treinamento.
- Comparar os efeitos de três tipos diferentes de treinamento de força no desempenho funcional de mulheres idosas após 12 semanas de treinamento.

REVISÃO DE LITERATURA

1.3. Treinamento de Força Tradicional em Mulheres Idosas:

O treinamento de força tradicional (TFT) é o tipo de treinamento que utiliza máquinas e pesos livre com velocidade controlada de contração tanto excêntrica quanto concêntrica. Tem como objetivo aumentar a força máxima e espessura muscular, diminuindo o processo de sarcopenia (perda de massa muscular com o envelhecimento e sedentarismo) em idosos (as) (DESCHENES, 2004).

O declínio na massa e força muscular conduz ao aparecimento de doenças crônicas devido à incapacidade dos idosos em manter suas atividades de vida diária (AVD) (FRONTERA *et al.*, 1988). Os idosos que não desempenham uma ou mais de suas AVD acabam correndo grande risco de perder a sua capacidade funcional muscular (IZQUIERDO *et al.*, 1999).

A simples adoção de atividade física previne o aparecimento de doenças crônicas e reduz custos com tratamentos médicos que se tornam desnecessários (STURNIEKS *et al.*, 2008). O treino aeróbio previne o desenvolvimento de doenças crônicas como enfermidades cardiovasculares. Já o TF, incrementa o tônus e a força muscular (BERG & LAPP, 1998). A diminuição da massa muscular é maior em mulheres idosas do que em homens idosos, devido ao menor nível de prática de atividade e aspectos hormonais (LAROUCHE *et al.*, 2007).

Entretanto, são poucas as publicações que abordam o TF em mulheres idosas. Um consenso na literatura internacional que o TF de forma sistemática não somente em homens de meia-idade, mas também em mulheres e homens idosos pode aumentar substancialmente a força muscular destes indivíduos (HAKKINEN *et al.*, 2000). E ainda, estudos preliminares com idosos apontam um aumento no potencial de ativação neural especialmente durante as semanas iniciais de um

programa de TF (FIATORONE *et al.*, 1990; HAKKINEN *et al.*, 2001; HARRIDGE *et al.*, 1999; HUNTER *et al.*, 1999; PYKA *et al.*, 1994), como apresentado no Quadro 1.

Mulheres idosas assim como os jovens submetidos ao TF também possuem a capacidade de hipertrofiar seus músculos (CASEROTTI *et al.*, 2008b; HAKKINEN *et al.*, 2000; LAROCHE *et al.*, 2009). Os programas de TF com intensidade entre 50-100% de 1RM, apresentam incrementos importantes na força muscular. Esses incrementos são mais expressivos em altas intensidades, próximos aos 100% de 1RM, com volume de treinamento entre 1-3 séries por exercício, frequência semanal de 1-3 e utilização de máquinas ou pesos livres e em protocolos que tenham a duração de no mínimo oito semanas de TF (HENWOOD e TAAFFE, 2005; 2006). Hunter *et al.* (1995), e Harridge *et al.* (1999), comparando as adaptações da força máxima ao TFT em homens e mulheres idosas também observaram incrementos significativos desta componente, sendo estes maiores em mulheres idosas (Quadro 1).

Explorando o TFT em mulheres idosas, Charette *et al.* (1991) também relataram aumento na produção de força máxima após 12 semanas de treinamento. Tal fato demonstra novamente, que tanto mulheres quanto homens idosas aumentam a força muscular se forem submetidos ao TFT de forma regular e sistemática (Quadro 1).

Apesar disso, De Vreede *et al.* (2005), relatam que o TFT apresenta resultados conflituosos em relação à melhora do desempenho nas AVD. Isso se deve à diversidade dos programas de TF (i.e. TFT, TP e TR) referidos na literatura e a dificuldade para determinar qual tipo de exercício é mais efeito para o desempenho das AVD.

1.4. Treinamento de Potência Muscular em Mulheres Idosas:

O treinamento de potência muscular é o tipo de treinamento que tem como objetivo aumentar a velocidade de contração muscular, utiliza máquinas e pesos livres. Tem como característica principal a execução da fase concêntrica dos exercícios na maior velocidade possível (BOTTARO *et al.*, 2007; NOGUEIRA *et al.*, 2009).

A potência é o produto entre a força e a velocidade em que o movimento acontece. A maioria da produção de força durante a contração muscular varia com a velocidade de encurtamento (GRANACHER *et al.*, 2009). A natureza da relação força/velocidade dita que a potência poderá ter relações particularidades distintas com a força e a velocidade de movimento. E ainda, não somente os elementos contráteis das células musculares devem ser considerados, mas também fatores como a influência neural, a arquitetura muscular e o tecido conectivo intercelular (GRANACHER *et al.*, 2010).

Na literatura, investigações observando a potência muscular em idosos não são numerosas, como os experimentos que abordam a força muscular. De acordo com Earles *et al.*, (2001) isto ocorre porque a potência muscular é mensurada somente em movimentos explosivos que têm uma dificuldade muito maior de mensuração do que a medida de força muscular absoluta e relativa. Apesar disso, dinamômetros isocinéticos permitem acesso aos valores da potência de grupos musculares isolados pela medida de torque em velocidades angulares constantes, embora não reflitam os gestos motores das atividades de vida diária AVD desempenhadas por idosos. Mizko *et al.*, (2003), apresentaram melhores desenvolvimentos das capacidades funcionais em uma intensidade de TP (40% de 1

RM) muito inferior a do TFT (50-80% de 1 RM), em homens e mulheres idosos (Quadro 2).

A produção de potência muscular também depende da taxa de ativação do sistema nervoso. Nos estudos de Izquierdo *et al.* (1999) e Macaluso & De Vito (2003), este último comparando mulheres idosas com mulheres de meia-idade após período de TF e TP, a potência máxima de membros inferiores foi menor em idosos com carga de treino em torno de 60% da força máxima. Entretanto somente Macaluso & De Vito (2003), focaram sua atenção em duas determinantes da potência, (i.e. força ótima e velocidade), e apresentam que a menor habilidade para geração de potência em idosos é devido a uma menor capacidade de desenvolvimento de força, e de velocidade de contração das fibras rápidas.

As fibras rápidas têm grande produção de potência, com grande potencial de geração de força e velocidade de encurtamento em comparação com as fibras lentas, que possuem menor produção de força rápida, porém são mais resistentes à fadiga (DESCHENES, 2004).

Com o envelhecimento, as fibras rápidas apresentam uma redução significativa da sua espessura, principalmente às do tipo IIX (STURNIEKS *et al.*, 2008). Em homens idosos, como no trabalho de Bottaro *et al.* (2007), em que foram treinados homens com média de 60 anos em dois tipos de TF, o TFT e o TP (com uma carga de treino em 60% de 1RM) foram observados aumentos na força, potência muscular em ambos os grupos, porém os indivíduos que realizaram o TP aumentaram em 47% seu desempenho nas capacidades funcionais, sugerindo um incremento das fibras do tipo IIX (Quadro 2). Sendo assim, o TP enfatiza o aumento dessas fibras tornando-se mais interessante para o desenvolvimento de capacidades funcionais das mulheres idosas.

Quadro 1. Efeito do TF no tamanho e força do músculo quadríceps femoral em indivíduos idosos (as).

Autores	Sujeitos		Programa de Treino							% Mudanças				
	Idade (anos)	G	N	E	DS	S	SE	RS	%1RM	Força Máxima		AST	ATF	
										1RM	CVM		I	II
Fiatarone <i>et al.</i> 1990	86–96	M/F	10	EJ	8	3	3	8	80	174	–	TC: 11	–	–
Charette <i>et al.</i> 1991	64–86	F	13	LP, EJ	12	3	6	6	75	28-93	–	-	7 NS	20
Pyka <i>et al.</i> 1994	61–78	M/F	25	LP, EJ	52	3	3	8	75	53–95	–	-	59*	67*
Hakkinen <i>et al.</i> 1998a	61	M	10	EJ	10	3	3–6	3–15RM	–	–	17	MRI: 9	23	27
Hakkinen <i>et al.</i> 1998b	70	M/F	20	EJ	26	2	3–6	3–15	50–80	26	–	Ultr: 6 (F)	-	–
Harridge <i>et al.</i> 1999	85–97	M/F	11	EJ	12	3	3	8	80	134	37	MRI: 10	-	–
Tracy <i>et al.</i> 1999	65–75	M/F	23	EJ	9	3	3	5–10RM	–	28	-	MRI: 12	-	–
Hunter <i>et al.</i> 1995	64–79	M/F	11	EJ	12	3	3	8RM	–	39	–	–	-4NS	-2 NS
Hortobagyi <i>et al.</i> 2001	66–83	M/F	27	LP	10	3	5	4–12	40–80	35	26	–	-	–
Hakkinen <i>et al.</i> 2001	71	M/F	21	LP	26	2	3–6	10–18	70–80	26	26	–	32 (F)	32 (F)

ATF: aumento no tamanho das fibras, AST: área de secção transversa, TC: tomografia computadorizada, DS: duração do treinamento em semanas, E: exercício, F: feminino, FM: força máxima, G: gênero, EJ: extensão de joelhos: LP: leg press (pressão de pernas), M: masculino, MRI: imagem por ressonância magnética, CVM: contração voluntária máxima, NS: não significativo S: sessões, SE: séries, 1RM: uma repetição máxima, Ultr: ultrasonografia, vol: volume. *Após 30 semanas.

Quadro 2. Estudos sobre o efeito de diferentes tipos de treinamento de força sobre a força máxima, potência e capacidades funcionais de idosos (as).

Autor	G	I	TT	Carga	D	% Mudanças no Desempenho Muscular		
						Força	Potência	AVDs (CF)
Bean <i>et al.</i> (2004)	F	≥ 77	TP	< 2% PC	12	NA	+12-36*	+16-44*
	F	≥ 79	TFT			NA	-10	
Bottaro <i>et al.</i> (2007)	M	≥ 67	TP	60% 1RM	10	+27-28*	+31-37*	+15-43*
	M	≥ 66	TFT			+25-27*	+7-13*	-5
Caserotti <i>et al.</i> , (2008b)	F	≥ 77	TR	75-85% 1RM	12	18%	CMJ +12%	
	F	≥ 83	TR			28%	CMJ +18%	
Earles <i>et al.</i> (2001)	M/F	≥ 77	TP	4-12% PC, > 50% 1RM	6	+22*	+22-150*	10
	M/F	≥ 78	CAM			PC	12	-9
Fiatarone <i>et al.</i> (1990)	M/F	≥ 80	TFT	80% 1RM	8	174		48%
Fielding <i>et al.</i> (2002)	F	≥ 72	TFVA vs. TFVB	70% 1RM	16	TFVA: LP +35%, EJ: +45%. TFVB: LP: +33%, EJ: +41%.	TFVA: LP +97%, EJ +33%. TFVB: LP: +45%, EJ:	

							+25%.	
Granacher <i>et al.</i> (2004; 2006)	M	≥ 60	TFT	50-80% 1RM	16	(CVM): +27%, (TPF): +32-56%.		↑: v PE (p < 0.001)
Hakkinen <i>et al.</i> (1998a)	M/F	≥ 67	TP + TFT	50-80% 1RM	24	EJ (CVM): +36-57% (TPF): +28-40% EJ (CVM): +14-17%		
Hakkinen <i>et al.</i> (2000)	M/F	≥ 62	TP + TFT	50-80% 1RM	24	LP (1RM): +23-29%, LP (CVM): +23-32%		↑ TCA, +11%.
Harridge <i>et al.</i> (1999)	M/F	≥ 85	TFT	80% 1RM	12	EJ (1RM): +134%, EJ (CVM): +17%		
	M/F	≥ 70	TFT	75% 1RM	24	+48*	+34*	-7
	M/F	≥ 69	CO		1		-3	-6 a
								+3
Henwood & Taaffe (2005)	M/F	≥ 70	TP	35-75% 1RM	8	+30-43*	+17-30*	+7-10*
	M/F	≥ 71	CO			-3	2	-9 a -3
Henwood & Taaffe (2006)	M/F	≥ 71	TP	45-75% 1RM	8	+22*	8	+3-12*
	M/F	≥ 70	TFT	75% 1RM	8	+22*	4	+1-20*
	M/F	≥ 69	MIX	45-75% 1RM	8	+26*	2	+3-16*
	M/F	≥ 69	CO			-2	-2	-5 a
								+8
Henwood & Taaffe (2008)	M/F	≥ 72	TP	45-75% 1RM	12	+21*	+26*	-8
	M/F	≥ 69	TFT	75% 1RM	12	+21*	+25*	-9 a
								+10
Hruda <i>et al.</i> (2003)	M	≥ 75	TR	50-80% 1RM	10	CON EJ (180°/s): +60% EXC (180°/s): +44%		↑: T8, -31%; T30, +66%, TC, +33%.
Miszko <i>et al.</i> (2003)	M/F	≥ 72	TP	40% 1RM	16	+13-16*	+8	+21*
	M/F	≥ 73	TFT	50-80% 1RM		+14-23*	12	0
	M/F	≥ 72	CO			-1 a +5	-6	0
Seynnes <i>et al.</i> (2004)	M/F	≥ 81	TP	40% 1RM		+37*	+11*	+8-23*
	M/F	≥ 83	TFT	80% 1RM		+57*	+19*	+27-28*
	M/F	≥ 81	CO			0	-13	-5 a +3

*Experimentos com a utilização de diferentes tipos de treinamento de força para redução e prevenção de quedas em idosos (as). Abreviações. 1RM: Uma Repetição Máxima, AQ: abdução de quadril, ADQ: adução de quadril, AVDs: atividades de vida diária, CAM: caminhada, CF: capacidade funcional, CMJ: Salto com Contra-Movimento, CO: grupo controle, CVM: Contração Voluntária Máxima, D: duração do período de treinamento, DE: deslocamento com maior equilíbrio corporal, F: feminino, FC: Flexão de cotovelo, FP: flexão plantar, G: gênero, I: idade em anos, M: masculino, n: número de participantes do experimento, NS: não significativo, PG: pressão de glúteos, T8: teste de subir 8 degraus, T30: teste de sentar e levantar da cadeira em 30s, TCA: teste de caminhada, TFT: Treinamento de Força Tradicional, TFVA: Treinamento de Força em Alta Velocidade, TFVB: Treinamento de Força em Velocidade Baixa, TP: Treinamento de Potência, TPF: Taxa de Produção de Força, TT: tipo de treinamento, TR: Treinamento de força Reativa.

1.5. Treinamento de Força Reativa em Mulheres Idosas:

O treinamento de força reativa é o tipo de treinamento que tem como objetivo diminuir o tempo da resposta muscular. Em que se utilizam exercícios com o ciclo alongamento encurtamento musculares (KRAEMER & RATAMESS, 2004).

Os saltos verticais, horizontais e o *Step* (exercício que consiste em subir e descer um degrau ou elevação do chão, alternadamente) em alta velocidade de execução, são exemplos de exercícios que possuem o CAE. O exercício de *Step* tem alta correlação com o incremento nas habilidades funcionais em mulheres idosas e com a produção de força rápida do músculo (LAROCHE *et al.*, 2009).

A produção de força muscular é influenciada por dois fatores fundamentais: a morfologia do tecido, o ângulo de penação, a área de secção transversa fisiológica, comprimento e tipo de fibra (principalmente as do tipo IIX) (HUNTER 2001), somado às propriedades de ativação neuromuscular. No indivíduo idoso, é evidenciado um decréscimo da capacidade de ativação das unidades motoras, bem como alterações nas propriedades estruturais do músculo, principalmente em decorrência da sarcopenia muscular (HAKKINEN *et al.*, 1998a; b).

Entretanto, quando mulheres idosas são submetidas ao TR com utilização do CAE, esses efeitos deletérios do envelhecimento parecem ser controlados, sugerindo que grande parte dos mecanismos relacionados à perda de massa muscular é decorrente do sedentarismo (MACALUSO & DE VITTO, 2004).

Em relação às perdas nas manifestações da força nos diferentes gêneros, como a produção de força rápida, parece que indivíduos do sexo feminino podem apresentar uma diminuição maior da força reativa dos membros inferiores, podendo estar relacionada à menor massa muscular. Reforçando outra vez a idéia de uma

incidência maior do risco de quedas em mulheres idosas, principalmente sedentárias (MARSH *et al.*, 2009).

Caserotti *et al.* (2008b) verificaram aumentos na força explosiva dos extensores de joelho de idosos com idades de 60-65 anos e acima dos 80-89 anos, após 12 semanas de treino de força explosiva, 2 sessões por semana, com uma carga de 70-80% de 1RM. Dessa forma, foi demonstrado que, uma frequência baixa de treinamento com cargas adequadas, foi capaz de melhorar a capacidade de produção de força explosiva em idosos. Outro dado interessante do estudo foi o de que os indivíduos acima dos 80 anos tiveram um incremento maior na potência muscular em comparação aos indivíduos na faixa dos 60 anos, reforçando a idéia de maiores perdas de força com o avançar da idade e a maior treinabilidade dos idosos mais velhos.

Laroche *et al* (2007) investigaram a influência dos padrões de atividade física no tempo de reação de 40 mulheres idosas, divididas em dois grupos: elevado nível de atividade física e baixo nível de atividade física, determinado por meio de questionário validado por Winters-Hart *et al* (2004). Os resultados mostraram que idosas com um histórico de vida ativa possuem uma maior capacidade de recrutar unidades motoras em situações que exigem uma rápida resposta muscular, sugerindo que a inatividade física pode ser um fator determinante no decréscimo da função muscular durante o envelhecimento.

Em outro estudo, Laroche *et al*, (2009) compararam o tempo de reação e ativação das musculaturas do tornozelo e joelho entre mulheres idosas propensas e não propensas ao risco de queda. Os resultados mostraram uma menor resposta muscular e tempo de reação mais lento nos flexores plantares e dorsais do grupo com maior risco de queda. De acordo com os autores, os músculos do tornozelo são

fundamentais na manutenção do equilíbrio após uma perturbação da postura, sendo exigidos também durante a marcha. A diminuição na força, principalmente dos dorsiflexores e extensores do joelho, pode diminuir a capacidade dos idosos de desviarem de obstáculos e aumentar a frequência de tropeços e desequilíbrios corporais.

O TR desenvolve a força rápida da musculatura de membros inferiores o que torna a mulher idosa mais responsiva do ponto de vista neuromuscular e diminui a incidência de quedas nesta faixa etária (CASEROTTI *et al.*, 2008a).

1.6. Influência dos Diferentes Tipos de Treinamento de Força nas Capacidades Funcionais de Mulheres Idosas:

A perda da capacidade funcional muscular em idosos está associada à redução da atividade física. O que compromete o equilíbrio corporal e submete o idoso a um início precoce de fadiga muscular, diminui a massa muscular (força e potência muscular) e aumenta o risco de quedas, reduzindo a independência física e qualidade de vida na terceira idade (FIGURA 1).

Segundo Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM 1998), a habilidade de exercer força rápida é vital e pode servir como um mecanismo protetor durante algum evento de desequilíbrio corporal. As quedas nos idosos são uma das causas mais importantes de lesões traumáticas, podendo levar à morte, e representando um grande problema de saúde pública.

Significantes correlações entre a capacidade de produção de força reativa dos membros inferiores e o desempenho nas AVD, como menor tempo para subir escadas, para atravessar a rua e para completar um teste de seis minutos de caminhada, têm sido reportadas (GRANACHER *et al.*, 2004; 2009) (Quadro 2).

Neste contexto a simples adoção de um TF regular e sistemático pode suprimir estes efeitos deletérios do envelhecimento (IZQUIERDO *et al.*, 1999; SAYERS 2008). Com base nas considerações acima reportadas, é importante decidir que tipo de TF é melhor para o desenvolvimento de força explosiva e/ou reativa, e para isto é de suma importância o conhecimento sobre particularidades musculares (morfológicas e neuromusculares) envolvidas nos diferentes tipos de TF (i.e. TFT, TP e TR).

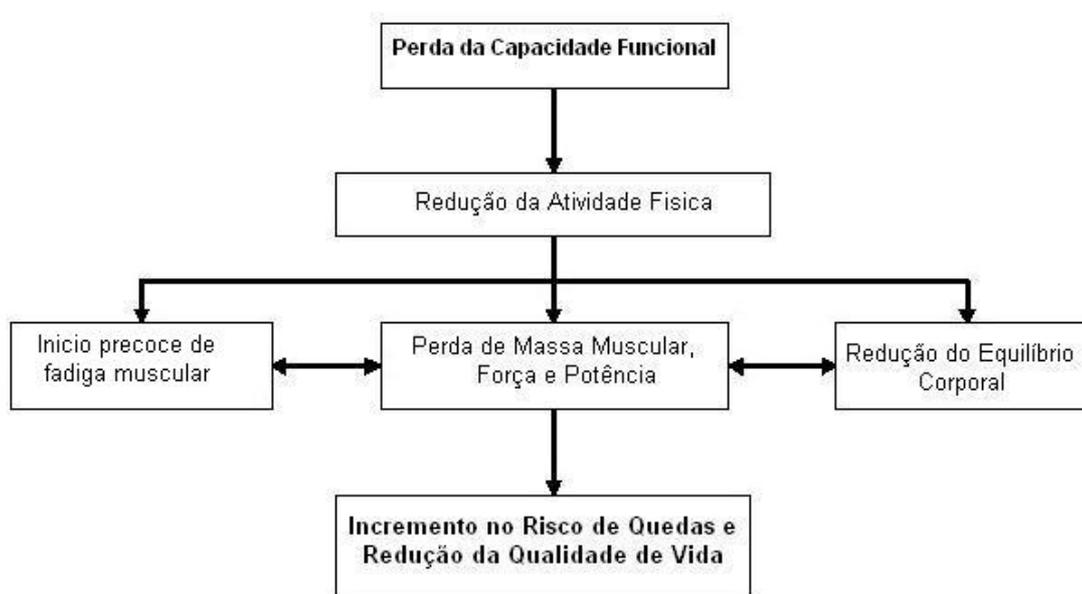


FIGURA 1. Proposta de ligações entre o desempenho nas capacidades funcionais, atividade física, fadiga, massa muscular, força, potência e desequilíbrio corporal com aumento do risco de quedas e diminuição da qualidade de vida em indivíduos idosos.

As adaptações morfológicas e neurológicas em mulheres idosas que possivelmente derivem do TP e TR não são frequentemente reportados na literatura (BEAN *et al.*, 2002a; 2002b). Muitos estudos têm explorado o TFT em idosos, apresentando efeitos genéricos, muitas vezes dissociados das necessidades

funcionais dessa população. A forma mais adequada para maximizar as adaptações do TF em prol de um melhor desempenho funcional de mulheres idosas não está completamente entendida (HENWOOD & TAFFE, 2005; 2006; 2008) (Quadro 1).

Diversos programas de TF têm demonstrado aumento nas capacidades funcionais em homens idosos (GRANACHER *et al.*, 2004; 2006; HRUDA *et al.*, 2003), em mulheres idosas (BEAN *et al.*, 2004) e em ambos os gêneros (MISZKO *et al.*, 2003; SEYNNES *et al.*, 2004), com diferentes adaptações na força muscular, embora estes melhoramentos normalmente não apresentem ganhos na mesma magnitude que o TP (BOTTARO *et al.*, 2007) e TR (CASEROTTI *et al.*, 2008b) (Quadro 2).

Os estudos supracitados ressaltam a idéia de que estratégia de treinamento de força tem de ser desenvolvidas para melhoria da qualidade de vida principalmente de mulheres idosas, diminuindo assim os efeitos adversos da perda de massa muscular e produção de força reativa nas capacidades funcionais de mulheres idosas com o processo de envelhecimento.

Em conclusão, os treinamentos de potência e em especial o treinamento de força reativa com a utilização de exercícios com o ciclo-alongamento-encurtamento, são mais efetivos do que o treinamento de força tradicional no aumento da potência e força reativa muscular em mulheres idosas. Principalmente por minimizar a sarcopenia muscular com o envelhecimento biológico sobre a força muscular e diminuição da ativação/resposta neuromuscular pela deservação de fibras musculares rápidas, principalmente as do tipo IIX.

Os treinamentos de potência e força reativa também são mais eficazes no desenvolvimento de capacidade funcional de mulheres idosas, tornando estes

indivíduos mais responsivos do ponto de vista neuromuscular do que o treinamento de força tradicional com redução na taxa de quedas nesta faixa etária.

As adaptações do tecido muscular são, no entanto desenvolvidas em menor tempo de treinamento e com uma qualidade maior na produção de força rápida no treinamento de força reativa do que no treinamento de potência devido à alta correlação dos exercícios que utilizam o ciclo alongamento encurtamento com as capacidades funcionais de mulheres idosas, sendo uma área de investigação importante para pesquisas futuras.

1.7. Aplicações Práticas:

O treinamento de força para mulheres idosas baseado nos métodos utilizados em muitos dos experimentos supracitados, tem como recomendação a realização de uma fase de treinamento de força com ênfase no condicionamento e resistência muscular e também para assegurar a realização de uma técnica correta nos exercícios de força. Essa fase preparatória deve ter a duração de duas semanas, incluindo duas a três sessões por semana e envolvendo oito a 12 repetições por exercício com carga leve a moderada (40-70% de 1RM).

Os exercícios com a utilização do ciclo alongamento encurtamento podem ser realizados com o incremento da altura do *Step* (escada/plataforma) em 10 cm a cada duas semanas de treinamento, ou com a utilização de coletes com pesos acoplados, em uma a três séries periodizadas por meio de 30 a 40 repetições máximas. O intervalo entre os exercícios e séries deve ser de dois a três minutos, com incremento desse tempo em quatro a três minutos com o incremento de carga.

CAPÍTULO I: EFEITOS DE SEIS SEMANAS DE TREINAMENTO DE FORÇA NA QUALIDADE MUSCULAR DE MULHERES IDOSAS E SUA CORRELAÇÃO COM TESTES FUNCIONAIS

2.1 Introdução:

O processo de envelhecimento está associado a um expressivo declínio da função neuromuscular e perda de massa muscular (i.e. sarcopenia) (Hakkinen et al. 1998a; Hakkinen et al. 1998b), com diminuição drástica das capacidades funcionais de idosos (Hepple 2003). A sarcopenia é maior em mulheres idosas, e está relacionada a questões hormonais específicas, bem como a um menor nível de atividade física quando comparadas a homens idosos (Caserotti et al. 2008a; Caserotti et al. 2008b; Caserotti et al. 2001; Granacher et al. 2009; Macaluso and De Vito 2004).

O treinamento de força para mulheres idosas parece se constituir numa estratégia adequada para combater a sarcopenia, sobretudo por possibilitar a redução na velocidade de deterioração das fibras musculares, principalmente dos músculos dos membros inferiores, além de aumentar a sua força (Frontera et al. 1991), melhorar o equilíbrio corporal e a qualidade muscular (QM) (de Vos et al. 2005; Frontera et al. 2000a; Frontera et al. 2000b; Misic and Evans 2006; Tracy et al. 1999).

A QM se refere à força produzida por unidade de massa muscular ativada (Narici et al. 2005; Reeves et al. 2004a, b), e fornece uma estimativa da contribuição da hipertrofia do músculo e os fatores neuromusculares associados às mudanças na força. Constituí-se um parâmetro de avaliação importante para indivíduos idosos, uma vez que há expressiva redução da função neuromuscular nesta população e,

consequentemente, da QM, estando esta também associada à diminuição da capacidade funcional. A QM tem sido mensurada a partir de métodos não-invasivos, em que a massa e o volume muscular são medidos por tomografia computadorizada (esta avaliação pode ser realizada somente a cada seis meses) (Tracy et al. 1999), ressonância magnética (Ivey et al. 2000), e, mais recentemente, a ultrassonografia (Korhonen et al. 2009), tem sido utilizada com este propósito. A ultrassonografia é uma técnica que pode ser realizada a qualquer momento. No entanto, há poucos estudos que tenham investigado o efeito do exercício na QM dos músculos extensores do joelho de homens e mulheres idosas.

O treinamento de força parece ser efetivo na prevenção do processo de sarcopenia, decorrendo em ganhos neuromusculares, como o aumento da força muscular, bem como estruturais como a espessura muscular, os quais, em conjunto afetam a realização de atividades de vida diária (Granacher et al. 2010; Hunter et al. 2004; Hunter et al. 1995). No entanto, a resposta da QM em mulheres idosas ao treinamento de força permanece incerta e pouco investigada. Além disso, não encontramos na literatura estudos que tenham abordado o efeito de um período curto de seis semanas de treinamento de força na QM de mulheres idosas e sua correlação com testes funcionais como o sentar e levantar em 30s e *up foot and go*.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar as alterações na qualidade muscular dos extensores do joelho de mulheres idosas e a sua correlação com testes funcionais em resposta a um período de seis semanas de treinamento de força.

2.2. Métodos:

A amostra foi voluntária composta por 58 mulheres idosas com idade de 67 ± 5 anos, estatura de $158,1 \pm 10,2$ cm e $38,0 \pm 5,3$ % de gordura, sem a realização de

TF regular e sistemático por pelo menos um ano anterior ao estudo. Foram excluídos do estudo indivíduos com histórico de doenças severas endócrinas, metabólicas e neuromusculares. Os indivíduos foram selecionados por meio de divulgação de jornal diário de grande circulação. Posteriormente, foram divididos aleatoriamente em dois grupos: Grupo Experimental (GE) (n= 41 indivíduos) e Grupo Controle (GC) (n= 17 indivíduos). Cada indivíduo foi informado sobre os procedimentos metodológicos desse estudo a partir da leitura de um termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (nº19322).

Composição corporal:

A massa corporal e estatura foram estimadas por meio dos protocolos de dobras cutâneas propostos pela fórmula de Siri. Foi utilizado um plicômetro de marca Lange, com resolução de 1 mm para mensuração das dobras cutâneas, uma balança analógica da marca ASIMED, com resolução de 0,1 kg, e um estadiômetro da marca ASIMED, com resolução de 1 mm. Inicialmente, cada indivíduo teve a sua massa corporal e sua estatura mensurada. As dobras foram medidas em forma de circuito, totalizando, no máximo, três medidas de cada dobra (Hicks et al. 2000).

2.3. Desenho Experimental:

Os indivíduos foram submetidos a um período de seis semanas de treinamento de força. O GE treinou duas vezes por semana, com intensidade (15-20 RM durante três semanas e 12-15 RM, nas três semanas finais) e volume progressivos, periodizados de forma linear (Cadore et al. 2011a; Cadore et al. 2011b; Kraemer and Ratamess 2004). A reprodutibilidade das variáveis do estudo 1RM e espessura muscular foi avaliada em dois momentos (1 e 2) e após seis semanas do

programa de treino. Os testes funcionais foram avaliados no pré (1) e após seis semanas de treinamento de força (3) (Figura 1).

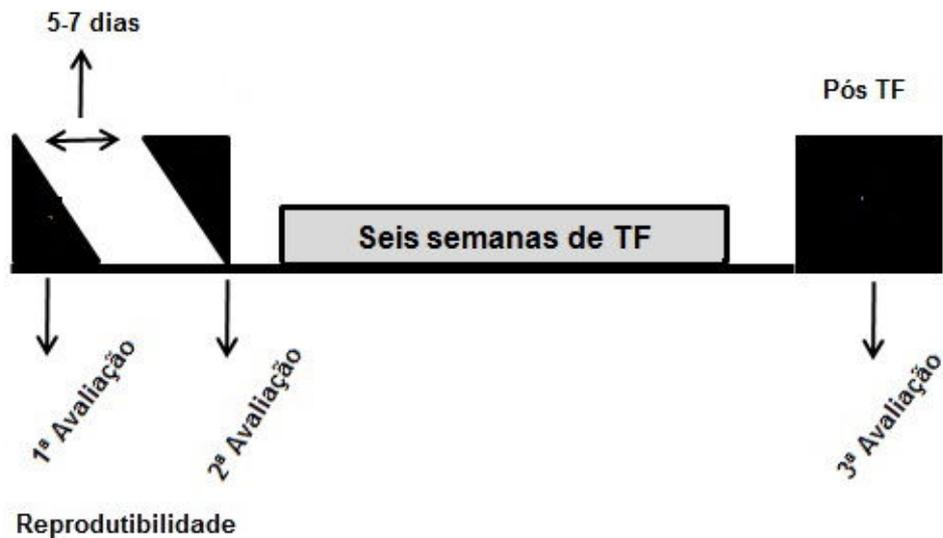


Figura 1. Desenho experimental simplificado do estudo.

Força Dinâmica Máxima (1RM):

Foi realizado o teste de 1RM para membros inferiores por meio do exercício extensão de joelhos. O equipamento utilizado para tal foi a “cadeira extensora” da marca WORLD-ESCUPTOR, com resolução de 1 kg. Para o controle da velocidade de movimento durante o teste, foi utilizado um metrônomo da marca QUARTZ, com resolução de 1 Hz, para detalhamento do teste ver (Cadore et al. 2010).

Espessura Muscular (EM):

A avaliação da EM foi realizada por meio de imagem obtida com o aparelho de ultra-sonografia (Philips, VMI, Indústria e Comércio Ltda. Lagoa Santa, MG, Brasil), sendo a imagem obtida em B-modo. Durante a avaliação da EM os sujeitos permaneceram deitados com o membro avaliado estendido e relaxado. Antes de qualquer medição todos os sujeitos permaneceram deitados por 10 minutos de modo

a restabelecer o fluxo normal dos líquidos corporais. Um transdutor com frequência de amostragem de 7,5MHz foi posicionado de forma perpendicular sobre músculo avaliado. Para a aquisição da imagem foi utilizado um gel à base de água, que promove um contato acústico sem a necessidade de causar pressão com o transdutor sobre a pele. O tecido adiposo subcutâneo e o tecido ósseo foram identificados pela imagem do ultrassom, e a distância entre eles foi definida como EM. A avaliação da EM foi efetuada no segmento dominante e todas as medidas foram executadas pelo mesmo avaliador. A avaliação da EM dos extensores de joelho foi realizada nos seguintes pontos: vasto lateral (VL) ponto médio entre trocânter maior e epicôndilo lateral do fêmur, o vasto medial (VM) foi mensurado em 30% da distância do epicôndilo lateral do fêmur até o trocânter maior, o vasto intermédio (VI) e reto da coxa (RC) dois terços da distância do trocânter maior do fêmur ao epicôndilo lateral e 3 cm lateral a partir da linha média do membro (Korhonen et al. 2009). Na avaliação da reprodutibilidade das espessuras o valor da variação desta medida foi inferior a 3% (Abe et al. 2000; Nogueira et al. 2009).

Qualidade Muscular (QM):

A QM foi calculada a partir do valor da força dinâmica máxima (1RM), dividido pelo valor dos somatórios das medidas das EM dos músculos avaliados, conforme a seguinte equação:

$$QM = \text{Valor de 1RM (kg) da perna direita} / \text{Soma dos Valores das Espessuras Musculares do quadríceps femoral da perna direita.}$$

Testes Funcionais:

Sentar e Levantar em 30s:

O teste de sentar e levantar de uma cadeira em 30s iniciou com o participante sentado no centro da cadeira, com as costas retas e os pés sobre uma superfície plana posicionados aproximadamente na largura dos ombros, com os braços cruzados e fixos na altura do peito, com ângulo de aproximadamente 90° de flexão de quadril e joelho. Ao sinal verbal, o participante eleva-se até a posição ereta plena e, em seguida, retorna à posição inicial sentada. O participante foi incentivado a concluir o maior número possível de repetições dentro de um período de 30s, com contagem verbal (em voz alta) de todas as repetições válidas (Jones et al. 1999).

Up Foot and Go:

O teste constituiu em mensurar o período máximo (em segundos) necessários para o sujeito levantar-se de uma posição sentada (igual a do teste anterior), percorrer aproximadamente 2.44m, e retornar à posição sentada o mais rapidamente possível. Os indivíduos tiveram três tentativas, e a de menor tempo de execução foi utilizada para posterior análise (adaptado de Bottaro et al. 2007; Jones et al. 1999).

2.4. Análise Estatística:

A análise estatística dos dados foi realizada primeiramente por meio do teste exploratório Kolmogorov-Smirnov, a fim de verificar a normalidade das variáveis em estudo. Para verificar a diferença entre os valores médios pré e pós-treinamento de todas as variáveis estudadas foram realizados análises de medidas repetidas ANOVA de dois fatores e *post hoc* de Bonferroni. Foi realizada a correlação de Produto Momento de Pearson da qualidade muscular com os testes funcionais. Todas as análises foram realizadas no pacote estatístico SPSS versão 17.0. Considerou-se um valor de significância de $p < 0,05$.

2.5. Resultados:

O 1RM não apresentou diferença estatisticamente significativa no período pré-treinamento entre os grupos, sendo que após seis semanas de treinamento o GE aumentou significativamente ($p < 0,001$) (Tabela 1). Todas as medidas das EM (VL, VM, RC e VI), aumentaram significativamente em GE ($p < 0,05$), o mesmo não ocorrendo no GC ($p < 0,05$) (Tabela 1).

A qualidade muscular (QM) aumentou significativamente no GE ($p < 0,001$), o mesmo não ocorrendo no GC. Estas alterações foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) entre GE e GC (Tabela 1).

O número de repetições executadas no teste funcional sentar e levantar em 30s (SL), e o tempo gasto na realização do teste funcional *up foot and go* foram incrementados e reduzidos, respectivamente, de forma significativa ($p < 0,001$) após o período de treinamento em GE, sendo que o incremento nestes testes não foi alterado em GC (Tabela 1).

Os valores correspondentes ao incremento relativo ($\Delta\%$) das variáveis 1RM na extensão de joelhos, soma das espessuras musculares (VL, VM, RC e VI), QM, sentar e levantar em 30s e *up foot and go* observados após o período de treino estão apresentados na Tabela 1.

As medidas relativas ($\Delta\%$) de QM apresentaram correlação significativa com as alterações de $\Delta\%$ no teste de sentar e levantar ($r = 0,62$, $p < 0,001$) (Figura 2a) e *Up Foot and Go* ($r = -0,71$, $p < 0,001$) (Figura 2b) observadas após o período de treino. Da mesma forma estas medidas apresentaram correlação significativa entre si ($r = -0,91$) (Figura 2c).

Tabela 1. Valores pré, pós e incrementos relativos ($\Delta\%$) do período de seis semanas de treinamento de força em Média \pm DP.

Variáveis	Grupo Experimental, n= 41			Grupo Controle, n= 17		
	Pré	Pós	$\Delta\%$	Pré	Pós	$\Delta\%$
1RM- Extensão de Joelhos (kg)	42,5 \pm 8,1	51,9 \pm 9,9 ^{†*}	23,5 \pm 10,3 *	39,1 \pm 8,3	36,8 \pm 9,0	-5,8 \pm 14,0
Espessura Muscular- VL	16,1 \pm 2,3	17,9 \pm 2,1 ^{†*}	11,1 \pm 1,1 *	16,7 \pm 2,9	16,1 \pm 3,1	-3,2 \pm 2,1
Espessura Muscular- VM	14,9 \pm 3,3	16,9 \pm 2,2 ^{†*}	13,1 \pm 1,7 *	14,4 \pm 3,6	14,9 \pm 3,4	5,7 \pm 1,1
Espessura Muscular- RC	16,1 \pm 2,9	17,7 \pm 3,1 ^{†*}	10,7 \pm 2,6 *	16,8 \pm 2,1	16,0 \pm 2,0	-4,7 \pm 1,6
Espessura Muscular- VI	13,2 \pm 4,1	14,8 \pm 2,7 ^{†*}	12,1 \pm 2,1 *	14,2 \pm 3,8	13,1 \pm 2,5	-6,8 \pm 1,4
Qualidade Muscular (kg/mm)	0,72 \pm 2,1	0,83 \pm 1,9 ^{†*}	14,8 \pm 10,2 *	0,61 \pm 1,2	0,59 \pm 2,2	-3,3 \pm 14,1
Sentar e Levantar em 30s (nº)	14,1 \pm 1,5	17,5 \pm 1,8 ^{†*}	23,8 \pm 10,5 *	15,7 \pm 2,0	14,9 \pm 2,0	-5,1 \pm 1,7
<i>Up Foot and Go</i> (s)	5,9 \pm 0,5	4,33 \pm 0,35 ^{†*}	-27,4 \pm 8,7 *	5,64 \pm 0,46	5,44 \pm 0,59	-2,1 \pm 5,4

[†] Diferença significativa entre valores de pré e pós seis semanas de treinamento de força ($p < 0,05$).

* Diferença significativa entre os grupos Experimental e Controle ($p < 0,05$).

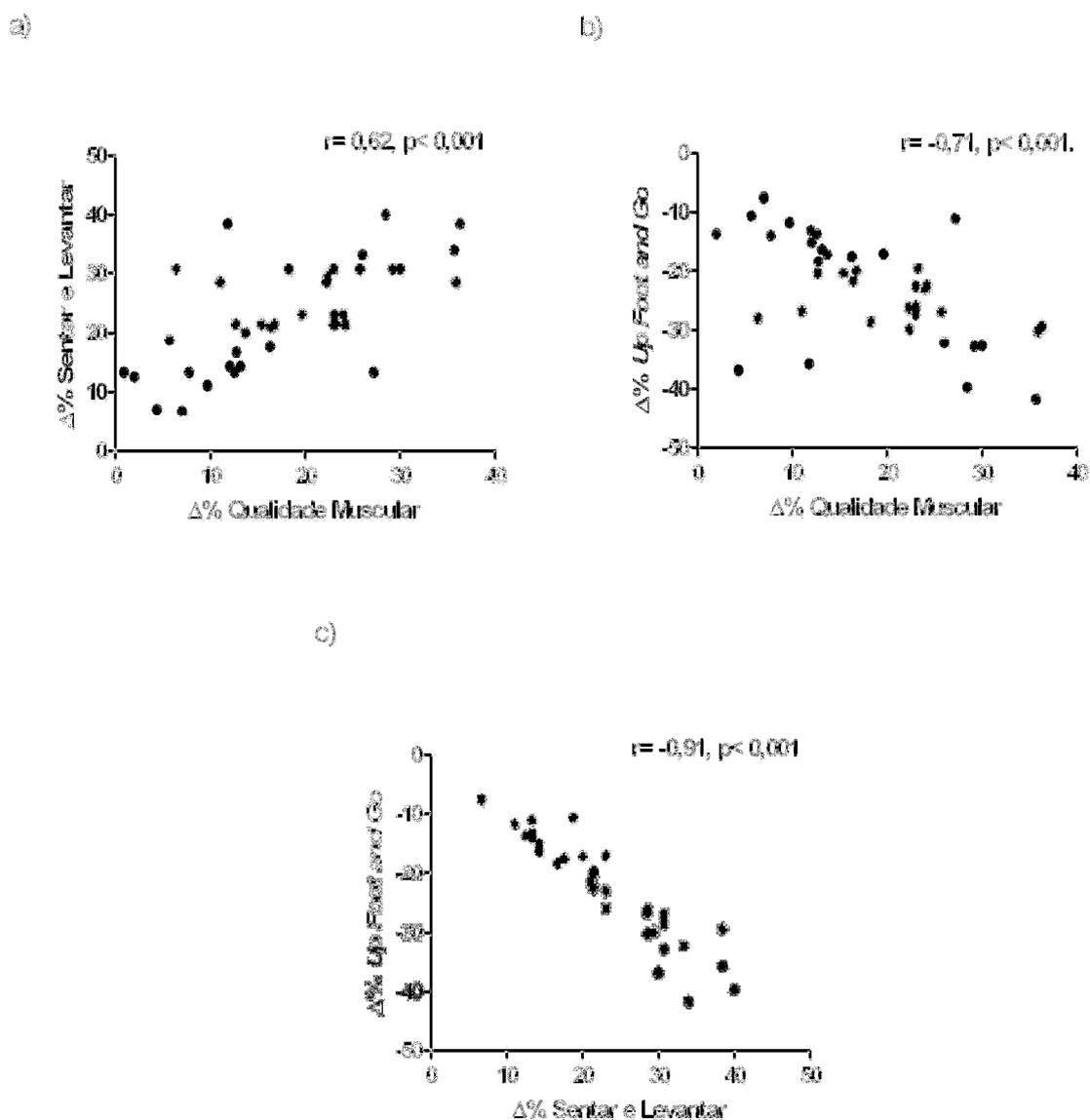


Figura 2. Correlação dos incrementos ($\Delta\%$ Qualidade Muscular, Sentar e Levantar e *Up Foot and Go*) observadas após o período de treinamento.

a) Correlação entre o $\Delta\%$ Qualidade Muscular e $\Delta\%$ do Sentar e Levantar em 30s.

b) Correlação entre o $\Delta\%$ Qualidade Muscular e o $\Delta\%$ do *Up Foot and Go*.

c) Correlação entre o $\Delta\%$ Sentar e Levantar e $\Delta\%$ do *Up Foot and Go*.

2.6. Discussão:

Os principais achados do presente estudo referem-se um incremento significativo (~15%) da QM após seis semanas de treinamento de força em mulheres idosas. Da mesma forma, observou-se que os incrementos na QM ($\Delta\%$) foram positivamente correlacionados com os incrementos nos testes funcionais de sentar e levantar ($r= 0,62$, $p<0,001$) (Figura 2a), e inversamente correlacionados com o teste *up foot and go* ($r= -0,71$, $p<0,001$) (Figura 2b) e entre os testes funcionais ($r= -0,91$, $p<0,001$) (Figura 2c). Assim, pode-se constatar a importância que o treino de força de curta duração de seis semanas representadas pelas alterações neuromusculares e morfológicas dele decorrentes, apresenta para o incremento de situações funcionais a que mulheres idosas são diariamente expostas.

Diferentes programas de TF têm demonstrado aumento nas capacidades funcionais em homens idosos (Bottaro et al. 2007; Granacher et al. 2009, 2010) mulheres idosas e em ambos os sexos (Reeves et al. 2004a). No presente estudo com mulheres idosas, o GE apresentou incremento de 23,5% no 1RM da extensão de joelhos após as seis semanas de TF (Tabela 1), corroborando com os resultados de estudos preliminares realizados com esta população (Hepple 2003; Nogueira et al. 2009; Reeves et al. 2004a; Tracy et al. 1999). De fato, o treinamento de força de forma sistemático, em idosas, aumenta substancialmente a força muscular destes indivíduos nas semanas iniciais do treinamento de força (Hakkinen et al. 2000). Os mecanismos que explicam estas adaptações na força estão relacionados ao aumento do recrutamento de unidades motoras, da taxa de disparo e coordenação inter e intramuscular (Caserotti et al. 2008a; Frontera et al. 2000b; Granacher et al. 2009).

Embora as adaptações neuromusculares expliquem os incrementos iniciais na força muscular observados com o TF (Akima et al. 1997; Lynch et al. 1999), as adaptações morfológicas (i.e. hipertrofia muscular) também exercer alguma influência nestes incrementos. Os incrementos na EM dos músculos VL, VM, VI e RC observados no presente estudo reforçam tal evidência. Ainda que estas alterações na EM tenham sido menores (~10-13%), do que no incremento de 1RM no exercício de extensão de joelhos (23,5%), elas parecem parcialmente explicar as mudanças na produção de força decorrentes do TF, fato pouco salientado em estudos prévios (Ivey et al. 2000; Lynch et al. 1999; Tracy et al. 1999). Aliás, a cronologia das adaptações morfológicas ocorridas com o TF tem sido pouco explorada em idosos, remetendo-se às alterações neuromusculares o principal mecanismo que explica os incrementos na força observados nos períodos iniciais de TF. Em um dos poucos estudos sobre o tema, Korhonen et al., (2009) observaram que o incremento nas EM dos extensores do joelho e flexores plantares foram também, além de adaptações neuromusculares, responsáveis pelo aumento da força máxima e velocidade de contração muscular dos extensores de joelho e flexores plantares, respectivamente, em idosos. A partir desta análise os autores sugeriram que a soma destes músculos explica em 26% do desempenho muscular (e.g, força, velocidade). Previamente a este trabalho, Frontera et al., (2000) também demonstraram que os incrementos da força muscular em idosos submetidos ao TF tem associação com mudanças na arquitetura muscular, além de incrementos no nível de ativação neural.

A QM é expressa pela força produzida relativa à unidade de massa muscular treinada e apresenta, a partir de uma medida não invasiva, a interação de fatores neurais e morfológicos durante um teste máximo de força muscular (Ivey et al. 2000; Newman et al. 2003). Decréscimos na QM com o processo de envelhecimento são

descritos em alguns estudos (Metter et al. 1999; Misic et al. 2007), e, entre os fatores que podem explicar este fenômeno, estão a diminuição da proporção de fibras do tipo II, o aumento de tecido conjuntivo, a infiltração de tecido adiposo e a alteração do metabolismo muscular. Nosso estudo encontrou incremento de 14,8% na QM dos extensores de joelho em GE (Tabela 1) em apenas seis semanas de treinamento de força, superior aos 4,3% observados por Tracy et al., (1999) em que mulheres foram submetidas ao TF durante nove semanas. Estes resultados contrapõem a afirmativa de que as alterações estruturais musculares são reduzidas nas semanas iniciais de TF (Sale 1988). Isto porque a QM avaliada por ultrassonografia pode ser realizada a qualquer momento de um período curto de treinamento, já a avaliação com tomografia computadorizada somente uma vez a cada seis meses, o que impossibilita a análise das adaptações morfológicas de uma fase curta de treinamento de força.

A literatura apóia a idéia de que a QM seja incrementada com o TF em idosos (Ivey et al. 2000; Misic et al. 2007), uma vez que esta variável é progressivamente diminuída com o envelhecimento. E esta redução parece estar diretamente relacionada à diminuição das capacidades funcionais e independência física desta população. A perda da capacidade funcional muscular em mulheres idosas está associada à redução da atividade física, o que interfere no equilíbrio corporal e aumenta o risco de quedas. A queda na terceira idade é um dos principais fatores de internações hospitalares por motivo de traumatismos, o que gera altos custos sociais, podendo levar ao óbito desta população (Tinetti 2003).

A condição funcional do idoso tem sido avaliada em testes funcionais (Bottaro et al. 2007; Fiatarone et al. 1990) a partir dos testes de sentar e levantar em 30s e *up foot and go*, e o desempenho nestes testes parece ser dependente da condição ou

capacidade do músculo quadríceps femoral. De fato, a sarcopenia é mais evidente neste músculo em idosos, que pode comprometer a independência física desta população (Caserotti et al. 2008a; Caserotti et al. 2008b; Caserotti et al. 2001; Hunter et al. 2004; Hunter et al. 2001; Macaluso and De Vito 2004; Metter et al. 1999). Assim, o TF, sobretudo dos membros inferiores, implementado na velhice parece aumentar a capacidade do músculo quadríceps femoral e, em decorrência disso, incrementar a QM e o desempenho das capacidades funcionais de idosos. Os incrementos na QM observados no presente estudo (~15%) foram relacionados a expressivos incrementos no desempenho dos testes funcionais de sentar e levantar e *up foot and go* (~24% e -28%, respectivamente) os quais parecem ter sido decorrentes de alterações na espessura muscular do quadríceps femoral (~10-13%). Estes fatos, em conjunto, parecem ratificar a importância do TF para idosos.

Em conclusão, a realização de uma fase curta de seis semanas de treinamento de força foi efetiva para o incremento da condição muscular dos extensores do joelho em mulheres idosas. O incremento na qualidade muscular decorre em alterações benéficas no desempenho de testes funcionais que representam padrões de movimento dos membros inferiores comuns nas atividades de vida diária de mulheres idosas. o conjunto destas alterações parece se constituir em uma estratégia adequada de prevenção de quedas de mulheres idosas.

2.7. Referência:

1. Abe T, DeHoyos DV, Pollock ML, Garzarella L (2000) Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *Eur J Appl Physiol* 81: 174-180
2. Akima H, Kuno S, Suzuki Y, Gunji A, Fukunaga T (1997) Effects of 20 days of bed rest on physiological cross-sectional area of human thigh and leg muscles evaluated by magnetic resonance imaging. *J Gravit Physiol* 4: S15-21
3. Bottaro M, Machado SN, Nogueira W, Scales R, Veloso J (2007) Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol* 99: 257-264
4. Cadore EL, Pinto RS, Alberton CL, Pinto SS, Lhullier FL, Tartaruga MP, Correa CS, Almeida AP, Silva EM, Laitano O, Kruel LF (2011a) Neuromuscular economy, strength, and endurance in healthy elderly men. *J Strength Cond Res* 25: 997-1003
5. Cadore EL, Pinto RS, Lhullier FL, Correa CS, Alberton CL, Pinto SS, Almeida AP, Tartaruga MP, Silva EM, Kruel LF (2010) Physiological effects of concurrent training in elderly men. *Int J Sports Med* 31: 689-697
6. Cadore EL, Pinto RS, Pinto SS, Alberton CL, Correa CS, Tartaruga MP, Silva EM, Almeida AP, Trindade GT, Kruel LF (2011b) Effects of strength, endurance, and concurrent training on aerobic power and dynamic neuromuscular economy in elderly men. *J Strength Cond Res* 25: 758-766
7. Caserotti P, Aagaard P, Larsen JB, Puggaard L (2008a) Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid muscle force, strength and power. *Scand J Med Sci Sports* 18: 773-782
8. Caserotti P, Aagaard P, Puggaard L (2008b) Changes in power and force generation during coupled eccentric-concentric versus concentric muscle contraction with training and aging. *Eur J Appl Physiol* 103: 151-161
9. Caserotti P, Aagaard P, Simonsen EB, Puggaard L (2001) Contraction-specific differences in maximal muscle power during stretch-shortening cycle movements in elderly males and females. *Eur J Appl Physiol* 84: 206-212
10. de Vos NJ, Singh NA, Ross DA, Stavrinou TM, Orr R, Fiatarone MA (2005) Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60: 638-647
11. Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, Evans WJ (1990) High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA* 263: 3029-3034
12. Frontera WR, Hughes VA, Fielding RA, Fiatarone MA, Evans WJ, Roubenoff R (2000a) Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol* 88: 1321-1326
13. Frontera WR, Hughes VA, Lutz KJ, Evans WJ (1991) A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol* 71: 644-650

14. Frontera WR, Suh D, Krivickas LS, Hughes VA, Goldstein R, Roubenoff R (2000b) Skeletal muscle fiber quality in older men and women. *Am J Physiol Cell Physiol* 279: C611-618
15. Granacher U, Gruber M, Gollhofer A (2009) Resistance training and neuromuscular performance in seniors. *Int J Sports Med* 30: 652-657
16. Granacher U, Gruber M, Gollhofer A (2010) Force production capacity and functional reflex activity in young and elderly men. *Aging Clin Exp Res* 22: 374-382
17. Hakkinen K, Alen M, Kallinen M, Newton RU, Kraemer WJ (2000) Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur J Appl Physiol* 83: 51-62
18. Hakkinen K, Newton RU, Gordon SE, McCormick M, Volek JS, Nindl BC, Gotshalk LA, Campbell WW, Evans WJ, Hakkinen A, Humphries BJ, Kraemer WJ (1998a) Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 53: B415-423
19. Hakkinen K, Pakarinen A, Newton RU, Kraemer WJ (1998b) Acute hormone responses to heavy resistance lower and upper extremity exercise in young versus old men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 77: 312-319
20. Hepple RT (2003) Sarcopenia--a critical perspective. *Sci Aging Knowledge Environ* 2003: pe31
21. Hicks VL, Stolarczyk LM, Heyward VH, Baumgartner RN (2000) Validation of near-infrared interactance and skinfold methods for estimating body composition of American Indian women. *Med Sci Sports Exerc* 32: 531-539
22. Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM (2004) Effects of resistance training on older adults. *Sports Med* 34: 329-348
23. Hunter GR, Treuth MS, Weinsier RL, Kekes-Szabo T, Kell SH, Roth DL, Nicholson C (1995) The effects of strength conditioning on older women's ability to perform daily tasks. *J Am Geriatr Soc* 43: 756-760
24. Hunter GR, Wetzstein CJ, McLafferty CL, Jr., Zuckerman PA, Landers KA, Bamman MM (2001) High-resistance versus variable-resistance training in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1759-1764
25. Ivey FM, Tracy BL, Lemmer JT, NessAiver M, Metter EJ, Fozard JL, Hurley BF (2000) Effects of strength training and detraining on muscle quality: age and gender comparisons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 55: B152-157; discussion B158-159
26. Jones CJ, Rikli RE, Beam WC (1999) A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport* 70: 113-119
27. Korhonen MT, Mero AA, Alen M, Sipila S, Hakkinen K, Liikavainio T, Viitasalo JT, Haverinen MT, Suominen H (2009) Biomechanical and skeletal muscle determinants of maximum running speed with aging. *Med Sci Sports Exerc* 41: 844-856
28. Kraemer WJ, Ratamess NA (2004) Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 36: 674-688

29. Lynch NA, Metter EJ, Lindle RS, Fozard JL, Tobin JD, Roy TA, Fleg JL, Hurley BF (1999) Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J Appl Physiol* 86: 188-194
30. Macaluso A, De Vito G (2004) Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *Eur J Appl Physiol* 91: 450-472
31. Metter EJ, Lynch N, Conwit R, Lindle R, Tobin J, Hurley B (1999) Muscle quality and age: cross-sectional and longitudinal comparisons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 54: B207-218
32. Mistic MM, Evans EM (2006) Derivation of whole body bone measures through summation of individual DXA scans. *J Clin Densitom* 9: 184-190
33. Mistic MM, Rosengren KS, Woods JA, Evans EM (2007) Muscle quality, aerobic fitness and fat mass predict lower-extremity physical function in community-dwelling older adults. *Gerontology* 53: 260-266
34. Narici MV, Maganaris C, Reeves N (2005) Myotendinous alterations and effects of resistive loading in old age. *Scand J Med Sci Sports* 15: 392-401
35. Newman AB, Haggerty CL, Goodpaster B, Harris T, Kritchevsky S, Nevitt M, Miles TP, Visser M (2003) Strength and muscle quality in a well-functioning cohort of older adults: the Health, Aging and Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc* 51: 323-330
36. Nogueira W, Gentil P, Mello SN, Oliveira RJ, Bezerra AJ, Bottaro M (2009) Effects of power training on muscle thickness of older men. *Int J Sports Med* 30: 200-204
37. Reeves ND, Narici MV, Maganaris CN (2004a) Effect of resistance training on skeletal muscle-specific force in elderly humans. *J Appl Physiol* 96: 885-892
38. Reeves ND, Narici MV, Maganaris CN (2004b) In vivo human muscle structure and function: adaptations to resistance training in old age. *Exp Physiol* 89: 675-689
39. Sale DG (1988) Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 20: S135-145
40. Tinetti ME (2003) Clinical practice. Preventing falls in elderly persons. *N Engl J Med* 348: 42-49
41. Tracy BL, Ivey FM, Hurlbut D, Martel GF, Lemmer JT, Siegel EL, Metter EJ, Fozard JL, Fleg JL, Hurley BF (1999) Muscle quality. II. Effects Of strength training in 65- to 75-yr-old men and women. *J Appl Physiol* 86: 195-201

CAPÍTULO II: EFEITOS DE TRÊS TIPOS DIFERENTES DE TREINAMENTO DE FORÇA NAS ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES E MORFOLÓGICAS NO DESEMPENHO FUNCIONAL DE MULHERES IDOSAS

3.1. Introdução:

O envelhecimento biológico está associado a um declínio das funções neuromusculares e morfológicas, resultando em decréscimo da força máxima, potência [1,2] e tempo de reação muscular. Os fatores neurais incluem as alterações no padrão de recrutamento das unidades motoras, taxa de disparo e sincronização das unidades motoras [3,4]. Os morfológicos estão associados sobretudo a atrofia das fibras, com conseqüente diminuição da área de secção transversa e espessura muscular (EM), principalmente as do tipo IIX, responsáveis pela produção de força rápida do músculo. Estes eventos afetam principalmente a musculatura de membros inferiores, particularmente das articulações do joelho e tornozelo [5,6].

O impacto do envelhecimento no sistema neuromuscular difere não somente em termos de grupos musculares e tipo de contração estudada [7-9], mas também no tempo de início da ativação muscular (*onset* muscular) [10]. Dados recentes indicam que o envelhecimento diminui a capacidade de produção de força explosiva e/ou reativa mais do que a produção de força máxima [11]. Do ponto de vista funcional e terapêutico, a capacidade de produção de força rápida e/ou reativa tem impacto importante nas atividades de vida diária (AVD) [12], como sentar e levantar de uma cadeira ou subir escadas, sendo estas tarefas dependentes do tempo de reação muscular [13,14].

A habilidade de produção de força reativa é vital e pode servir como um mecanismo preventivo nas quedas. As lesões ocorridas como resultado das quedas e as intercorrências a elas associadas (internações hospitalares, cirurgia para implantes de próteses etc...) decorrem em elevados custos e representam um grave problema de saúde pública [15]. A incidência de quedas é maior em mulheres idosas do que em homens idosos, devido ao baixo nível de atividade física e podem ameaçar o estilo de vida independente destes indivíduos. A simples adoção de um programa de treinamento de força (TF) de forma regular e sistemática, reduz a velocidade com que as fibras musculares se deterioram, aumenta a força absoluta e relativa, melhora o equilíbrio, e aumenta a potência muscular, ajudando os idosos a manter sua independência em relação às AVDs e reduzindo assim o risco de quedas [3,16]. Neste contexto, a realização de um tipo de TF, seja ele o treinamento de força tradicional, o treinamento de potência ou o treinamento de força reativa com a utilização do ciclo alongamento encurtamento (CAE), que contemple o desenvolvimento da força máxima, potência e da força reativa, respectivamente, parece ser fundamental para a manutenção da saúde motora e qualidade de vida desta população.

Dentre os três tipos de treinamento de força supracitados, o treinamento de potência parece ser o mais adequado para a melhora das habilidades funcionais em homens idosos que o treinamento de força tradicional [17,18]. Já o treinamento de força reativa aprimora ambas valências musculares (i.e. força máxima, potência e um menor tempo de reação muscular) e, do ponto de vista neuromuscular, aumenta em maior grau do que o treinamento de potência a responsividade muscular de mulheres idosas. Porém, não encontramos

estudos na literatura que tenham avaliado e comparado os efeitos de três tipos diferentes de treinamento de força em parâmetros neuromusculares e morfológicos bem como nas capacidades funcionais de mulheres idosas.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi comparar as adaptações neuromusculares, morfológicas e, principalmente funcionais, em mulheres idosas submetidas não treinadas em força a três tipos diferentes de treinamento de força.

3.2. Métodos:

A amostra foi composta por 58 mulheres idosas com idade de 67 ± 5 anos, que participaram de um programa de treinamento de força resistente nas seis semanas anteriores ao estudo, com o objetivo de nivelar a capacidade neuromuscular das mesmas. Cada indivíduo foi informado sobre os procedimentos metodológicos desse estudo a partir da leitura de um termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (nº19322).

3.3. Desenho Experimental:

Os grupos experimentais treinaram duas vezes por semana durante 12 semanas, com intensidade e volume progressivos, periodizados de forma linear [19,20] em quatro meso-ciclos de três semanas (15-20 RM, 12-15 RM, 10-12 RM e 8-10 RM). O experimento foi dividido em dois momentos: a) No primeiro momento, composto de seis semanas, os sujeitos foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos: Grupo Experimental (GE, n=41) e Grupo Controle (GC, n=17), não havendo diferença significativa entre os grupos em nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 1) no pré-treinamento. O GC não realizou qualquer tipo de exercício de força durante as 12 semanas de

intervenção. b) No segundo momento do estudo com duração de também seis semanas, o GE foi dividido em três grupos que realizaram tipos de treinamentos específicos de força (GT, n=14), (GP, n=13) e (GR, n=14) (Figura 1). Os GT, GP e GR realizaram os mesmos exercícios para membros superiores (puxada frontal, supino, rosca direta, tríceps roldana, elevação lateral e abdominais) com velocidade de execução em 2 s por fase (concêntrica e excêntrica). Para os membros inferiores o GT e GP realizaram os mesmos exercícios (pressão de pernas, extensão e flexão de joelhos) sendo que no GP os exercícios para membros inferiores foram realizados com a máxima velocidade na fase concêntrica. No GR o exercício pressão de pernas foi substituído pelo exercício de *step* (exercício em que está inserido o CAE) [21,22], que constituía no ato de subir e descer de forma unilateral e com alternância de membros inferiores um degrau (*step*), nas alturas pré-definidas de 10, 20 e 30 cm em alta velocidade com repetições máximas relativas ao tempo de execução (entre 15-20 s).



Figura 1. Desenho experimental simplificado do estudo.

Composição corporal:

A massa corporal e estatura foram estimadas por meio dos protocolos de dobras cutâneas [23]. Posteriormente, a composição corporal foi estimada pela fórmula de Siri [24]. Foi utilizado um plicômetro de marca Lange, com resolução de 1 mm para mensuração da massa corporal, uma balança analógica da marca ASIMED, com resolução de 0,1 kg, e um estadiômetro da marca ASIMED para a mensuração da estatura. As características físicas dos sujeitos estão apresentadas e divididas na Tabela 1.

Força Dinâmica Máxima (1RM):

Foi realizado o teste de 1RM para membros inferiores (bilateral) por meio do exercício extensão de joelhos. O equipamento utilizado para tal foi a “cadeira extensora” da marca WORLD-ESCUPTOR, com resolução de 1 kg. Para o controle da velocidade de movimento durante o teste, foi utilizado um metrônomo da marca QUARTZ, com resolução de 1 Hz (ver Cadore et al., [20] para descrição detalhada dos procedimentos do teste).

Espessura Muscular (EM):

A avaliação da EM foi realizada por meio de imagem obtida com o aparelho de ultra-sonografia (Philips, VMI, Indústria e Comércio Ltda. Lagoa Santa, MG, Brasil), sendo a imagem obtida em B-modo. Anteriormente à avaliação os sujeitos permaneceram deitados por 10 minutos de modo a restabelecer o fluxo normal dos líquidos corporais. Com os indivíduos deitados e com o membro avaliado estendido, um transdutor com frequência de amostragem de 7,5 MHz foi posicionado de forma perpendicular sobre músculo avaliado. Para a aquisição da imagem foi utilizado um gel à base de água, que

promove um contato acústico sem a necessidade de causar pressão com o transdutor sobre a pele. O tecido adiposo subcutâneo e o tecido ósseo foram identificados pela imagem do ultrassom, e a distância entre eles foi definida como EM. A avaliação da EM foi efetuada no segmento dominante e todas as medidas foram executadas pelo mesmo avaliador. A avaliação da EM dos extensores de joelho foi realizada nos seguintes pontos: vasto lateral (VL)- ponto médio; entre trocânter maior e epicôndilo lateral do fêmur; vasto medial (VM)- 30% da distância do epicôndilo lateral do fêmur até o trocânter maior; o reto da coxa (RC)- dois terços da distância do trocânter maior do fêmur ao epicôndilo lateral e 3 cm lateral a partir da linha média do membro [25]. A reprodutibilidade das medidas da espessura do músculo quadríceps foi determinada em dois dias separados, e a variação das espessuras foi inferior a 3%.

Ativação Muscular:

A ativação muscular foi determinada pela EMG de superfície. Os indivíduos foram posicionados no equipamento pressão de pernas da marca WORLD-ESCUPTOR, com uma célula de carga acoplada à cadeira do equipamento em que foi mensurado o sinal EMG (RMS) dos músculos VL e RC em condições isométricas. A célula de carga e cabos condutores de sinal EMG foram conectadas a um conversor analógico/digital (A/D) Miotool 400, com quatro canais de 2000 Hz cada que recebeu energia de um sistema de baterias, sendo os dados transmitidos a um notebook via porta USB (MIOTEC, Equipamentos Biomédicos). Em um primeiro momento, foi realizada a raspagem dos pêlos e limpeza da pele onde os eletrodos foram posicionados segundo proposto por Hakkinen et al., [1,2] por abrasão com algodão

umedecido com álcool em gel. Os eletrodos foram posicionados em configuração bipolar, longitudinalmente à direção das fibras musculares, no ventre dos músculos VL, VM e RC da perna direita. A distância entre os eletrodos foi fixada em 2,2 cm (MIOTEC, modelo *HALL*) e, em cada coleta, o nível de resistência entre os eletrodos foi medida, controlada e mantida abaixo de 3000 Ohms, verificada por um multímetro. Um eletrodo de referência foi colocado na tuberosidade da tíbia da perna direita [26-29]. Foram realizadas três contrações isométricas voluntárias máxima (CIVM) de cinco segundos, com os ângulos das articulações do quadril, joelho e tornozelo posicionados e preservados em aproximadamente 90°, e intervalo de três a cinco minutos entre as tentativas. Foi utilizado o platô da curva de força em 1 s como referência para a determinação da ativação máxima pelo sinal EMG (RMS). O posicionamento dos eletrodos nos diferentes momentos de avaliação do sinal EMG foi controlado por meio de marcas realizadas na pele de cada indivíduo com caneta retroprojetora e mapeamento proposto por Narici et al. [30]. Para a análise do sinal EMG foi realizada a filtragem digital utilizando-se filtro do tipo Passa-banda *Butterworth*, de quinta ordem, com frequência de corte entre 20 e 500 Hz. Para as curvas de força foi utilizado o filtro *Butterworth* de 0-9 Hz [26,31]. Todos os dados foram analisados utilizando o software *Matlab* (versão 5.3.).

Tempo de Reação e Onset Muscular:

Para a determinação do tempo de reação e do *onset* muscular dos músculos VL, VM e RC utilizou-se os valores da curva de força (kgf) e do sinal EMG (RMS), respectivamente, da CIVM de maior valor. O tempo de reação e *onset* muscular foram definidos em milissegundos (ms) e analisados por um

algoritmo desenvolvido em rotina matemática no programa *Matlab* (versão 5.3.). O tempo de reação foi definido pelo tempo entre o estímulo luminoso LED (*light emitter diode*) até o ponto em que a curva de força (kgf) desviou mais do que 3 DP dos valores basais de referência (período de 25 ms de pré-tensão anterior à realização da CIVM). O *onset* muscular dos músculos VL, VM e RC foi definido pelo tempo entre o estímulo luminoso LED (*light emitter diode*) até o ponto em que o sinal EMG (RMS) desviou mais do que 3 DP da média dos valores basais (período de 200 ms anterior ao início da realização da CIVM) por um período mínimo de 25 ms acima do nível basal da atividade elétrica destes músculos [32,33].

Taxa de Produção de Força (TPF):

A TPF foi mensurada no teste realizado no exercício pressão de pernas, de acordo com a seguinte equação: variação dos valores de força (Δ kgf) / variação do tempo (Δ ms) [8]. Para o cálculo da TPF foi utilizada a CIVM de maior valor (em kgf). A TPF foi calculada em diferentes intervalos de tempo (0-150ms e 0-250ms), a partir de rotina processada no software *Matlab* (versão 5.3.) e segundo proposição de Caserotti et al., [9].

Testes Funcionais:

Sentar e Levantar em 30s (SL):

No teste de SL o participante foi posicionado sentado no centro da cadeira, com as costas retas e os pés sobre uma superfície plana, com os braços cruzados e fixos na altura do peito, com os quadris e joelhos posicionados em aproximadamente 90°. Ao sinal verbal, o participante eleva-se até a posição ereta plena (corpo ereto e reto) e, em seguida, retorna à posição

inicial sentada. Com contagem verbal (em voz alta) de todas as repetições válidas, o participante foi incentivado a concluir o maior número possível de repetições dentro de um período de 30s [12].

Salto com contra movimento (CMJ):

Para a realização do CMJ os indivíduos foram posicionados sobre a plataforma de força AMTI – (*Advanced Mechanical Technology, INC* – modelo OR6-WP-1000) e instruídos a executarem vários saltos com as mãos na linha da cintura evitando-se a flexão de pernas durante a fase de voo e buscando atingir a máxima altura possível. Este procedimento foi utilizado para o aprendizado e familiarização com a técnica do movimento. Posteriormente à familiarização, os sujeitos realizaram três saltos CMJ na plataforma de força com dois minutos de intervalo. Não houve restrição para o ângulo de flexão do joelho na realização da fase excêntrica do CMJ [8,34,35]. O salto de maior altura foi utilizado para as análises posteriores, a altura do salto foi determinada pela equação de Bosco [36]: $[(\text{Altura de salto} = 9,8 \cdot (\text{tempo de voo})^2/6)]$, com a utilização de software *Matlab* versão 5.3 para a análise dos dados.

3.4. Análise Estatística:

Foi utilizada estatística descritiva com exposição de médias \pm desvio padrão (DP). O teste de normalidade utilizado foi o de *Kolmogorov-Smirnov*, teste de homogeneidade de Levene e teste de esfericidade de *Mauckly*. Para as comparações entre os valores de pré, pós seis e pós 12 semanas de treinamento de força foi utilizada a ANOVA, *two-way* para medidas repetidas (tempo vs. grupo), com *post-hoc* de Bonferroni. Adicionalmente, foi realizada a ANOVA *oneway*. Para comparar os incrementos relativos ($\Delta\%$) entre os grupos experimentais e controle nos diferentes momentos no estudo (após seis e 12

semanas do treinamento). O nível de significância $p < 0,05$ foi considerado em todas as análises. Para a execução dos procedimentos estatísticos, foi utilizado o pacote estatístico SPSS versão 17.0.

3.5. Resultados:

Durante as seis semanas iniciais de treinamento de força, em que os indivíduos do grupo que realizou treinamento (GE) utilizaram uma rotina de treinamento de força semelhante, houve aumento significativo na força dinâmica máxima (1RM), na ativação máxima e *onset* muscular do quadríceps femoral (VL, VM e RC), nas espessuras musculares dos músculos VL, VM e RC no tempo de reação e no teste de sentar e levantar em 30 s ($p < 0,05$). Nas variáveis relacionadas à força dinâmica máxima, ativação máxima e *onset* muscular, bem como à espessura muscular, o GE apresentou incrementos significativamente maiores do que o GC ($p < 0,05$). Durante este período (zero a seis semanas) não houve modificações na taxa de produção de força e na altura do CMJ (Tabela 2).

Após a divisão do grupo de treinamento de força (GE) em grupos de treinamentos específicos (GT, GP e GR, semana seis a 12), houve incremento significativo nas variáveis 1RM da extensão de joelhos (Figura 1a), na espessura muscular do VL, na ativação máxima dos músculos VL e VM em todos os grupos de treinamento ($p < 0,05$), sem diferença entre os mesmos. Os valores observados de tempo de reação (Figura 1c) e o *onset* muscular do músculo RC foram significativamente mais incrementados no GR. Da mesma forma, o desempenho no teste de sentar e levantar em 30 s (Figura 1b) e no salto vertical do tipo CMJ (Figura 1d) foi significativamente maior no GR comparativamente aos grupos GT e GP. A taxa de produção de força no

período de 0-150ms foi significativamente maior nos grupos GR e GP ($p < 0,05$), o que não ocorreu em GT (Tabela 3).

Tabela 1. Características físicas dos sujeitos pré e pós seis semanas de treinamentos de força específicos.

Semana	GT, n= 14		GP, n= 13		GR, n= 14		GC, n=17	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Idade (anos)	65,3 ± 4,5	65,9 ± 4,7	68,3 ± 4,8	68,6 ± 4,9	61,3 ± 4,8	61,7 ± 4,2	63,2 ± 4,9	63,6 ± 3,7
Massa corporal (kg)	69,3 ± 9,1	64,9 ± 8,9	66,3 ± 12,9	62,3 ± 9,1	60,3 ± 11,9	66,3 ± 9,6	61,3 ± 9,8	68,9 ± 7,9
Estatura (cm)	157,7 ± 12,2	158,6 ± 11,2	159,7 ± 14,1	158,6 ± 8,2	15,9 ± 10,1	160,6 ± 11,3	163,5 ± 11,1	164,3 ± 9,2
% Gordura	34,0 ± 7,3	37,5 ± 5,6	33,0 ± 8,3	36,3 ± 6,6	33,3 ± 9,3	36,1 ± 8,26	37,0 ± 3,8	37,5 ± 8,1
Massa magra (kg)	64,9 ± 6,5	65,5 ± 5,9	62,1 ± 9,1	64,1 ± 6,8	66,1 ± 9,5	62,5 ± 5,3	65,2 ± 7,6	63,9 ± 10,9

GT= treinamento de força tradicional, GP= treinamento de potência, GR= treinamento de força reativa e GC= grupo controle.

Tabela 2. Valores pré e pós seis semanas de treinamento de força resistente das variáveis do estudo em Média ± DP.

Variáveis	GE, n=41		GC, n=17	
	Pré	Pós	Pré	Pós
1 RM- EJ (kg)	42,5 ± 8,1	51,9 ± 9,9 †*	39,1 ± 8,3	36,8 ± 9,0
EM- VL (mm)	16,1 ± 2,3	17,9 ± 2,1 †*	16,7 ± 2,9	16,1 ± 3,1
EM- VM (mm)	14,9 ± 3,3	16,9 ± 2,2 †*	14,4 ± 3,6	14,9 ± 3,4
EM- RC (mm)	16,1 ± 2,9	17,7 ± 3,1 †*	16,8 ± 2,1	16,0 ± 2,0
EMG- VL (µV)	103,2 ± 51,5	146,3 ± 33,2 †*	119,9 ± 44,9	106,4 ± 34,6
EMG- VM (µV)	78,2 ± 33,7	127,8 ± 27,9 †*	88,7 ± 34,5	79,8 ± 33,5
EMG- RC (µV)	66,1 ± 43,3	99,7 ± 23,3 †*	77,2 ± 29,8	71,3 ± 27,1
OM- VL (µV)	324,5 ± 69,4	199,3 ± 51,6 †*	343,8 ± 76,3	311,2 ± 75,7
OM- VM (µV)	356,8 ± 68,7	236,9 ± 54,4 †*	298,7 ± 67,9	320,9 ± 63,8
OM- RC (µV)	346,2 ± 66,3	275,9 ± 49,9 †*	350,7 ± 64,9	328,8 ± 63,7

RT (μ V)	473,2 \pm 67,1	318,3 \pm 50,1 †*	457,4 \pm 91,5	398,6 \pm 80,5
TPF- 0-150ms (kgf/ms)	35,3 \pm 11,2	39,8 \pm 12,2	42,6 \pm 10,8	37,0 \pm 13,3
TPF- 0-250ms (kgf/ms)	42,1 \pm 10,6	47,8 \pm 12,4	45,4 \pm 19,3	48,1 \pm 17,3
SL (n° repetições)	14,1 \pm 1,5	17,2 \pm 1,3 †*	15,7 \pm 2,0	14,7 \pm 2,4
CMJ (cm)	7,4 \pm 2,5	8,2 \pm 2,1	7,6 \pm 2,5	7,9 \pm 4,5

† Diferença significativa entre valores de pré e pós seis semanas de treinamentos de força específicos ($p < 0,05$).

* Diferença significativa do GE= Grupo Experimental em relação ao GC= Grupo Controle ($p < 0,05$).

Abreviações: 1RM= Uma Repetição Máxima, EJ= Extensão de Joelhos, EM= Espessura Muscular, VL= Vasto Lateral, VM= Vasto Medial, RC= Reto da Coxa, EMG= Ativação máxima muscular pela eletromiografia, TPF= Taxa de Produção de Força, OM= Onset Muscular, RT= Tempo de Reação, SL= Teste de Sentar e Levantar em 30s, CMJ= Salto com contra movimento.

Tabela 3. Valores pré e pós seis semanas de treinamentos de força específicos em Média \pm DP.

Variáveis:	GT, n=14		GP, n=13		GR, n=14	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
EM- VL (mm)	17,8 \pm 1,6	21,8 \pm 2,9 †	18,0 \pm 2,3	23,2 \pm 3,9 †	17,8 \pm 3,1	21,8 \pm 2,3 †
EM- VM (mm)	16,2 \pm 3,1	16,9 \pm 2,3	16,9 \pm 2,6	17,2 \pm 3,6	16,9 \pm 2,6	17,4 \pm 2,9
EM- RC (mm)	18,1 \pm 2,9	19,8 \pm 3,6	17,6 \pm 3,2	19,9 \pm 3,1	18,0 \pm 3,2	19,8 \pm 4,4
EMG- VL (μ V)	136,3 \pm 32,2	189,0 \pm 39,4 †	139,3 \pm 55,2	195,9 \pm 37,8 †	158,9 \pm 76,3	245,5 \pm 55,7 †
EMG- VM (μ V)	117,1 \pm 29,4	144,8 \pm 14,6 †	120,9 \pm 19,3	143,7 \pm 18,9 †	126,4 \pm 35,4	169,7 \pm 34,7 †
EMG- RC (μ V)	99,3 \pm 37,1	119,6 \pm 30,7	89,6 \pm 39,9	118,7 \pm 27,6	108,4 \pm 28,6	117,7 \pm 24,9
OM- VL (μ V)	194,3 \pm 51,6	272,6 \pm 98,2	195,7 \pm 42,3	229,2 \pm 75,7	262,5 \pm 56,1	229,2 \pm 93,4
OM- VM (μ V)	205,1 \pm 54,3	254,9 \pm 94,6	218,9 \pm 38,7	239,1 \pm 96,7	226,6 \pm 38,9	248,6 \pm 59,3
OM- RC (μ V)	255,9 \pm 49,9	285,9 \pm 109,0	223,7 \pm 51,4	252,8 \pm 63,7	291,2 \pm 44,3	203,0 \pm 43,6 †*
TPF- 0-150ms (kgf/ms)	39,8 \pm 12,2	36,4 \pm 15,0	41,8 \pm 4,9	51,9 \pm 5,0 †£	38,3 \pm 11,5	59,4 \pm 10,4 †£
TPF- 0-250ms (kgf/ms)	47,8 \pm 12,4	43,9 \pm 10,4	47,2 \pm 9,2	59,8 \pm 18,9	45,8 \pm 17,1	61,8 \pm 18,9

† Diferença significativa entre valores de pré e pós seis semanas de treinamentos de força específicos ($p < 0,05$).

* Diferença significativa do GR= Treinamento de Força Reativa em relação ao GT= Treinamento de Força Tradicional e o GP= Treinamento de Potência ($p < 0,05$).

£ Diferença significativa do GR= Treinamento de Força Reativa e GP= Treinamento de Potência em relação ao GT= Treinamento de Força Tradicional ($p < 0,05$).

Abreviações: EM= Espessura Muscular, VL= Vasto Lateral, VM= Vasto Medial, RC= Reto da Coxa, EMG= Ativação muscular máxima pela eletromiografia, TPF= Taxa de Produção de Força, OM= Onset Muscular.

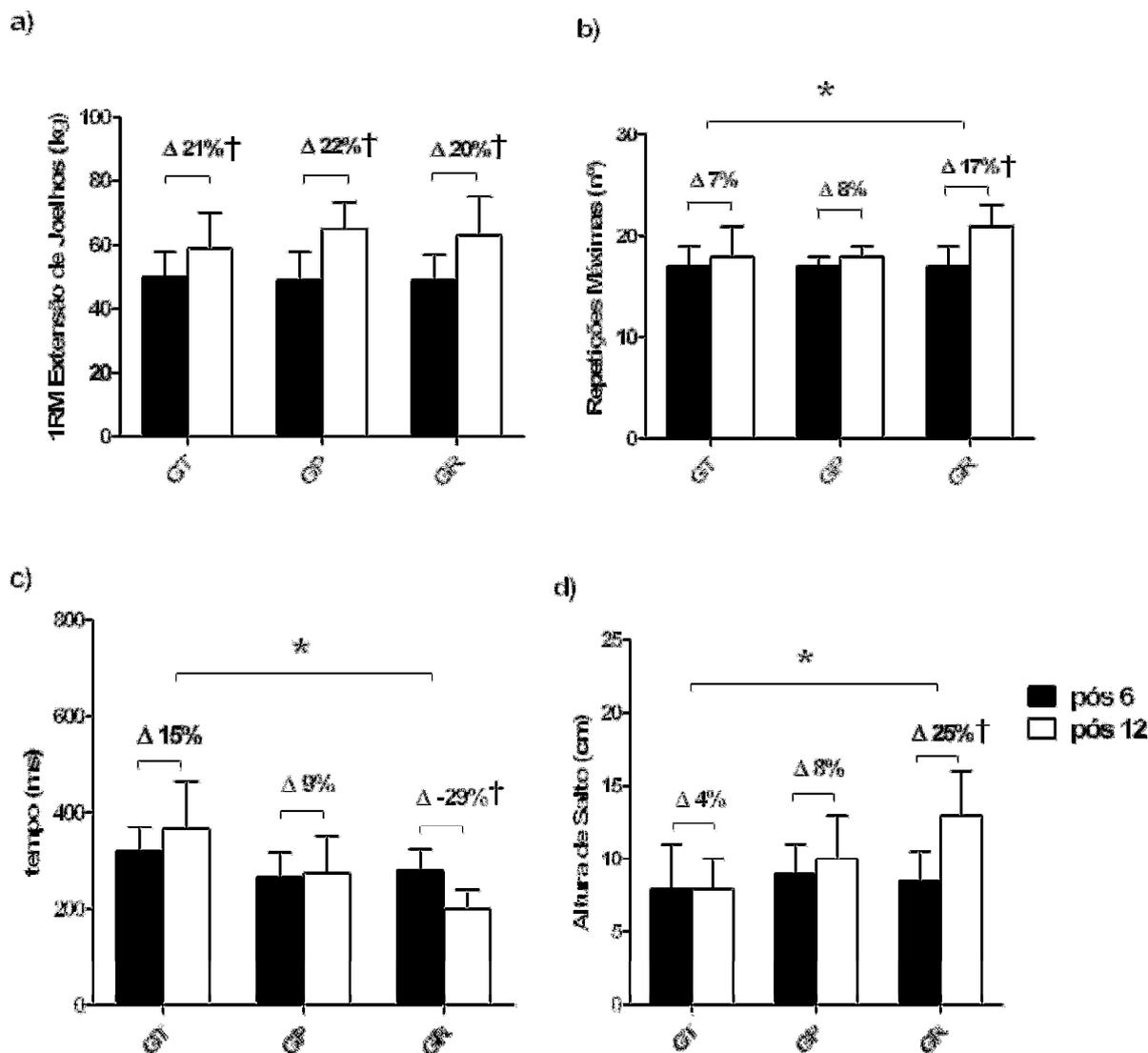


Figura 2. Valores em média \pm DP e $\Delta\%$ pré e pós seis semanas de treinamentos de força específicos.

a) 1RM na extensão de joelhos.

b) Teste de sentar e levantar em 30s.

c) Tempo de reação muscular.

d) Salto vertical com contra-movimento.

† Diferença significativa entre valores de pré e pós seis semanas de treinamentos de força específicos, $p < 0,05$.

* Diferença significativa do GR (Grupo Treinamento de Força Reativa) em relação aos grupos GT (Grupo Treinamento de Força Tradicional) e GP (Grupo Treinamento de Potência), $p < 0,05$.

3.6. Discussão:

Os principais achados do presente estudo foram que o treinamento de força reativa foi mais efetivo que o treinamento de força tradicional e o treinamento de potência no desempenho dos testes de sentar e levantar em 30 s e do salto com contra movimento e também na ativação muscular do quadríceps. Além disso, os três tipos específicos de treinamento de força (GT, GP e GR) não apresentaram diferença significativa no incremento da força dinâmica máxima no exercício de extensão de joelhos e espessura muscular.

Com relação às adaptações relacionadas ao desenvolvimento de força máxima, nossos resultados concordam com estudos prévios que observaram incrementos na força relacionados ao aumento na ativação muscular, bem como desenvolvimento de hipertrofia muscular [1-4]. No presente estudo houve aumento na ativação muscular dos músculos VL e VM sem diferença significativa em todos os tipos de treinamento, o que sugere um aumento do recrutamento e frequência de disparo de unidades motoras [1, 2]. Nas adaptações morfológicas, houve um incremento na espessura muscular do VL em todos os grupos de treinamento de força, sem diferença entre os grupos, sugerindo a contribuição da morfologia muscular no incremento da força máxima dinâmica [17, 20]. Nossos resultados ressaltam a importância do treinamento de força reativa, uma vez que o GR, o qual houve a substituição de um exercício com maior capacidade de utilização de sobrecarga (i.e. pressão de pernas), por um exercício com a utilização do CAE em alta velocidade de execução (i.e. *step*), não teve prejuízo nos incrementos na força máxima e espessura muscular. Isso pode ser explicado pelo fato de que a utilização de exercícios com CAE promove o recrutamento de unidades motoras de maior

limiar de ativação [8, 9], o que pode ter estimulado o aumento na ativação máxima nesse grupo. Com relação às adaptações morfológicas, tem sido demonstrado que o treinamento com a utilização do CAE promove incrementos semelhantes ao treinamento de força tradicional na área muscular em jovens não treinados, quando o volume utilizado é semelhante entre os tipos de treinamento [8].

Além da ativação muscular, o *onset* muscular, e o tempo de reação são fundamentais para a avaliação da responsividade neuromuscular em idosos [3,4]. No presente estudo, foi observado uma redução significativa no *onset* muscular do músculo RC no GR, que apresentou valores significativamente menores que os outros grupos após o treinamento. Além disso, o GR apresentou uma redução significativa no tempo de reação (-29%), o que representa uma melhora importante na responsividade neuromuscular em mulheres idosas. Nossos resultados concordam com dados prévios apresentados na literatura, que demonstrou que a utilização de exercícios de força com a presença do CAE, como no exercício de *step*, aprimora a velocidade da ativação e tempo de reação de músculos bi-articulares como o RC [22]. Funcionalmente, a diminuição no *onset* muscular e tempo de reação pode aumentar a capacidade das mulheres idosas de desviarem de obstáculos e diminuir o tempo de resposta muscular e a frequência de quedas. De fato, Laroche et al, [10] demonstraram que mulheres idosas com menor propensão a quedas possuíam melhor desempenho no tempo de reação e no tempo de ativação das musculaturas do tornozelo e joelho. A ausência de modificações no *onset* muscular dos músculos mono-articulares VL e VM pode ter ocorrido devido a possíveis adaptações na estratégia de recrutamento muscular durante

a tarefa avaliada. Ainda, tem sido demonstrado que adaptações neuromusculares ao treinamento podem não ocorrer em todos os músculos de um grupo muscular avaliado [29,35].

No presente estudo, seis semanas de treinamento de força reativa foi suficiente para a redução no tempo de reação muscular, o que não ocorreu nos treinamentos de potência e tradicional (figura 2c). Esse resultado demonstra que o GR, além de incrementar a força dinâmica máxima em igual magnitude que o GP e GT, aumentou a força reativa muscular dos extensores de joelhos. Nossos resultados corroboram com os resultados de Caserotti et al. [8], que verificaram aumentos na força reativa dos extensores de joelho de idosos após 12 semanas de treinamento de força reativa, em apenas 2 sessões por semana, com uma carga de 70-80% de 1RM. Como no presente estudo, esses autores demonstraram que uma frequência de treinamento de apenas duas vezes por semana é capaz de melhorar a capacidade de produção de força rápida de mulheres idosas.

A taxa de produção de força produção é uma das variáveis que representam a capacidade de desenvolvimento de força rápida e possui alta correlação com a capacidade funcional em indivíduos idosos [8, 9]. No presente estudo, a taxa de produção de força em 150 ms foi significativamente incrementada em GR e GP, que apresentaram valores maiores do que o GT após o treinamento. Esses resultados reforçam a importância da execução de exercícios com a máxima velocidade durante a fase concêntrica de movimento, já que o desempenho de exercícios com maior velocidade parece ser mais efetiva para o desenvolvimento da força rápida muscular [8]. Outro aspecto importante considerando o aumento desta variável neuromuscular, é que foi

demonstrado que a TPF é positivamente relacionada com economia neuromuscular durante o exercício aeróbio, bem como com a potência aeróbia em indivíduos idosos [28].

O desenvolvimento da força reativa, concomitante ao aumento na força máxima e massa muscular em idosos é de grande importância para a capacidade funcional de mulheres idosas, e os resultados do presente estudo sugerem que o treinamento de força reativa parece ser a melhor estratégia para o desenvolvimento dessas capacidades. Em paralelo com os parâmetros neuromusculares, o GR demonstrou ser o mais efetivo para o aumento do desempenho de testes funcionais, como demonstrado pelo aumento no número de repetições no teste funcional de sentar e levantar em 30s (17%) e na altura do CMJ (25%). Com relação ao desempenho durante o CMJ, nossos resultados vão ao encontro de outros estudos que demonstraram que o treinamento de força tradicional apresenta pouca ou nenhuma melhora no desempenho de saltos [14, 17], o que implica na necessidade de desenvolvimento de estratégias com a utilização de exercícios com o CAE, já que o desempenho nos saltos, bem como a produção de força reativa dos membros inferiores se constituem em fatores fundamentais para uma boa execução e manutenção das AVDs de mulheres idosas [10,14]. Cabe salientar que o programa de treinamento de força reativa foi precedido de um treinamento de força resistente, o que pode ter preparado o sistema neuromuscular dos indivíduos do GR para suportar os exercícios com o CAE. Contudo, nossos resultados reforçam que curtos períodos de treinamento parecem ser suficientes para melhorar a execução de testes funcionais [17].

Em conclusão, o treinamento de força reativa incrementa parâmetros neuromusculares relacionados a responsividade muscular, bem como melhora a capacidade funcional de mulheres idosas em maior magnitude que os treinamentos de força tradicional e de potência. Além disso, o melhor desempenho nesses parâmetros não impede o desenvolvimento de força dinâmica máxima, espessura muscular e ativação muscular do quadríceps que foi semelhante entre os tipos específicos de treinamento de força.

3.7. Referências:

1. Hakkinen K, Newton RU, Gordon SE, et al. Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1998;53:B415-423
2. Hakkinen K, Kallinen M, Izquierdo M, et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol* 1998;84:1341-1349
3. Laroche DP, Knight CA, Dickie JL, Lussier M, Roy SJ. Explosive force and fractionated reaction time in elderly low- and high-active women. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39:1659-1665
4. LaRoche DP, Roy SJ, Knight CA, Dickie JL. Elderly women have blunted response to resistance training despite reduced antagonist coactivation. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:1660-1668
5. Sturnieks DL, St George R, Lord SR. Balance disorders in the elderly. *Neurophysiol Clin* 2008;38:467-478
6. Frontera WR, Hughes VA, Krivickas LS, et al. Strength training in older women: early and late changes in whole muscle and single cells. *Muscle Nerve* 2003;28:601-608
7. Bottaro M, Machado SN, Nogueira W, Scales R, Veloso J. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol* 2007;99:257-264
8. Caserotti P, Aagaard P, Larsen JB, Puggaard L. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid muscle force, strength and power. *Scand J Med Sci Sports* 2008;18:773-782
9. Caserotti P, Aagaard P, Puggaard L. Changes in power and force generation during coupled eccentric-concentric versus concentric muscle contraction with training and aging. *Eur J Appl Physiol* 2008;103:151-161
10. Laroche DP. Initial neuromuscular performance in older women influences response to explosive resistance training. *Isokinet Exerc Sci* 2009;17:197
11. Hakkinen K, Kraemer WJ, Newton RU, Alen M. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol Scand* 2001;171:51-62
12. Rikli RE. Reliability, validity, and methodological issues in assessing physical activity in older adults. *Res Q Exerc Sport* 2000;71:S89-96
13. Yamada T, Demura S. Relationships between ground reaction force parameters during a sit-to-stand movement and physical activity and falling risk of the elderly and a comparison of the movement characteristics between the young and the elderly. *Arch Gerontol Geriatr* 2009;48:73-77
14. Seynnes O, Fiatarone Singh MA, Hue O, et al. Physiological and functional responses to low-moderate versus high-intensity progressive resistance training in frail elders. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2004;59:503-509
15. Tinetti ME. Clinical practice. Preventing falls in elderly persons. *N Engl J Med* 2003;348:42-49

16. Rikli R, Busch S. Motor performance of women as a function of age and physical activity level. *J Gerontol* 1986;41:645-649
17. Hrada KV, Hicks AL, McCartney N. Training for muscle power in older adults: effects on functional abilities. *Can J Appl Physiol* 2003;28:178-189
18. Bean JF, Kiely DK, Herman S, et al. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc* 2002;50:461-467
19. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:674-688
20. Cadore EL, Pinto RS, Lhullier FL, et al. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *Int J Sports Med* 2010;31:689-697
21. Bosco C, Rusko H. The effect of prolonged skeletal muscle stretch-shortening cycle on recoil of elastic energy and on energy expenditure. *Acta Physiol Scand* 1983;119:219-224
22. Komi PV. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech* 2000;33:1197-1206
23. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978;40:497-504
24. Heyward V, Hicks V, Reano L, Stolarczyk L. Comparison of dual-energy X-ray absorptiometry and four-component model estimates of body fat in American Indian men. *Appl Radiat Isot* 1998;49:625-626
25. Korhonen MT, Mero AA, Alen M, et al. Biomechanical and skeletal muscle determinants of maximum running speed with aging. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41:844-856
26. Cadore EL, Pinto RS, Alberton CL, et al. Neuromuscular economy, strength, and endurance in healthy elderly men. *J Strength Cond Res* 2011;25:997-1003
27. Cadore EL, Pinto RS, Pinto SS, et al. Effects of strength, endurance, and concurrent training on aerobic power and dynamic neuromuscular economy in elderly men. *J Strength Cond Res* 2011;25:758-766
28. Da Silva EM, Brentano MA, Cadore EL, De Almeida AP, Krueel LF. Analysis of muscle activation during different leg press exercises at submaximum effort levels. *J Strength Cond Res* 2008;22:1059-1065
29. Alberton CL, Cadore EL, Pinto SS, et al. Cardiorespiratory, neuromuscular and kinematic responses to stationary running performed in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:1157-1166
30. Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1989;59:310-319
31. Alberton CL, Antunes AH, Pinto SS, et al. Correlation between rating of perceived exertion and physiological variables during the execution of stationary running in water at different cadences. *J Strength Cond Res* 2011;25:155-162
32. Bennell K, Duncan M, Cowan S, et al. Effects of vastus medialis oblique retraining versus general quadriceps strengthening on vasti onset. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:856-864

33. Hodges PW, Bui BH. A comparison of computer-based methods for the determination of onset of muscle contraction using electromyography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1996;101:511-519
34. Hakkinen K, Alen M, Kallinen M, Newton RU, Kraemer WJ. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur J Appl Physiol* 2000;83:51-62
35. Caserotti P, Aagaard P, Simonsen EB, Puggaard L. Contraction-specific differences in maximal muscle power during stretch-shortening cycle movements in elderly males and females. *Eur J Appl Physiol* 2001;84:206-212
36. Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1983;50:273-282

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A síntese dos resultados encontrados nos dois experimentos conduzidos no desenvolvimento da presente dissertação permite chegar às seguintes conclusões: (1) no experimento descrito no Capítulo I, a realização de uma fase curta de seis semanas de treinamento de força foi efetiva para o incremento das espessuras musculares do quadríceps femoral e força dinâmica máxima na extensão de joelhos, o que determinou o aumento da qualidade muscular dos extensores do joelho (~15%). Já que a qualidade muscular se refere à força produzida por unidade de massa muscular ativada, e fornece uma estimativa da contribuição da hipertrofia do músculo e os fatores neuromusculares associados às mudanças na força. E ainda, a redução da qualidade muscular parece estar diretamente relacionada à diminuição das capacidades funcionais e independência física das mulheres idosas. (2) o incremento na qualidade muscular teve forte correlação com testes funcionais como o teste de sentar e levantar em 30 s ($r= 0,61$) e *Up Foot and Go* ($r= -0,71$), em consequência disto ocorrem alterações benéficas no desempenho destes testes funcionais que representam padrões de movimento dos membros inferiores comuns nas atividades de vida diária de mulheres idosas. (3) no estudo reportado no Capítulo III, os três tipos específicos de treinamento de força (i.e. tradicional, potência e de força reativa) desenvolvem em igual magnitude a ativação máxima muscular dos músculos monoarticulares do quadríceps (vasto lateral e vasto medial), hipertrofia muscular e a força dinâmica máxima de extensores de joelho após seis semanas de treinamento. O treinamento de força reativa além de desenvolver em igual magnitude a força máxima e hipertrofia que os outros tipos específicos de treinamento de força é também mais efetivo para o

desenvolvimento da produção de força rápida do músculo. A produção de força rápida do músculo é efetivamente avaliada pelo tempo de reação e pelo tempo de início da ativação muscular (i.e. *onset* muscular) representada em até 200 ms iniciais da taxa de produção de força. E ainda, apresenta forte correlação com a melhora no desempenho de testes funcionais como o sentar e levantar em 30 s e o salto com contra movimento. (4) No treinamento de força reativa o tempo de reação (-29%) e o *onset* muscular do músculo reto da coxa apresentaram valores significativamente menores do que os outros tipos específicos de treinamento de força. Já na taxa de produção de força que também representa a capacidade de desenvolvimento de força rápida do músculo não apresentou diferença significativa entre os grupos potência e força reativa que foram diferentes do grupo tradicional e controle. Ao que parece o treinamento de potência assim como o treinamento de força reativa, também desenvolve a produção de força rápida do músculo. Apesar disso, somente o treinamento de força reativa aumentou significativamente o número de repetições máximas no teste funcional de sentar e levantar em 30 s e a altura do salto com contra movimento, ambos representam aspectos funcionais e a produção de força rápida do músculo (5) por consequência disto, o treinamento de força reativa melhor desenvolve as capacidades funcionais de mulheres idosas. (6) neste contexto, o treinamento de força reativa e o treinamento de potência apresentam uma taxa de produção de força maior do que o treinamento de força tradicional, no entanto, o treinamento de força reativa desenvolve com uma maior qualidade e em menor tempo (seis semanas) a força rápida do músculo do que o treinamento de potência.

Acredita-se que estes achados possam contribuir de maneira significativa com a prática de profissionais da saúde de diferentes áreas de atuação, uma vez que os fenômenos das adaptações neuromusculares e morfológicas interferem na capacidade funcional de mulheres idosas. A força rápida parece ser a forma de manifestação da força muscular de maior importância para a execução plena das atividades de vida diária desta população, podendo até mesmo servir de mecanismo preventivo de quedas.

REFERÊNCIAS:

1. American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 30:992-1008, 1998.
2. Abe, T., D.V. DeHoyos, M.L. Pollock, and L. Garzarella. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *Eur J Appl Physiol.* 81:174-180, 2000.
3. Akima, H., S. Kuno, Y. Suzuki, A. Gunji, and T. Fukunaga. Effects of 20 days of bed rest on physiological cross-sectional area of human thigh and leg muscles evaluated by magnetic resonance imaging. *J Gravit Physiol.* 4:S15-21, 1997.
4. Alberton, C.L., A.H. Antunes, S.S. Pinto, M.P. Tartaruga, E.M. Silva, E.L. Cadore, and L.F. Martins Krueel. Correlation between rating of perceived exertion and physiological variables during the execution of stationary running in water at different cadences. *J Strength Cond Res.* 25:155-162, 2011.
5. Alberton, C.L., E.L. Cadore, S.S. Pinto, M.P. Tartaruga, E.M. da Silva, and L.F. Krueel. Cardiorespiratory, neuromuscular and kinematic responses to stationary running performed in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol.* 111:1157-1166, 2011.
6. Bean, J.F., S. Herman, D.K. Kiely, I.C. Frey, S.G. Leveille, R.A. Fielding, and W.R. Frontera. Increased Velocity Exercise Specific to Task (InVEST) training: a pilot study exploring effects on leg power, balance, and mobility in community-dwelling older women. *J Am Geriatr Soc.* 52:799-804, 2004.
7. Bean, J.F., D.K. Kiely, S. Herman, S.G. Leveille, K. Mizer, W.R. Frontera, and R.A. Fielding. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc.* 50:461-467, 2002.
8. Bean, J.F., A. Vora, and W.R. Frontera. Benefits of exercise for community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 85:S31-42; quiz S43-34, 2004.
9. Behm, D.G., and D.G. Sale. Velocity specificity of resistance training. *Sports Med.* 15:374-388, 1993.
10. Bennell, K., M. Duncan, S. Cowan, J. McConnell, P. Hodges, and K. Crossley. Effects of vastus medialis oblique retraining versus general quadriceps strengthening on vasti onset. *Med Sci Sports Exerc.* 42:856-864, 2010.
11. Bosco, C., P. Luhtanen, and P.V. Komi. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 50:273-282, 1983.
12. Bosco, C., and H. Rusko. The effect of prolonged skeletal muscle stretch-shortening cycle on recoil of elastic energy and on energy expenditure. *Acta Physiol Scand.* 119:219-224, 1983.
13. Bottaro, M., S.N. Machado, W. Nogueira, R. Scales, and J. Veloso. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol.* 99:257-264, 2007.
14. Cadore, E.L., R.S. Pinto, C.L. Alberton, S.S. Pinto, F.L. Lhullier, M.P. Tartaruga, C.S. Correa, A.P. Almeida, E.M. Silva, O. Laitano, and L.F. Krueel. Neuromuscular economy, strength, and endurance in healthy elderly men. *J Strength Cond Res.* 25:997-1003, 2011.
15. Cadore, E.L., R.S. Pinto, F.L. Lhullier, C.S. Correa, C.L. Alberton, S.S. Pinto, A.P. Almeida, M.P. Tartaruga, E.M. Silva, and L.F. Krueel. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *Int J Sports Med.* 31:689-697, 2010.

16. Cadore, E.L., R.S. Pinto, S.S. Pinto, C.L. Alberton, C.S. Correa, M.P. Tartaruga, E.M. Silva, A.P. Almeida, G.T. Trindade, and L.F. Kruel. Effects of strength, endurance, and concurrent training on aerobic power and dynamic neuromuscular economy in elderly men. *J Strength Cond Res.* 25:758-766, 2011.
17. Caserotti, P., P. Aagaard, J.B. Larsen, and L. Puggaard. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid muscle force, strength and power. *Scand J Med Sci Sports.* 18:773-782, 2008.
18. Caserotti, P., P. Aagaard, and L. Puggaard. Changes in power and force generation during coupled eccentric-concentric versus concentric muscle contraction with training and aging. *Eur J Appl Physiol.* 103:151-161, 2008.
19. Caserotti, P., P. Aagaard, E.B. Simonsen, and L. Puggaard. Contraction-specific differences in maximal muscle power during stretch-shortening cycle movements in elderly males and females. *Eur J Appl Physiol.* 84:206-212, 2001.
20. Charette, S.L., L. McEvoy, G. Pyka, C. Snow-Harter, D. Guido, R.A. Wiswell, and R. Marcus. Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *J Appl Physiol.* 70:1912-1916, 1991.
21. Da Silva, E.M., M.A. Brentano, E.L. Cadore, A.P. De Almeida, and L.F. Kruel. Analysis of muscle activation during different leg press exercises at submaximum effort levels. *J Strength Cond Res.* 22:1059-1065, 2008.
22. de Vos, N.J., N.A. Singh, D.A. Ross, T.M. Stavrinou, R. Orr, and M.A. Fiatarone Singh. Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 60:638-647, 2005.
23. de Vreede, P.L., M.M. Samson, N.L. van Meeteren, S.A. Duursma, and H.J. Verhaar. Functional-task exercise versus resistance strength exercise to improve daily function in older women: a randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc.* 53:2-10, 2005.
24. Deschenes, M.R. Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports Med.* 34:809-824, 2004.
25. Earles, D.R., J.O. Judge, and O.T. Gunnarsson. Velocity training induces power-specific adaptations in highly functioning older adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 82:872-878, 2001.
26. Fiatarone, M.A., E.C. Marks, N.D. Ryan, C.N. Meredith, L.A. Lipsitz, and W.J. Evans. High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA.* 263:3029-3034, 1990.
27. Fielding, R.A., N.K. LeBrasseur, A. Cuoco, J. Bean, K. Mizer, and M.A. Fiatarone Singh. High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J Am Geriatr Soc.* 50:655-662, 2002.
28. Frontera, W.R., V.A. Hughes, R.A. Fielding, M.A. Fiatarone, W.J. Evans, and R. Roubenoff. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol.* 88:1321-1326, 2000.
29. Frontera, W.R., V.A. Hughes, L.S. Krivickas, S.K. Kim, M. Foldvari, and R. Roubenoff. Strength training in older women: early and late changes in whole muscle and single cells. *Muscle Nerve.* 28:601-608, 2003.
30. Frontera, W.R., V.A. Hughes, K.J. Lutz, and W.J. Evans. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol.* 71:644-650, 1991.

31. Frontera, W.R., C.N. Meredith, K.P. O'Reilly, H.G. Knuttgen, and W.J. Evans. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol.* 64:1038-1044, 1988.
32. Frontera, W.R., D. Suh, L.S. Krivickas, V.A. Hughes, R. Goldstein, and R. Roubenoff. Skeletal muscle fiber quality in older men and women. *Am J Physiol Cell Physiol.* 279:C611-618, 2000.
33. Granacher, U. [Strength training or balance training: what best protects seniors from falls? (interview by Dr. Susanne Kammerer)]. *MMW Fortschr Med.* 146:18, 2004.
34. Granacher, U., M. Gruber, and A. Gollhofer. Resistance training and neuromuscular performance in seniors. *Int J Sports Med.* 30:652-657, 2009.
35. Granacher, U., M. Gruber, and A. Gollhofer. Force production capacity and functional reflex activity in young and elderly men. *Aging Clin Exp Res.* 22:374-382, 2010.
36. Hakkinen, K., M. Alen, M. Kallinen, R.U. Newton, and W.J. Kraemer. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur J Appl Physiol.* 83:51-62, 2000.
37. Hakkinen, K., M. Kallinen, M. Izquierdo, K. Jokelainen, H. Lassila, E. Malkia, W.J. Kraemer, R.U. Newton, and M. Alen. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol.* 84:1341-1349, 1998.
38. Hakkinen, K., W.J. Kraemer, R.U. Newton, and M. Alen. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol Scand.* 171:51-62, 2001.
39. Hakkinen, K., R.U. Newton, S.E. Gordon, M. McCormick, J.S. Volek, B.C. Nindl, L.A. Gotshalk, W.W. Campbell, W.J. Evans, A. Hakkinen, B.J. Humphries, and W.J. Kraemer. Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 53:B415-423, 1998.
40. Hakkinen, K., A. Pakarinen, R.U. Newton, and W.J. Kraemer. Acute hormone responses to heavy resistance lower and upper extremity exercise in young versus old men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 77:312-319, 1998.
41. Harridge, S.D., A. Kryger, and A. Stensgaard. Knee extensor strength, activation, and size in very elderly people following strength training. *Muscle Nerve.* 22:831-839, 1999.
42. Henwood, T.R., S. Riek, and D.R. Taaffe. Strength versus muscle power-specific resistance training in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 63:83-91, 2008.
43. Henwood, T.R., and D.R. Taaffe. Improved physical performance in older adults undertaking a short-term programme of high-velocity resistance training. *Gerontology.* 51:108-115, 2005.
44. Henwood, T.R., and D.R. Taaffe. Short-term resistance training and the older adult: the effect of varied programmes for the enhancement of muscle strength and functional performance. *Clin Physiol Funct Imaging.* 26:305-313, 2006.
45. Henwood, T.R., and D.R. Taaffe. Detraining and retraining in older adults following long-term muscle power or muscle strength specific training. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 63:751-758, 2008.

46. Hepple, R.T. Sarcopenia--a critical perspective. *Sci Aging Knowledge Environ.* 2003:pe31, 2003.
47. Heyward, V., V. Hicks, L. Reano, and L. Stolarczyk. Comparison of dual-energy X-ray absorptiometry and four-component model estimates of body fat in American Indian men. *Appl Radiat Isot.* 49:625-626, 1998.
48. Hicks, V.L., L.M. Stolarczyk, V.H. Heyward, and R.N. Baumgartner. Validation of near-infrared interactance and skinfold methods for estimating body composition of American Indian women. *Med Sci Sports Exerc.* 32:531-539, 2000.
49. Hodges, P.W., and B.H. Bui. A comparison of computer-based methods for the determination of onset of muscle contraction using electromyography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 101:511-519, 1996.
50. Hortobagyi, T., D. Tunnel, J. Moody, S. Beam, and P. DeVita. Low- or high-intensity strength training partially restores impaired quadriceps force accuracy and steadiness in aged adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 56:B38-47, 2001.
51. Hruda, K.V., A.L. Hicks, and N. McCartney. Training for muscle power in older adults: effects on functional abilities. *Can J Appl Physiol.* 28:178-189, 2003.
52. Hunter, G.R., J.P. McCarthy, and M.M. Bamman. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med.* 34:329-348, 2004.
53. Hunter, G.R., M.S. Treuth, R.L. Weinsier, T. Kekes-Szabo, S.H. Kell, D.L. Roth, and C. Nicholson. The effects of strength conditioning on older women's ability to perform daily tasks. *J Am Geriatr Soc.* 43:756-760, 1995.
54. Hunter, G.R., C.J. Wetzstein, C.L. McLafferty, Jr., P.A. Zuckerman, K.A. Landers, and M.M. Bamman. High-resistance versus variable-resistance training in older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 33:1759-1764, 2001.
55. Ivey, F.M., B.L. Tracy, J.T. Lemmer, M. NessAiver, E.J. Metter, J.L. Fozard, and B.F. Hurley. Effects of strength training and detraining on muscle quality: age and gender comparisons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 55:B152-157; discussion B158-159, 2000.
56. Izquierdo, M., X. Aguado, R. Gonzalez, J.L. Lopez, and K. Hakkinen. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 79:260-267, 1999.
57. Jackson, A.S., and M.L. Pollock. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 40:497-504, 1978.
58. Jones, C.J., R.E. Rikli, and W.C. Beam. A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport.* 70:113-119, 1999.
59. Komi, P.V. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech.* 33:1197-1206, 2000.
60. Korhonen, M.T., A.A. Mero, M. Alen, S. Sipila, K. Hakkinen, T. Liikavainio, J.T. Viitasalo, M.T. Haverinen, and H. Suominen. Biomechanical and skeletal muscle determinants of maximum running speed with aging. *Med Sci Sports Exerc.* 41:844-856, 2009.
61. Kraemer, W.J., and N.A. Ratamess. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 36:674-688, 2004.
62. Laroche, D.P. Initial neuromuscular performance in older women influences response to explosive resistance training. *Isokinet Exerc Sci.* 17:197, 2009.

63. Laroche, D.P., C.A. Knight, J.L. Dickie, M. Lussier, and S.J. Roy. Explosive force and fractionated reaction time in elderly low- and high-active women. *Med Sci Sports Exerc.* 39:1659-1665, 2007.
64. Laroche, D.P., E.D. Millett, and R.J. Kralian. Low strength is related to diminished ground reaction forces and walking performance in older women. *Gait Posture.* 33:668-672, 2011.
65. LaRoche, D.P., S.J. Roy, C.A. Knight, and J.L. Dickie. Elderly women have blunted response to resistance training despite reduced antagonist coactivation. *Med Sci Sports Exerc.* 40:1660-1668, 2008.
66. Lynch, N.A., E.J. Metter, R.S. Lindle, J.L. Fozard, J.D. Tobin, T.A. Roy, J.L. Fleg, and B.F. Hurley. Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J Appl Physiol.* 86:188-194, 1999.
67. Macaluso, A., and G. De Vito. Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *Eur J Appl Physiol.* 91:450-472, 2004.
68. Macaluso, A., A. Young, K.S. Gibb, D.A. Rowe, and G. De Vito. Cycling as a novel approach to resistance training increases muscle strength, power, and selected functional abilities in healthy older women. *J Appl Physiol.* 95:2544-2553, 2003.
69. Marsh, A.P., M.E. Miller, W.J. Rejeski, S.L. Hutton, and S.B. Kritchevsky. Lower extremity muscle function after strength or power training in older adults. *J Aging Phys Act.* 17:416-443, 2009.
70. Metter, E.J., N. Lynch, R. Conwit, R. Lindle, J. Tobin, and B. Hurley. Muscle quality and age: cross-sectional and longitudinal comparisons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 54:B207-218, 1999.
71. Mistic, M.M., and E.M. Evans. Derivation of whole body bone measures through summation of individual DXA scans. *J Clin Densitom.* 9:184-190, 2006.
72. Mistic, M.M., K.S. Rosengren, J.A. Woods, and E.M. Evans. Muscle quality, aerobic fitness and fat mass predict lower-extremity physical function in community-dwelling older adults. *Gerontology.* 53:260-266, 2007.
73. Miszko, T.A., M.E. Cress, J.M. Slade, C.J. Covey, S.K. Agrawal, and C.E. Doerr. Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 58:171-175, 2003.
74. Narici, M.V., C. Maganaris, and N. Reeves. Myotendinous alterations and effects of resistive loading in old age. *Scand J Med Sci Sports.* 15:392-401, 2005.
75. Narici, M.V., G.S. Roi, L. Landoni, A.E. Minetti, and P. Cerretelli. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 59:310-319, 1989.
76. Newman, A.B., C.L. Haggerty, B. Goodpaster, T. Harris, S. Kritchevsky, M. Nevitt, T.P. Miles, and M. Visser. Strength and muscle quality in a well-functioning cohort of older adults: the Health, Aging and Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc.* 51:323-330, 2003.
77. Nogueira, W., P. Gentil, S.N. Mello, R.J. Oliveira, A.J. Bezerra, and M. Bottaro. Effects of power training on muscle thickness of older men. *Int J Sports Med.* 30:200-204, 2009.
78. Pyka, G., E. Lindenberger, S. Charette, and R. Marcus. Muscle strength and fiber adaptations to a year-long resistance training program in elderly men and women. *J Gerontol.* 49:M22-27, 1994.

79. Reeves, N.D., M.V. Narici, and C.N. Maganaris. Effect of resistance training on skeletal muscle-specific force in elderly humans. *J Appl Physiol.* 96:885-892, 2004.
80. Reeves, N.D., M.V. Narici, and C.N. Maganaris. In vivo human muscle structure and function: adaptations to resistance training in old age. *Exp Physiol.* 89:675-689, 2004.
81. Rikli, R., and S. Busch. Motor performance of women as a function of age and physical activity level. *J Gerontol.* 41:645-649, 1986.
82. Rikli, R.E. Reliability, validity, and methodological issues in assessing physical activity in older adults. *Res Q Exerc Sport.* 71:S89-96, 2000.
83. Sale, D.G. Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 20:S135-145, 1988.
84. Sayers, S.P. High velocity power training in older adults. *Curr Aging Sci.* 1:62-67, 2008.
85. Seynnes, O., M.A. Fiatarone Singh, O. Hue, P. Pras, P. Legros, and P.L. Bernard. Physiological and functional responses to low-moderate versus high-intensity progressive resistance training in frail elders. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 59:503-509, 2004.
86. Skelton, D.A., A. Young, C.A. Greig, and K.E. Malbut. Effects of resistance training on strength, power, and selected functional abilities of women aged 75 and older. *J Am Geriatr Soc.* 43:1081-1087, 1995.
87. Sturnieks, D.L., R. St George, and S.R. Lord. Balance disorders in the elderly. *Neurophysiol Clin.* 38:467-478, 2008.
88. Taaffe, D.R., T.R. Henwood, M.A. Nalls, D.G. Walker, T.F. Lang, and T.B. Harris. Alterations in muscle attenuation following detraining and retraining in resistance-trained older adults. *Gerontology.* 55:217-223, 2009.
89. Tinetti, M.E. Clinical practice. Preventing falls in elderly persons. *N Engl J Med.* 348:42-49, 2003.
90. Tracy, B.L., F.M. Ivey, D. Hurlbut, G.F. Martel, J.T. Lemmer, E.L. Siegel, E.J. Metter, J.L. Fozard, J.L. Fleg, and B.F. Hurley. Muscle quality. II. Effects Of strength training in 65- to 75-yr-old men and women. *J Appl Physiol.* 86:195-201, 1999.
91. Winters-Hart, C.S., J.S. Brach, K.L. Storti, J.M. Trauth, and A.M. Kriska. Validity of a questionnaire to assess historical physical activity in older women. *Med Sci Sports Exerc.* 36:2082-2087, 2004.
92. Yamada, T., and S. Demura. Relationships between ground reaction force parameters during a sit-to-stand movement and physical activity and falling risk of the elderly and a comparison of the movement characteristics between the young and the elderly. *Arch Gerontol Geriatr.* 48:73-77, 2009.

ANEXO:**ANEXO A: Carta de Aceite para Publicação.**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO

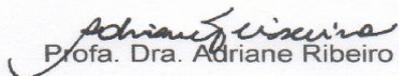
**NÚCLEO DE ESTUDOS INTERDISCIPLINARES SOBRE O
ENVELHECIMENTO**

REVISTA ESTUDOS INTERDISCIPLINARES SOBRE O ENVELHECIMENTO

Declaração

Declaro que o artigo EFEITOS DE DIFERENTES TIPOS DE TREINAMENTO DE FORÇA NO DESEMPENHO DE CAPACIDADES FUNCIONAIS EM MULHERES IDOSAS, de autoria de Cleiton Silva Correa e Ronei Silveira Pinto foi aceito para publicação na revista Revista Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento, no volume 16, número 1, ano 2011.

Porto Alegre, 05 de maio de 2011.


Prof. Dra. Adriane Ribeiro Teixeira

Co-Editora da Revista Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento

Revista Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento
Rua Ramiro Barcelos, 2600 - Sala 300A - Bairro Santa Cecília - Porto Alegre - RS
Telefone: (51) 3308-5283 - E-mail: envelhecimento@ufrgs.br