

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA

Larissa Xavier Neves da Silva

**ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES AO TREINAMENTO CONCORRENTE
COM E SEM A EXECUÇÃO DE SÉRIES MÁXIMAS EM HOMENS IDOSOS**

Porto Alegre
2017

Larissa Xavier Neves da Silva

**ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES AO TREINAMENTO CONCORRENTE
COM E SEM A EXECUÇÃO DE SÉRIES MÁXIMAS EM HOMENS IDOSOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Professor Doutor Eduardo Lusa Cadore.

Porto Alegre

2017

Larissa Xavier Neves da Silva

ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES AO TREINAMENTO CONCORRENTE COM
E SEM A EXECUÇÃO DE SÉRIES MÁXIMAS EM HOMENS IDOSOS

Conceito final: A

Aprovado em 18 de julho de 2017.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Rodrigo Ferrari – Instituição: SOGIPA

Prof. Dr. Giovani Cunha – Instituição: UFRGS

Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto – Instituição: UFRGS

Orientador – Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore – Instituição: UFRGS

RESUMO

Introdução: o envelhecimento está associado a perdas cardiorrespiratórias e neuromusculares, que estão relacionadas com quedas, hospitalizações e perda da independência funcional. O treinamento concorrente (TC) já está estabelecido como a melhor ferramenta para combater estes declínios e, portanto, deve-se entender a melhor forma de prescrever este treinamento. Com relação a parte neuromuscular do TC, o uso de repetições máximas (RM) vem sendo questionado sobre sua eficácia e, em idosos, ainda não existem estudos abordando este tema.

Objetivo: investigar possíveis diferenças nas adaptações neuromusculares à execução ou não execução de repetições máximas nos exercícios de força, explorando também o uso do volume equalizado (número de repetições igualadas com as repetições máximas), durante o TC em homens idosos.

Materiais e métodos: o estudo contou com 12 semanas de TC feito duas vezes na semana; 32 homens idosos foram randomizados para um dos três diferentes grupos: grupo com repetições máximas (GRM); grupo com repetições submáximas (GRNM), que trabalhava com 50% do volume do GRM; e um grupo que trabalhava com volume equalizado (GRNMVE), ou seja, mesmo volume do GRM, porém com ausência de séries chegando até a falha concêntrica. As variáveis analisadas foram o 1RM (kg) no exercício LG e EJ, CIVM dos extensores de joelho direito no dinamômetro isocinético, na qual foram avaliados: PTIso, TPT nos intervalos 0-50, 0100 e 0-250 m.s e EMG (μ V) do músculo RF e VL, desempenho de saltos CMJ e SJ, avaliados no tapete de saltos e EM do quadríceps por US. A análise estatística dos dados está apresentada em média e DP. Todas as análises foram feitas no software SPSS 21.0, com nível de significância de $\alpha < 0,05$ para todas as variáveis. O TE, que foi calculado pela diferença na média pré e pós treinamento da variável dividido pelo DP pré treinamento.

Resultados: todos os grupos incrementaram seus valores de base para o período pós treinamento. Para a força máxima, 1RM LG e EJ incrementaram em todos grupos ($p < 0,05$ e $p < 0,001$, respectivamente), sem diferenças entre eles (ganhos ~50% e ~30% para LG e EJ, respectivamente). O PTIso teve incrementos, mas não significativos, ($p = 0,072$; incrementos de 5 – 15%). Para a TPT_{0-50m.s} ($p=0,066$) não teve ganhos significativos, porém os intervalos da TPT₀₋₁₀₀ ($p=0,027$; ganhos ~15%) e TPT_{0-250m.s} ($p<0,05$; ganhos~12%) foram significativos para todos os grupos. Para o desempenho de saltos, o CMJ teve uma tendência significativa ($p=0,056$; ganhos

de 3-12%) e o SJ teve incrementos significativos ($p < 0,05$; ganhos $\sim 15\%$), para todos os grupos, sem diferenças entre os grupos. Para os valores de EMG RF e EMG VL ($p > 0,05$ para ambos), não houve incremento em todos os grupos. Para os valores de EM, todos os grupos aumentaram seus valores, sem diferenças entre os grupos, de modo significativo ($p < 0,05$), com exceção ao VI, que não teve ganhos significativos (VI: $p = 0,85$), sem diferenças entre os grupos. Para o somatório do quadríceps, todos os grupos incrementaram seus valores significativamente ($p < 0,05$; ganhos de 2-10%), sem diferenças entre os grupos. Para a tensão específica, todos os grupos incrementaram seus valores significativamente ($p < 0,001$; ganhos de 11-29%), sem diferenças entre eles.

Conclusões: o uso de repetições máximas no treino de força (TF), dentro do contexto do TC, em idosos, não é necessário, já que não foi observada vantagem no GRM. Mesmo um menor volume de treinamento foi capaz de induzir a mesma magnitude de adaptações.

Palavras chave: Treinamento concorrente; idosos; repetições máximas.

ABSTRACT

Introduction: aging is associated with cardiorespiratory and neuromuscular losses, which are related to falls, hospitalizations, and loss of functional independency. Concurrent training (CT) is already established to be the best form to fight these declines and, therefore, it is necessary to understand the best way to prescribe these type of training. Regarding the neuromuscular part from the CT, the use of repetitions maximum (RM) is being questioned about it's efficacy and, in elderly, this them has not yet been approached.

Objective: investigate the possible differences in the neuromuscular adaptations due to the execution of maximum repetitions in strength training, also exploring the use of equalized volume, during the CT in elderly men.

Materials and methods: the study accounted with 12 weeks of CT, done twice a week; 32 male elderly were randomized into one of the three groups: one protocol using RM, referred by the GRM initials; another protocol using 50% of the volume from the GRM, referred by the GRNM initials; and the last protocol using the same volume from the GRM, but with more series to equalize the total volume, without reaching concentric failure, referred by the initials GRNMVE. The analyzed variables were 1RM (kg) for the LG and EJ exercises, MIVC of the knee extensors, in which were computed: PTIso, RFD at the 0-50, 0-100 and 0-250 m.s intervals and the EMG (μ V) from RF and VL muscles. Jump's performance from the CMJ and SJ, at the jump's carpet, MT done by US. All the data are presented in media and ST. all the analyzes were made in the SPSS software, version 21.0, with the significance level set at $\alpha < 0,05$ for all variables. The EF was calculated by the difference between the means from pre to post training, divided by the pre training SD.

Results: all groups increased their values from baseline to post training. For maximum strength, 1RM LG and EJ increased in all groups ($p < 0,05$ e $p < 0,001$, respectively), without differences between them (gains $\sim 50\%$ and $\sim 30\%$ for LG e EJ, respectively). PTIso increased their values, but without significance ($p = 0,072$; gains from 5 to 15%). For RFD $_{0-50 \text{ m.s}}$, there were no significative gains ($p = 0,066$), but there significant gains for the intervals RFD $_{0-100 \text{ m.s}}$ ($p = 0,027$; ganhos $\sim 15\%$) RFD $_{0-250 \text{ m.s}}$ ($p < 0,05$; ganhos $\sim 12\%$) for all groups. For the jump's performance, the CMJ had a trend towards signifcance ($p = 0,056$; increases from 3 to 12%) and SJ had significant gains ($p < 0,05$; ganhos $\sim 15\%$), for all grops, with no difference between them. For thw EMG RF e EMG VL values, there was no difference found ($p > 0,05$ for both) in any

group. For the MT values, all groups increased their baseline values for all muscles ($p < 0,05$), except for VI, that showed no significative gains (VI: $p = 0,85$), with no difference between the groups. For the total quadriceps MT, all groups increased their values ($p < 0,05$; gains from 2 to 10%), without any group differences. For the MQ quality values, all groups increased their baseline values ($p < 0,001$; gains from 11 to 29%), with no difference between them.

Conclusions: the use of RM on the ST, inside the context of CT, in elderly, is not necessary, because it was not noted an advantage for the GRM. Even a smaller volume of training was able to induce the same magnitude adaptations.

Key words: concurrent training; elderly; maximum repetitions.

LISTA DE ABREVIATURAS

% - percentual; porcentagem

1RM – uma repetição máxima

ACSM – American College of Sports and Medicine

ANOVA – análise de variância

ANCOVA - análise de covariância

C – grupo que treinava com velocidade constante de 2s a fase concêntrica e 2s a fase excêntrica

CEP – comitê de ética em pesquisa

CI – intervalo de confiança

CIVM – contração isométrica voluntária máxima

cm – centímetros

cm² – centímetros ao quadrado

CMJ – *coutermovement jump* - salto com contra movimento

CT – *concurrent training* idem a TC

DP – desvio padrão

ECG – eletrocardiograma

EF – *effect size* (tamanho de efeito)

EM – espessura muscular

EMG – eletromiografia de superfície

EJ – exercício extensão de joelhos

ESEFID – Escola Superior de Educação Física, Fisioterapia e Dança

EST - estatura

FC_{máx.} – frequência cardíaca máxima

GA – grupo de treinamento aeróbico

GC - grupo de treinamento concorrente

GF – grupo de treinamento de força

GRM – grupo de treinamento concorrente que trabalhava com repetições máximas

GNMR – grupo de treinamento concorrente que trabalhava com 50% das repetições máximas do GRM

GRNMVE – grupo de treinamento concorrente que trabalhava com volume equalizado

I – idade

i.e. – por exemplo

IMC – índice de massa corporal

LAPEX – laboratório de pesquisa em exercício

LG – exercício *leg press*

M – média

m – metro

MC – massa corporal

MQ – muscle quality (tensão específica)

MT – *muscle thickness* (espessura muscular)

mm – milímetros

N.m – Newton metro

N.m.s⁻¹ – Newton metro por segundo

PTIso – pico de torque isométrico

RMS – *root mean square* (raiz do valor quadrático médio)

RS (*Rapid Shortening*) – grupo que treinava força com a fase concêntrica na máxima velocidade e a fase excêntrica em 2s

RF – reto femoral

RFD – *rate of force development* (taxa de produção de torque)

RM – repetições máximas

RNM- repetições não máximas

s - segundos

SJ – *squat jump* - salto agachado

SSC (*Stretch Shortening*) – grupo que treinava força com a fase concêntrica e excêntrica na mais rápida velocidade possível

ST – *strength training* idem a TF

T – treinamento

TA – treinamento aeróbico

TE – tamanho de efeito

TC – treinamento concorrente

TCLE – termo de consentimento livre e esclarecido

TMPF – taxa máxima produção de força

TPF – taxa de produção de força

TPT – taxa de produção de torque

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UM – unidade motora

US - ultrassonografia

VI – vasto intermédio

VL – vasto lateral

VM – vasto medial

VO_{2máximo} – consumo máximo de oxigênio

VO_{2pico} – consumo pico de oxigênio

vs – versus

μV – mili volts

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: cronograma de avaliações e treinamento concorrente.

Quadro 2: cronograma semanal de avaliações.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: fluxograma representativo da das perdas e randomização da amostra entre os grupos

Figura 2: distribuição dos volumes de treinamento entre os grupos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: resumo de estudos na revisão de literatura sobre repetições máximas.

Tabela 2: progressão dos exercícios de força para o *leg press* e extensão de joelhos ao longo de 12 semanas de treino.

Tabela 3: progressão dos demais exercícios de força ao longo de 12 semanas de treinamento.

Tabela 4: progressão do treinamento aeróbico ao longo de 12 semanas de treino.

Tabela 5: caracterização da amostra no período controle.

Tabela 6: caracterização da amostra no momento pré e pós 12 semanas de TC.

Tabela 7: comparação das variáveis no período controle.

Tabela 8: resultados das variáveis pré e pós 12 semanas de TC.

Tabela 9: tamanho de efeito (TE) no período pré e pós 12 semanas de treinamento.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos funcionários e servidores das dependências da ESEFID – UFRGS. Agradeço também aos corpos de fomento a à pesquisa (CAPES e CNPq), pelo auxílio no presente estudo.

Também agradeço aos professores doutores da banca Rodrigo Ferrari, Giovani Cunha e Ronei Silveira Pinto, pelo seu tempo e dedicação em colaborarem com o presente projeto, não somente no dia da apresentação, mas também ao longo de todo o processo. Muito obrigada pelas suas colaborações que, com toda certeza, irão contribuir para esta dissertação.

Um agradecimento especial ao professor doutor Ronei, o qual convivi e trabalhei anteriormente, na graduação e especialização, sempre me ajudando e apoiando.

Agradeço imensamente ao meu orientador Eduardo Lusa Cadore, por todo o apoio, disposição, disponibilidade e nesta jornada. Muito obrigada também pelo tempo e confiança em mim depositados.

Agradeço os colegas do GPTF e de outros grupos, que sempre me ajudaram e disponibilizaram seu tempo neste projeto, em especial à Juliana, ao Erik, à Kelly, ao Pedro, ao Rafael, ao Felipe, ao Anderson, à Cíntia, ao Régis, à Clarissa, à Diana, à Laura, à Luci, ao Carlos, à Gabriela, ao Juliano e ao Francesco e demais que posso ter me esquecido. Obrigada mesmo por todo o apoio, ajuda e dedicação neste empreendimento.

Agradeço aos voluntários do presente projeto, pois sem eles, nada disso teria sido possível. Muito obrigada pela paciência e dedicação em todas as avaliações e em todos os dias de treino.

Muito obrigada também à minha família que, muitas vezes longe, esteve ao meu lado, sempre me dando auxílio e apoio. À minha segunda família, que é a do meu namorado, também deixo meu muito obrigada especial, pois sempre me acolheram de braços abertos, dispostos a ajudar.

E por último, mas não menos importante, agradeço ao meu querido namorado Rafael Ehlert, que sempre me impulsionou, ajudou, apoiou e esteve ao meu lado nesta e em todas as outras jornadas.

A todos: MUITO OBRIGADA! Aprendi e cresci muito com todos vocês.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	18
1.1 OBJETIVO GERAL:	20
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	20
2. HIPÓTESE	21
3. REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1 ASPECTOS FISIOLÓGICOS RELACIONADOS AO ENVELHECIMENTO	21
3.2 MUDANÇAS NO SISTEMA NEUROMUSCULAR	21
3.2.1 DINAPENIA E SARCOPENIA	22
3.2.2 TREINO DE FORÇA E IDOSOS	23
3.2.3 TREINO AERÓBICO E IDOSOS	24
3.2.4 TREINO CONCORRENTE EM IDOSOS	26
3.2.5 TREINAMENTO DE FORÇA OU CONCORRENTE COM E SEM REPETIÇÕES MÁXIMAS	29
4. MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO:	33
4.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA	33
4.2.1 POPULAÇÃO:	33
4.2.2 AMOSTRA:	34
4.3 VARIÁVEIS	35
4.3.1 VARIÁVEIS INDEPENDENTES:	35
4.3.2 VARIÁVEIS DEPENDENTES:	36
4.3.3 VARIÁVEIS DE CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA:	37
4.3.4 VARIÁVEIS INTERVENIENTES:	37
4.4 TRATAMENTO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES:	38
4.5 PERIODIZAÇÃO DO TREINAMENTO CONCORRENTE:	39
4.6 TREINAMENTO DE FORÇA:	39
4.7 TREINAMENTO AERÓBICO:	43
4.8 INSTRUMENTOS DE MEDIDA E PROTOCOLOS DE TESTES:	44
4.9 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS:	44
4.10 FORÇA MUSCULAR DINÂMICA (1RM):	45
4.11 TORQUE MUSCULAR ISOMÉTRICO MÁXIMO E TAXA DE PRODUÇÃO DE TORQUE: ..	45
4.12 ATIVAÇÃO MUSCULAR ISOMÉTRICA MÁXIMA DE MEMBROS INFERIORES:	46
4.13 ESPESSURA MUSCULAR E TENSÃO ESPECÍFICA:	47
4.14 DESEMPENHO DE SALTOS:	48
5. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS	49
6. RESULTADOS	49
6.1 FORÇA MUSCULAR DINÂMICA:	55
6.2 DESEMPENHO DE SALTOS:	55
6.3 TAXA DE PRODUÇÃO DE TORQUE:	56
6.4 FORÇA ISOMÉTRICA:	56
6.5 ATIVAÇÃO MUSCULAR ISOMÉTRICA MÁXIMA:	57
6.6 ESPESSURA MUSCULAR E TENSÃO ESPECÍFICA:	57
7. DISCUSSÃO	58
7.1. FORÇA MÁXIMA (1RM E PTISO)	59
7.2 TAXA DE PRODUÇÃO DE TORQUE E DESEMPENHO DE SALTOS	62
7.3 ESPESSURA MUSCULAR E TENSÃO ESPECÍFICA	65
7.4 ATIVAÇÃO MUSCULAR	66
8. LIMITAÇÕES	67

9. CONCLUSÕES	68
10. REFERÊNCIAS.....	69
9. ANEXOS	76
9.1 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE):	76

1.INTRODUÇÃO

O processo de envelhecimento está associado a declínios das funções neuromuscular e cardiorrespiratória, resultando em perda da potência aeróbica (Tanaka et al., 2001), força e potência musculares, sendo os membros inferiores mais afetados (Häkkinen e Kalinen, 1998). Fenômenos como a sarcopenia (perda da massa muscular) e a dinapenia (perda da força muscular) acometem esta população (Clarck e Manini, 2008; 2012), o que resulta em perda da capacidade funcional, elevando a dependência funcional, o risco de quedas e hospitalizações (Izquierdo et al., 2003; Macaluso e De Vito, 2004; Clarck e Manini, 2008; Aagaard et al., 2010, Cadore e Izquierdo, 2013; Sanitilli et al., 2014).

A literatura é consistente em afirmar que o exercício físico é uma poderosa ferramenta para diminuir e reduzir os efeitos do envelhecimento (Häkkinen et al., 2003; Macaluso e De Vito, 2004; Aagaard et al., 2010). Nesta perspectiva, um corpo de estudos demonstrou e têm demonstrado que a melhor prática de treinamento físico é o treinamento concorrente (TC), pois o mesmo combina o treinamento de força (TF) e o treinamento aeróbico (TA), incrementando os parâmetros neuromusculares e cardiorrespiratórios, como aumento da frequência de disparo e aumento do recrutamento de unidades motoras (UM), ganhos em força e potência musculares, hipertrofia muscular, aumento do VO_2 máximo e da capacidade de ressintetizar energia pelo metabolismo oxidativo (Kraemer et al., 1995; Cadore e Izquierdo, 2013; Cadore et al., 2014).

Com relação à manipulação das variáveis do treinamento físico, relativos ao componente de força, algumas variáveis são importantes de serem controladas, tais como intensidade, intervalo de recuperação, ordem dos exercícios, volume de treino, dentre outras (Baker et al., 1994; Fleck et al., 1999; ACSM, 2009). Com relação ao volume e intensidade, o uso de repetições máximas (RM) vem sendo cada vez mais investigado, já que existe uma controvérsia em relação ao seu uso e otimização dos ganhos neuromusculares.

Em um estudo de Folland et al. (2002), que analisou dois protocolos de treinamento de força, sendo um de altos níveis de fadiga (4 séries de 10 repetições com 30 segundos de intervalo entre cada série) e um de baixos níveis de fadiga (1 série de 40 repetições com 30 segundos de intervalo entre cada repetição) mostrou que, após 9 semanas de treinamento, todos os parâmetros de força analisados

incrementaram de modo similar em ambos grupos. Já um estudo de Drinkwater et al. (2005) trabalhou com um grupo realizava 4 séries de 6 repetições e o outro grupo realizava 8 séries de 3 repetições com carga de 6RM, ambos com o mesmo percentual de carga (85 – 105% da carga do teste de 6RM no exercício supino reto). Além da avaliação de 6 RM, os indivíduos eram avaliados em sua potência durante o teste de 6RM no supino reto. Os resultados mostraram que o grupo que treinou com 4 séries de 6 repetições obteve maiores ganhos na carga e potência musculares de 6RM no supino reto. Contudo, nesse estudo, a força máxima (i.e., 1 RM) não foi mensurada e, provavelmente, a vantagem do grupo que treinou com repetições até a falha concêntrica ocorreu devido à especificidade do treinamento em relação ao teste avaliado. (i.e., 6RM). Já outro estudo de Drinkwater et al. (2007), utilizando métodos semelhantes, não encontrou diferenças entre grupos de repetições máximas e submáximas nos ganhos de força e potência, sugerindo que a fadiga não teria efeitos adicionais na performance neuromuscular.

Dentro do contexto do treinamento concorrente, Izquierdo - Gabárrren et al. (2010) compararam os ganhos de força máxima e potência entre 3 grupos de remadores, um grupo executando 4 exercícios com séries de RM (4RM), outro realizando 4 exercícios com séries sem a execução de RM (4NRM) e um terceiro executando 2 exercícios com séries sem a execução de RM (2NRM). Os resultados mostraram que o grupo 4NRM apresentou maiores incrementos na força e potência máxima quando comparado aos outros dois grupos, sugerindo que a não execução de RM pode ser vantajosa durante o treinamento concorrente em atletas.

Embora os efeitos da execução de RM tenham sido investigados em indivíduos jovens, existe uma carência de informações a respeito dos efeitos deste método de prescrição de treino de força em indivíduos idosos. Além disso, poucos estudos investigaram os efeitos do uso das repetições na hipertrofia muscular, trazendo a questão de uma possível vantagem das RM na hipertrofia muscular podendo ser explicada ao maior volume de treino executado. Somente o estudo de Sampson e Groeller (2015) comparou 2 grupos de repetições submáximas com um grupo que realizava repetições máximas para verificar as mudanças de ordem neuromuscular, em homens jovens destreinados, de modo que não foi vista vantagem para a realização de repetições máximas. Este ponto poderia ser melhor investigado com a utilização de um modelo de investigação com e sem a equalização do volume de treinamento de força. Sendo já estabelecido que o

treinamento concorrente é a melhor estratégia de prescrição de treinamento para idosos, pois incrementa tanto a função neuromuscular quanto a cardiorrespiratória. O presente estudo tem o seguinte objetivo:

1.1 Objetivo Geral:

O objetivo do presente estudo é investigar possíveis diferenças nas adaptações neuromusculares à execução ou não execução de repetições máximas nos exercícios de força, explorando também o uso do volume equalizado (número de repetições igualadas com as repetições máximas), durante o treinamento concorrente em homens idosos.

1.2 Objetivos Específicos:

Verificar os efeitos que três diferentes protocolos de treinamento de força, (um grupo treinando com repetições máximas, outro grupo trabalhando com 50% do volume do grupo que trabalhava com repetições máximas e, por fim, um grupo que trabalhava com o volume de repetições equalizado às repetições máximas) dentro do contexto do treino concorrente, têm nas seguintes variáveis:

- Na força muscular dinâmica máxima de membros inferiores;
- No torque muscular isométrico máximo de membros inferiores;
- Na taxa de produção de força de membros inferiores;
- Na ativação muscular máxima isométrica de membros inferiores;
- Na espessura muscular dos músculos do quadríceps femoral;
- Na tensão específica do quadríceps femoral;
- No desempenho de saltos.

2. HIPÓTESE

A hipótese do presente estudo é de que o uso de RM não terá benefícios adicionais na promoção de incrementos neuromusculares.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos fisiológicos relacionados ao envelhecimento

O envelhecimento biológico é associado ao declínio na força, potência e massa muscular, acarretando também na diminuição da capacidade cardiorrespiratória, o que resulta em uma capacidade funcional baixa e possível dependência funcional para as atividades do dia a dia, podendo também resultar em hospitalizações, quedas ou estado acamado (Izquierdo et al. 2003; Aagaard et al. 2010; Cadore e Izquierdo, 2013).

Perdas de unidades motoras de contração lenta e rápida acontecem no envelhecimento (tanto em número quanto em tamanho), principalmente atrofia de fibras do tipo II ou diminuição da área de secção transversa da mesma, o que torna o idoso mais lento e mais fraco (Clark e Manini, 2008; Aagaard et al., 2010; Lang et al., 2010).

Nesta revisão de literatura, de acordo com os objetivos deste estudo, o foco será mantido nas alterações neuromusculares decorrentes do envelhecimento.

3.2 Mudanças no sistema neuromuscular

Abaixo, serão abordadas as principais mudanças que levam à perda de força e massa muscular no idoso, que podem desencadear outros fatores, como a dependência funcional e hospitalizações.

3.2.1 Dinapenia e Sarcopenia

O termo dinapenia foi proposto em 2008 para definir as perdas que ocorrem durante o envelhecimento com relação às perdas de força e potência muscular. *Dina* se refere à “potência, força” e *penia* se refere à “pobreza” (Clark e Manini, 2008).

Os mecanismos envolvidos no declínio de força muscular, como a máxima força que pode ser produzida voluntariamente, podem ser atribuídos a uma combinação de fatores neurais e musculares. Por exemplo, redução na capacidade de ativação neural (sistema nervoso central), como uma diminuição da excitação do *drive* neural descendente dos centros supraespinhais, um recrutamento mais baixo de unidades motoras e da frequência de disparo das mesmas pode resultar em dinapenia. Além disso, uma redução da quantidade muscular, devido a apoptose ou atrofia de células musculares, bem como uma diminuição da qualidade da contratilidade, acoplamento excitação – contração, mudanças na estrutura e função da actina e miosina e a infiltração de adipócitos nas fibras musculares pode também resultar em dinapenia (Clark e Manini, 2012). Embora ainda não tenham muitas evidências sobre o tema, o que existe até o momento sugere que as perdas de massa muscular, mesmo que explicando em parte as perdas de força, não é o único mecanismo, ou até mesmo o mais importante, para explicar os decréscimos neuromusculares decorrentes do envelhecimento, pois as investigações demonstram que os declínios na força ocorrem mais rápido do que as perdas na massa muscular (Goodpaster et al., 2006; Delmonico et al., 2009).

Já a sarcopenia, definida em 1989 por Rosenberg (*apud* Clark e Manini, 2012) como a perda de massa muscular. O termo sarcopenia tem origem grega: *sarcos* se refere à “carne” e *penia* como “pobreza”. Porém, ainda não há um consenso sobre o que é a sarcopenia (Mitchell et al., 2012; Visser, 2009, *apud* Clark e Manini, 2012).

Esta perda de massa muscular tem consequências diretas na perda de força muscular, aumento nas quedas e perda da autonomia. A sarcopenia é uma síndrome, caracterizada pela diminuição progressiva e generalizada da massa muscular, com um risco de desenvolvimento de incapacidades físicas, qualidade de vida pobre e morte (Santilli et al., 2014).

Com relação às fibras musculares, as mais afetadas são as do tipo II, já que a sarcopenia causa a atrofia dessas fibras, bem como a necrose e a redução de elementos de pontes cruzadas entre as fibras e diminuição de conteúdo e número de mitocôndrias. (Lang et al., 2010).

Essas mudanças fazem com que o idoso se torne mais lento e menos reativo, e, por isso, o treino de força e potência deve ser trabalhado nesta população. Se estas mudanças estão mais relacionadas à sarcopenia ou à dinapenia, ainda não pode ser afirmado (D'Antona et al., 2007 *apud* Miljkovic 2015). O mais provável é que seja uma interação entre ambas e, talvez, outros fatores ainda desconhecidos.

Este quadro pode se relacionar também com a fragilidade do idoso (Newman et al., 2008). Embora não haja um conceito definido, a fragilidade é um estado no qual há um aumento da vulnerabilidade devido à uma redução das reservas fisiológicas. Esta síndrome causa redução da força muscular, sarcopenia, quedas, incapacidades físicas e declínio na capacidade de realizar atividades de vida diária básicas e instrumentais.

Todas estas mudanças podem fazer com que o idoso se torne dependente de outras pessoas para realizar simples tarefas do dia a dia, estando mais exposto a quedas e fraturas, entre outros aspectos envolvendo morbidade e mortalidade (Aagard et al., 2010; Izquierdo et al., 2003; Cadore e Izquierdo, 2013).

3.2.2 Treino de força e idosos

O treinamento de força aumenta a massa muscular, força e potência máximas, bem como a taxa máxima de produção de força (TMPF), em indivíduos de todas as idades (Heckman e McKelvie, 2008; Hunter et al., 2004). Para os idosos, o treino de força melhora o perfil de risco cardiovascular e de saúde, o que resulta de um aumento da massa magra, redução na massa gorda, melhoria da sensibilidade à insulina e perfil lipídico, bem como diminuição na pressão arterial, preservação ou incremento na densidade mineral óssea e melhoria na qualidade de vida (Heckman e McKelvie, 2008; Hunter et al., 2004).

Izquierdo et al. (1999) sugere que intensidades moderadas a altas, 65 a 80% de 1RM, com frequência semanal de 2 à 4 vezes, promovem maiores ganhos na força muscular, ao passo que intensidades menores, de 40 a 60% de 1RM e feitas

em alta velocidade de movimento são necessárias para se otimizar a potência muscular em idosos.

Além disso, parece que durante as primeiras semanas de treinamento (6 semanas), uma série por exercício pode incrementar os ganhos na força na mesma proporção do que três séries por exercício. No entanto, em períodos de tempo maiores, três séries induzem a ganhos mais expressivos na força (Cadore et al., 2014; Hunter et al., 2004).

Uma meta-análise de Borde et al. (2015) analisou as relações de dose-resposta no treino de força e idosos, e mostrou que, para incrementar a força, 70 a 79% de 1RM, tempo sob tensão de 6s por toda a repetição e intervalo de 60s entre as séries, promoveram maiores ganhos, bem como 2 a 3 vezes por semana, de 2 a 3 séries por exercício, com intervalo de 4s entre cada repetição. Já para questões morfológicas, o volume semanal de 2 a 3 sessões, também com 2 a 3 séries por exercício, com valores de intensidade de 51 a 69% de 1RM, tempo total de tensão de 6s segundos por repetição e intervalo entre as séries de 120s teve maiores incrementos.

Uma meta-análise de Csapo e Alegre (2016), encontraram que o TF realizado com intensidades de carga mais baixas (40 – 60% 1RM) do que as normalmente recomendadas (60 – 80% 1RM) já induzem ganhos expressivos em força e hipertrofia muscular em idosos.

3.2.3 Treino aeróbico e idosos

Embora o desempenho aeróbico possa ser mantido em ótimos níveis com o treinamento físico durante o envelhecimento, a performance de cunho aeróbico decai com o avanço da idade, especialmente em idade mais avançada. Os dados mostram que a queda no VO_2 máx. é o fator que mais contribui para o declínio na performance. Reduções nos limiares de lactato também podem contribuir, ao passo que a economia de movimento submáxima é preservada em atletas *masters*. Os declínios no VO_2 máx. são mediados por uma redução débito cardíaco e máxima diferença arterio-venosa de oxigênio, com diminuições no volume sistólico e na frequência cardíaca (Tanaka e Seals, 2008; Newman et al., 2001).

Em torno da segunda década de vida do ser humano, a capacidade aeróbica máxima (VO_2 máx.) decai em aproximadamente 10% por década de vida, como resultado da redução na frequência cardíaca máxima, fração de ejeção, volume/potência de ejeção cardíaca e perda de massa muscular. As evidências indicam que até 50% deste declínio não é devido ao envelhecimento propriamente dito, mas sim à falta de condicionamento físico. Após corrigir pelo fator idade, o VO_2 máx. permanece mais elevado entre os indivíduos praticantes de exercício físico regular quando comparados ao que são sedentários. Em idosos saudáveis, o treinamento aeróbico pode promover o incremento no VO_2 máx., enchimento e relaxamento mais rápido do ventrículo esquerdo, fração de ejeção de pico em exercício físico e a potência/ volume de ejeção cardíaco (Heckman e McKelvie, 2008).

O treinamento aeróbico é uma prática eficaz, segura e que acarreta incrementos na qualidade de vida e nas melhoras nas taxas de mortalidade em pessoas que já sofreram um infarto do miocárdio, o que representa, em muitos casos, a realidade de inúmeros idosos. O exercício físico desta natureza, sendo feito de modo sistemático e prolongado pode contrabalancear os efeitos deletérios deste evento, melhorando o consumo de oxigênio e a utilização de substratos, bem como faz com que haja um remodelamento da musculatura cardíaca (Ventura-Clapier et al., 2007).

Uma importante adaptação que este treinamento promove é a redução da resposta cardiovascular para a mesma carga submáxima (economia de movimento, causando uma economia cardíaca), bem como outra importante adaptação é o decréscimo da atividade neuromuscular durante o ciclo na mesma sobrecarga após um período de treinamento aeróbico (Cadore et al., 2011a; 2013), chamado também de economia neuromuscular. Outros benefícios também se enquadram, tais como redução na pressão arterial de repouso e em atividades físicas (por exemplo, ao subir um lance de escadas a pressão do indivíduo se eleva menos do que o período pré - treino), melhora o perfil lipídico, entre outros (Newman et al., 2001; Park e Yeo, 2013).

Vários trabalhos que investigaram os efeitos do treinamento aeróbico na população idosa mostraram que houve melhorias de 8 a 20% no VO_2 pico e na potência aeróbica máxima, após períodos de treino de 12 a 14 semanas, com uma frequência de 3 a 5 vezes por semana, totalizando de 30 a 60 minutos por sessão de

treino, cuja intensidade varia de 50 a 85% da frequência cardíaca máxima (Cadore et al., 2014).

3.2.4 Treino concorrente em idosos

O treinamento físico que promova benefícios de cunho aeróbico e também neuromuscular na população idosa, vem sendo defendido e ganhando mais espaço na promoção da independência funcional e no intuito de diminuir a incidência de doenças associadas ao envelhecimento e ao sedentarismo (ACSM, 2009; Cadore e Izquierdo, 2013; Cadore et al., 2014). O uso do treinamento aeróbico, aliado ao treino de força, o treinamento concorrente (TC), já está estabelecido na literatura como a melhor estratégia de trabalhar com esta população (Cadore et al., 2010; 2013; 2014; Kavavirta et al., 2009), pois promove ganhos de cunho cardiovasculares e neuromusculares.

O estudo de Wood et al. (2001) investigou o treinamento aeróbico, de força e concorrente, em idosos saudáveis, em uma frequência semanal de 3 vezes. Os autores encontraram benefícios cardiovasculares e neuromusculares nos idosos estudados, porém, de modo interessante, a magnitude dos incrementos fisiológicos foram similares aos treinamentos isolados em comparação ao treinamento concorrente, o que evidencia que não houve um efeito de interferência do treino aeróbico nos ganhos de força.

Um estudo de McCarthy et al. (2002) analisou as adaptações morfológicas e neurais provenientes do TC em homens jovens e sedentários. O treinamento foi realizado 3 vezes na semana para cada grupo. A análise de força, biópsia do quadríceps, e tomografia computadorizada da coxa, além de eletromiografia de superfície (EMG), foram feitas antes e após as 10 semanas de treinamento. Os grupos de treinamento concorrente e força mostraram incrementos similares na área de secção transversa, e a área das fibras tipo II também tiveram incrementos similares entre estes dois grupos. Os outros aspectos analisados não tiveram mudanças significativas. Mesmo sendo feito 3 vezes na semana, o TC não interferiu em ganhos neuromusculares e de massa muscular quando comparado ao treinamento de força isolado, pelo menos à curto prazo.

Um trabalho de Izquierdo et al. (2004) utilizou três modelos de treinamento, nos quais os idosos foram alocados em: grupo força, grupo aeróbico, grupo combinado (aeróbico e força), de modo que todos os grupos realizavam atividades duas vezes na semana, por isso, o grupo combinado realizava uma vez na semana a parte aeróbica e uma vez na semana a parte de força. Os participantes eram todos idosos e sedentários. Os achados mostraram que, mesmo para aqueles do grupo combinado, os resultados de ganhos em força e área de secção transversa foram significativos e similares entre os grupos força e o combinado, assim como ganhos na potência aeróbica máxima foram similares entre os grupos aeróbico e o combinado.

Um trabalho de Cadore et al. (2011) buscou analisar a possível relação entre força, performance aeróbica e economia neuromuscular em homens idosos. Os idosos foram avaliados em: 1RM, força isométrica máxima e TMPF. O consumo de oxigênio de pico, carga máxima e limiar ventilatório foram determinados em protocolo de rampa em cicloergômetro. A economia neuromuscular era avaliada por EMG do músculo vasto lateral. Foram encontradas correlações significantes entre força muscular, capacidade aeróbica e economia neuromuscular ($r = 0.43-0.64$, $p < 0.05$). Os resultados sugerem que o desempenho aeróbico poderia ser mais estimulado utilizando treino de força com cargas mais elevadas ou com treinamento de potência, em idosos.

Outro estudo de Cadore et al. (2010) trabalhou com três grupos de homens idosos, de modo que cada grupo foi dividido em: grupo força, grupo aeróbico e grupo concorrente, este último realizando ambos treinamentos na mesma sessão, 3 vezes por semana cada grupo, por 12 semanas. Com relação à força de membros inferiores, foi visto que todos os grupos incrementaram seus índices, porém, o grupo que treinava somente força obteve acréscimos maiores do que o grupo concorrente, que por sua vez teve maiores ganhos do que o grupo aeróbico. Já para membros superiores, o grupo aeróbico não obteve melhoras, somente os outros dois grupos, sem diferenças entre os grupos. Entretanto, somente o grupo que treinava força de modo isolado obteve incrementos na força isométrica máxima e ativação muscular máxima (quadríceps), bem como uma redução da ativação muscular submáxima para a mesma carga (economia muscular). Esta mudança sugere ou confirma um efeito de interferência do TC em ganhos neuromusculares da mesma musculatura envolvida em ambas atividades, o que levou a um prejuízo das adaptações neurais.

O fenômeno da interferência pode ser observado em sujeitos idosos quando um volume alto de TC (três vezes na semana) é realizado (Cadore e Izquierdo, 2013). Para evitar que isto ocorra, o TC no qual são realizados ambos os protocolos no mesmo dia, os ganhos de força podem ser otimizados se o treino de força for realizado previamente ao treino aeróbico. De acordo com um estudo de Cadore et al. (2010), que analisou homens idosos e o efeito da interferência do treinamento concorrente, os achados sugerem que, quando o treinamento aeróbico é realizado anteriormente ao treinamento de força, resulta em efeitos de interferência nos ganhos em força, influenciando negativamente quando os mesmos grupos musculares são solicitados em ambas atividades.

Cadore et al. (2012) analisaram o efeito da ordem no treinamento concorrente, treino de força antes do treino aeróbico e vice-versa, em variáveis cardiorrespiratórias e neuromusculares, em homens idosos. Os treinamentos eram realizados três vezes na semana, durante 12 semanas. O que os achados mostraram foi que o VO_2 pico elevou-se de modo similar em ambos os grupos, assim como a potência aeróbica. A força por unidade de massa no quadríceps aumentou em ambos os grupos, mas com incrementos significativamente maiores no grupo que treinou força primeiro na sessão (27.5 ± 12.7 versus $15.2 \pm 10.3\%$, $p < 0.02$).

Um trabalho Cadore et al. (2013) também observou benefícios no treinamento concorrente em idosos ao se realizar o treinamento de força antes do treinamento concorrente, evidenciando ganhos maiores nos valores de 1RM de membros inferiores ($35.1 \pm 12.8\%$ quando o treino de força era realizado antes versus $21.9 \pm 10.6\%$ quando o treino aeróbico era realizado antes). Os incrementos na economia neuromuscular do músculo reto femoral foram significativos somente quando o treino de força foi feito antes do aeróbico ($-22.6 \pm 30.0\%$, $p < 0.01$), mostrando mais uma vez um benefício em se treinar nesta ordem: treinamento de força antes do treinamento aeróbico.

Um trabalho de Ferrari et al. (2013) fez uma comparação entre treinar duas ou três vezes na semana, também com modelo de treino concorrente em idosos previamente treinados (iniciando o treino pelos exercícios de força). Os dados demonstraram que o grupo que treinou três vezes na semana teve ganhos neuromusculares (como força e espessura muscular) e cardiovasculares similares ao grupo que treinou duas vezes na semana, por 10 semanas (ganhos em 1RM em membros superiores: 2 vezes na semana = $10.5 \pm 4.6\%$ e 3 vezes na semana = 7.1

$\pm 4.8\%$ e incrementos em 1RM em membros inferiores: 2 vezes na semana = $22.5 \pm 9.5\%$ e 3 vezes na semana = $19.7 \pm 8.9\%$). Estes achados revelam a eficácia de um volume menor de treino concorrente em idosos já treinados.

Um estudo de Wilhelm et al. (2014) mostrou que um modelo de treinamento concorrente, feito duas vezes na semana, por 12 semanas, variando a ordem de treino: aeróbico sendo realizado antes ou depois do treino de força. Os dados revelaram que não houve interferência na produção de força e potência muscular, em homens idosos. Este modelo resultou em melhoras na eco-intensidade dos idosos, revelando uma adaptação adicional ao treinamento concorrente.

Os parâmetros aeróbicos também podem ser incrementados na ordem força primeiro e aeróbico depois, pois esta sequência pode promover maiores aumentos na sobrecarga no primeiro limiar respiratório, e estas mudanças talvez estejam associadas ao aumento na economia neuromuscular como uma consequência dos ganhos de força (Cadore e Izquierdo, 2013; Cadore et al, 2014). O treino concorrente feito duas vezes na semana pode promover incrementos na hipertrofia muscular, força e potência em idosos. O treino de força deve ser realizado em intensidades entre 60 a 80% de 1RM e volume de 2 a 3 séries por exercício. Além disso, o programa aeróbico deve ser em torno de 60 a 85% do VO_2 máx., com duração de 25 a 45 minutos por sessão (Cadore e Izquierdo, 2013; Cadore et al, 2014).

3.2.5 Treinamento de força ou concorrente com e sem repetições máximas

Em um estudo de Folland et al. (2002), que analisou dois protocolos de treinamento de força, sendo um de altos níveis de fadiga (4 séries de 10 repetições com 30 segundos de intervalo entre cada série) e um de baixos níveis de fadiga (1 série de 40 repetições com 30 segundos de intervalo entre cada repetição) mostrou que, após 9 semanas de treinamento, todos os parâmetros de força analisados incrementaram de modo similar em ambos grupos. Já um estudo de Drinkwater et al. (2005) trabalhou com um grupo realizava 4 séries de 6 repetições e o outro grupo realizava 8 séries de 3 repetições com carga de 6RM, ambos com o mesmo

percentual de carga (85 – 105% da carga do teste de 6RM no exercício supino reto). Além da avaliação de 6 RM, os indivíduos eram avaliados em sua potência durante o teste de 6RM no supino reto. Os resultados mostraram que o grupo que treinou com 4 séries de 6 repetições obteve maiores ganhos na carga e potência musculares de 6RM no supino reto. Contudo, nesse estudo, a força máxima (i.e., 1 RM) não foi mensurada e, provavelmente, a vantagem do grupo que treinou com repetições até a falha concêntrica ocorreu devido à especificidade do treinamento em relação ao teste avaliado. (i.e., 6RM). Já outro estudo de Drinkwater et al. (2007), utilizando métodos semelhantes, não encontrou diferenças entre grupos de repetições máximas e submáximas nos ganhos de força e potência, sugerindo que a fadiga não teria efeitos adicionais na performance neuromuscular.

Izquierdo et al. (2006) compararam dois grupos de homens que executaram o treinamento de força com ou sem o uso de repetições máximas. Os resultados mostraram que não houve diferenças nos ganhos de força máxima nos exercícios supino reto e agachamento. Houve vantagem no desenvolvimento de potência no agachamento e no salto vertical no grupo de repetições submáximas, ao passo que o grupo de repetições máximas obteve maior aumento na resistência muscular localizada no exercício supino reto.

Mais recentemente, Sampson e Groeller (2015), analisaram três modelos de treino de força em homens destreinados, durante 12 semanas. Os indivíduos treinaram os flexores de cotovelo três vezes na semana (dias não consecutivos), com carga de 85% de 1RM. O grupo C realizava a fase concêntrica e a fase excêntrica no mesmo tempo, 2s para cada (controlado por metrônomo) executando repetições máximas, ao passo que o grupo *Rapid Shortening* (RS) realizava da forma mais veloz possível a fase concêntrica, seguido de 2s para a realização da fase excêntrica. E, por fim, o grupo *Stretch Shortening* (SSC) realizava da maneira mais veloz possível ambas as fases. Os participantes do grupo C realizavam todas as séries até a falha concêntrica (6 repetições, 4 séries). Já os outros grupos realizavam 4 repetições por série, não sendo até a falha. Para garantir que a sobrecarga fosse equivalente com o grupo C, a cada semana, uma série adicional até a falha era acrescentada nestes grupos (RS e SSC). Após o período de treinamento, não foram vistas mudanças significativas na média de carga utilizada entre os grupos. Os ganhos em 1RM foram similares entre os grupos: C = incremento de 30,6%; RS = incremento de 28,6%; SSC = 32,8%. Os ganhos em área de secção

transversa também não foram significativamente diferentes entre si: C = 14.6 cm² (CI: 12.9, 16.5); RS = 13.4 cm² (CI: 12.0, 14.8); SSC = 15.8 cm² (CI: 13.8, 17.8).

Dentro do contexto do treinamento concorrente, Izquierdo - Gabárrren et al. (2010) compararam os ganhos de força máxima e potência entre 3 grupos de remadores, um grupo executando 4 exercícios com séries de RM (4RM), outro realizando 4 exercícios com séries sem a execução de RM (4NRM) e um terceiro executando 2 exercícios com séries sem a execução de RM (2NRM). Os resultados mostraram que o grupo 4NRF apresentou maiores incrementos na força e potência máxima quando comparado aos outros dois grupos, sugerindo que a não execução de RM pode ser vantajosa durante o treinamento concorrente em atletas.

Embora os efeitos da execução de RM tenham sido investigados em indivíduos jovens, existe uma carência de informações a respeito dos efeitos deste método de prescrição de treino de força em indivíduos idosos. Além disso, poucos estudos investigaram os efeitos do uso das repetições na hipertrofia muscular, trazendo a questão de uma possível vantagem das RM na hipertrofia muscular podendo ser explicada ao maior volume de treino executado.

A tabela 1 ilustra os estudos discutidos.

Tabela 1: Principais estudos com repetições máximas (jovens).

AUTORES	AMOSTRA	PROTOCOLO DE TREINO	RESULTADOS
Folland et al. (2002)	Homens jovens, fisicamente ativos.	A.F. = 4x10 – 30" intervalo B.F. = 1x40 – 30" de intervalo entre cada repetição. 9 semanas de duração, 3x semana.	Ganhos similares de força isométrica (A.F. = 18.2 (3.9)% e B.F. = 14.5 (4.0)%).
Drinkwater et al. (2005)	Atletas juniores de basquete e futebol (homens).	Grupo 4x6 ; Grupo 8x3 Ambos: 85- 105% 6RM (Supino Reto) e Potência (40kg).	Grupo 4x6 ↑ carga 6RM do que o Grupo 8x3 (4x6 = média de 7.3kg ↑ e 8x3 = média de 3.6kg ↑. Grupo 4x6 ↑ ganhos na potência (40.8W) do que o Grupo 8x3 (25W).
Drinkwater et al. (2007)	Atletas de voleibol e basquetebol (homens).	Grupo 4x6 ; Grupo 8x3 ; Grupo 12x3 Todos - repetições máximas e repetições forçadas, em diferentes faixas no exercício supino reto.	Os incrementos em força e potência foram similares entre os grupos.
Izquierdo et al. (2006)	Atletas de pelota basca (homens).	Grupo Repetições Máximas; Grupo Repetições Submáximas. Exercícios: supino reto e agachamento.	Incrementos similares em força e potência (membros inferiores e superiores); ganhos similares no máximo de repetições no agachamento. Fase pico = ↑ potência no Grupo Repetições Submáximas.
Izquierdo – Gabarrén (2010)	Atletas remadores (homens).	4RF = repetições até falha concêntrica; 4NRF = 50% repetições que poderiam ser executadas; 2NRF = 50% das repetições e 50% do nº de exercícios. 8 semanas, 2x semana.	4NRF = ↑ absolutos e relativos na força e potência musculares, em comparação aos outros grupos. 4NRF e 2NRF = ↑ em <i>endurance</i> e potência aeróbica.
Sampson e Groller (2015)	Homens jovens destreinados.	C = concêntrica e excêntrica em 2s; RS = concêntrica o + rápido possível e excêntrica me 2s; SSC = ambas as fases o + rápido possível. 12 semanas, 3x semana.	Incrementos similares em força e área de secção transversa em todos os grupos.

Tabela ilustrativa de estudos que trabalharam com repetições máximas. A.F.: alta faticabilidade; B.F.: baixa faticabilidade; RM: repetições máximas.; NRF: repetições submáximas (50% do volume máximo); 2NRF: repetições submáximas (50% do volume máximo) e metade dos exercícios; C: grupo que realizava a fase concêntrica e excêntrica em 2s; RS: grupo que realizava as repetições o mais rápido possível na fase concêntrica e a excêntrica em 2s; SSC: grupo que realizava ambas as fases o mais rápido possível; ↑: simboliza incremento; = simboliza para igualdade; +: simboliza adição.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização do estudo:

O presente trabalho é caracterizado por ser um ensaio clínico randomizado, cujo objetivo é analisar e comparar entre si três modelos diferentes de TC. O presente estudo faz parte de projeto maior, no qual foram avaliadas variáveis neuromusculares, cardiorrespiratórias, funcionais e bioquímicas.

4.2 População e Amostra

4.2.1 População:

A população incluiu homens idosos, com idades entre 60 e 75 anos, que eram aptos para a realização do treino físico proposto. Os indivíduos estavam sem praticar exercício físico sistemático e regular, seja de cunho aeróbico ou de força, por menos 3 meses anteriores aos ingresso no estudo. Foi adotado como critério de inclusão a ausência de histórico de doenças cardiovasculares e neuromusculares, à exceção de hipertensão grau I controlada por medicamentos. Os indivíduos não poderiam fazer uso de quaisquer medicamentos que pudessem vir a interferir no metabolismo endócrino ou neuromuscular. Foram excluídos os indivíduos que tinham histórico de fumo ou terem parado de fumar há menos de 1 ano à data de ingresso no estudo. Os indivíduos tiveram de apresentar um Eletrocardiograma (ECG) de Esforço, no qual foi eliminada a possibilidade de risco à participação no estudo. Este ECG datava de no máximo 1 ano à data de ingresso no estudo. Os indivíduos que não possuíam este exame e não tinham acesso a um plano de saúde, conseguiram fazer os ECG de esforço nas próprias dependências do Laboratório de pesquisa em exercício (LAPEX) da UFRGS, acompanhados pelo cardiologista responsável. Este trabalho faz parte de um projeto maior já

previamente aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS – CEP UFRGS número do parecer: 1.009.511).

4.2.2 Amostra:

Os indivíduos foram recrutados por meio de divulgação em jornais de grande circulação e redes sociais. A amostra foi não-probabilística voluntária, constituída por um número de homens idosos calculados através de cálculo amostral, baseado em estudos prévios (Izquierdo-Gabarrén et al. 2010; Cadore et al. 2010; Cadore et al. 2013). As variáveis utilizadas para o cálculo amostral foram: força dinâmica máxima, espessura muscular do quadríceps e o torque máximo isométrico do quadríceps. Estas variáveis foram escolhidas devido à semelhança com as avaliações que serão realizadas no presente estudo, além da amostra semelhante. Foi acrescentado ao cálculo amostral o número de sujeitos correspondente a 10% do número calculado, já que estudos prévios do nosso grupo de pesquisa observaram esse índice de perda (Cadore et al. 2010). O cálculo foi realizado para amostras emparelhadas com o programa GPOWER versão 3.0.10 para *Windows*, onde foi adotado um nível de significância de 0,05, um poder de 90%, e um coeficiente de correlação variando de 0,9 para as variáveis. Foi adotado para o tamanho amostral o número de maior valor entre as variáveis: 14 em cada grupo. Dessa forma, foram recrutados para cada grupo 16 indivíduos como forma de administrar uma possível perda amostral sem a perda do poder estatístico dos resultados, totalizando 48 indivíduos. Após o período de treinamento, foram excluídos da amostra os indivíduos que não obtiveram uma frequência mínima de 85% do número de treinos ou faltaram a mais de 2 treinos consecutivos. Contudo, os sujeitos foram incentivados a recuperar as ausências nas sessões de treino ao longo do período de treinamento, acrescentando-se novas sessões. Conforme visto em estudos anteriores, os indivíduos foram constantemente motivados a permanecer no estudo por meio de conversas sobre sua evolução nos parâmetros de condicionamento físico avaliados, conforme o interesse de cada sujeito em tomar conhecimento. Essa estratégia tem se demonstrado eficaz na manutenção da adesão da amostra em estudos prévios do nosso grupo de pesquisa (Cadore et al. 2010, 2013).

Cada indivíduo foi informado sobre os procedimentos metodológicos desse estudo através da leitura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A leitura e a assinatura do termo de consentimento foi realizada individualmente e cada sujeito teve a liberdade para decidir ingressar, não ingressar ou terminar a qualquer momento sua participação no presente estudo. Através da randomização eletrônica realizada por pesquisador cego em relação aos indivíduos, a amostra foi dividida em 3 grupos:

Grupo 1: Treinamento de concorrente com repetições máximas no treino de força, referido pela sigla GRM.

Grupo 2: Treinamento concorrente com repetições submáximas no treino de força sem equalização de volume, referido pela sigla GNRM.

Grupo 3: Treinamento concorrente com repetições submáximas no treino de força com equalização de volume, referido pela sigla GNRMVE.

4.3 Variáveis

4.3.1 Variáveis independentes:

- Treinamento Concorrente com a execução de repetições máximas durante o treino de força:

Tipo de treinamento que envolveu exercícios de treinamento de força, executados em pesos livres ou em máquinas de musculação, realizados para membros superiores em inferiores, com objetivo de aumento na força muscular, executado simultaneamente com sessões de exercício aeróbio contínuo, executado em esteira, com o objetivo de melhora no consumo máximo de oxigênio. Nessa intervenção, o treinamento de força foi executado com a execução de repetições máximas nos exercícios *leg press* e extensão de joelhos.

- Treinamento concorrente sem a execução de repetições máximas durante o treino de força, com volume equalizado:

Tipo de treinamento que envolveu exercícios de treinamento de força, executados em pesos livres ou em máquinas de musculação, realizados para

membros superiores em inferiores, com objetivo de aumento na força muscular, executado simultaneamente com sessões de exercício aeróbio contínuo, executado em esteira, com o objetivo de melhora no consumo máximo de oxigênio. Nessa intervenção, o treinamento de força foi executado com 50% das repetições máximas do grupo acima, para os dois exercícios citados, ao final das séries, para cada exercício, foi acrescentado uma ou mais séries adicionais como forma de equalizar os volumes entre ambos os protocolos de treino, determinado por estudo piloto prévio.

- Treinamento concorrente sem a execução de repetições máximas durante o treino de força:

Tipo de treinamento que envolveu exercícios de treinamento de força, executados em pesos livres ou em máquinas de musculação, realizados para membros superiores em inferiores, com objetivo de aumento na força muscular, executado simultaneamente com sessões de exercício aeróbio contínuo, executado em esteira, com o objetivo de melhora no consumo máximo de oxigênio. Nessa intervenção, o treinamento de força será executado com 50% das repetições máximas do primeiro grupo, nos mesmos exercícios, sem tentativas de equalização de volume.

4.3.2 Variáveis dependentes:

- Força muscular dinâmica de membros inferiores:

Foi considerada a soma dos valores em quilogramas (kg), da carga máxima suportada durante uma repetição, nos exercícios *leg press* e extensão de joelhos.

- Torque muscular isométrico de membros inferiores:

Foi considerado o valor em N.m produzido pelos extensores do joelho direito.

- Taxa de produção de torque:

Será considerada a maior variação de torque (N.m.s^{-1}) na curva força x tempo, durante o protocolo isométrico. Esse valor pode ser calculado pela razão $\Delta\text{Força}/\Delta\text{tempo}$.

- Ativação muscular isométrica máxima de membros inferiores:

Foram considerados os valores *Root Mean Square* (RMS) dos músculos reto femoral, e vasto lateral, obtidos durante uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM) durante protocolo para extensores do joelho.

- Espessura muscular dos músculos do quadríceps femoral:

Foi considerado o valor em milímetros (mm) correspondente à espessura dos músculos vasto intermédio, vasto lateral, vasto medial e reto femoral, bem como a soma de todos os músculos.

- Tensão específica do quadríceps femoral:

Foi considerado o valor em mm.kg^{-1} , calculada pelo valor 50% do 1RM da extensão dos joelhos divididos pelo somatório dos músculos do quadríceps.

- Desempenho de saltos:

Foram realizados 5 saltos *Squat Jump* (SJ) e 5 saltos *Countermovement Jump* (CMJ). Será considerada a maior altura (em cm) realizada em cada salto.

4.3.3 Variáveis de caracterização da amostra:

- Massa Corporal (MC);
- Estatura (EST);
- Idade (ID).

4.3.4 Variáveis intervenientes:

- Predisposição individual para o desenvolvimento das capacidades avaliadas;
- Nutrição dos indivíduos;
- Intensidade das atividades relacionadas à vida diária.

4.4 Tratamento das Variáveis Independentes:

Os diferentes tipos de treinamento utilizados no projeto tiveram duração de 12 semanas. Os grupos treinaram 2 vezes por semana, em dias alternados (segundas e quartas-feiras, quartas e sextas-feiras ou segundas e sextas-feiras), com intensidade e volume de treinamento progressivos, periodizados de forma linear, com um período recuperativo na semana anterior às (re) avaliações. O local de treinamento dos grupos foi nas dependências da academia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ESEFID-UFRGS). No presente trabalho, foi escolhido o período controle e não grupo controle, já que, deste modo, todos os indivíduos poderiam se beneficiar dos possíveis efeitos benéficos do treinamento concorrente. Todos os grupos respeitaram a ordem de execução do treino, sendo que o treino de força precedia o aeróbico todas as vezes. Este modelo de treinamento já se mostrou mais eficaz em estudos prévios (Cadore et al. 2010).

Anteriormente ao período de treinamento, os indivíduos passaram por um período controle de 4 semanas, em que foram avaliados antes e após 4 semanas realizando testes neuromusculares, bioquímicos, funcionais e cardiorrespiratórios. Sendo assim, os testes dessas variáveis pré-treinamento dos indivíduos foram realizados 2 vezes antes do período de treino. Esse procedimento já foi adotado na ausência do grupo controle (Häkkinen et al., 2001; Cadore et al. 2010). O cronograma das coletas e do treinamento está no quadro 1, logo abaixo.

Quadro 1: cronograma de avaliações e treinamento concorrente.

Semana – 4	Semana 0	Semana 12	Semana 13
Avaliação das variáveis dependentes	Avaliação das variáveis dependentes	Término do treinamento	Avaliação das variáveis dependentes
Período Controle	Início dos treinamentos	Semana regenerativa	

As avaliações que envolviam esforço físico tinham 48h de intervalo entre elas, sendo intercaladas pelas avaliações físicas, de pressão arterial e frequência cardíaca. Todos os indivíduos completaram o cronograma de avaliações dentro de 1 à 2 semanas.

Quadro 2: cronograma de avaliações.

Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6
TCLE; Questionários; Familiarizações: 1RM e testes funcionais.	Avaliação física; Aferição da P.A. e da F.C.	Avaliação de U.S.; Coleta de sangue Teste VO ₂ máx.	Familiarizações: Dinamometria isocinética, saltos e potência.	Teste de 1RM e testes funcionais	Dinamometria isocinética + EMG; Testes de saltos e potência

TCLE: termo de consentimento livre e esclarecido; 1RM: uma repetição máxima; P.A.: pressão arterial; F.C.: frequência cardíaca; U.S.: ultrassonografia; VO₂ máx.: consumo máximo de oxigênio; EMG: eletromiografia de superfície.

4.5 Periodização do Treinamento Concorrente:

Os três grupos de treinamento, GRM, GNRM e GNRMVE, obedeceram a uma periodização. A progressão das sobrecargas foi feita na mesma linha em todos os grupos, porém os dois grupos que utilizam repetições submáximas tiveram o volume reduzido para a metade (50%), e o grupo GNRMVE teve uma equalização dos volumes, conforme será descrito abaixo.

4.6 Treinamento de Força:

Todos os grupos realizaram um aquecimento específico em 1 equipamento para membros superiores e 1 equipamento para membros inferiores, onde executaram 1 série de 15 repetições com carga não superior à 30% da carga de treinamento, previamente determinada. Os exercícios executados foram: supino reto, remada alta, flexão de joelhos, *leg press*, extensão de joelhos e exercícios abdominais e extensão de tronco. Para todos os exercícios, com exceção dos exercícios *leg press*, extensão de joelhos, abdominais e extensão de tronco, a

periodização iniciou com 2 séries de 18 a 20 repetições por exercício durante as 2 primeiras semanas. Já entre a 3ª e a 4ª semanas, os indivíduos treinaram com 2 séries de 15 a 17 repetições em cada exercício. Durante a 5ª e a 6ª semana, os indivíduos realizaram 2 séries de 12 a 14 repetições por exercício. Durante a 6ª e a 7ª semanas, os indivíduos treinaram com 3 séries de 12 a 14 repetições por exercício. Já da 8ª à 11ª semana, os indivíduos treinaram com 2 séries de 8-10 repetições. Na 12ª semana, os indivíduos realizaram apenas 2 séries de 10 repetições com 80% da carga utilizada na semana anterior. Essa redução ocorreu para que houvesse uma semana de treinamento regenerativo antes das avaliações feitas após 12 semanas de treinamento.

Nos exercícios acima mencionados, com exceção dos exercícios abdominais e paravertebrais, *leg press* e extensão de joelhos, as cargas foram ajustadas ao longo das 12 semanas de intervenção, porém, as mesmas foram mantidas submáximas, em torno de 70-80% do número máximo de repetições possíveis a serem realizadas em cada exercício. Já nos exercícios *leg press* e extensão de joelhos, os grupos GRM e GNRMVE e GNRM treinaram com diferentes regimes: o GRM executou 2 séries com o máximo número de repetições com 65% de 1RM nas semanas 1 à 4. Nas semanas 5 à 8, o GRM executou 2 séries com o máximo número de repetições com 70% de 1RM, considerando um aumento de 5% na carga máxima de referência (1 RM avaliado + 5%). Durante as semanas 9 à 11, os indivíduos o GRM executou 3 séries com o máximo número de repetições com 75% de 1RM. A exemplo do treinamento dos demais exercícios, na 12ª semana, os indivíduos do GRM realizaram 2 séries com 80% do número máximo de repetições registrado na última sessão de treino, com a carga de 75% de 1RM. O grupo GNRMVE e GNRM executou 50% das repetições realizadas pelo grupo GRM, sendo o GNRMVE executando quantas séries a mais quanto foram necessárias para que fosse atingido o mesmo número de repetições do que o grupo GRM, evitando que qualquer série seja até a fadiga. Esse procedimento foi adotado como forma de equiparar os volumes totais dos grupos GRM e GNRMVE nos exercícios de *leg press* e extensão de joelhos. Essa forma de equiparação foi determinada através de estudo piloto com dados ainda não publicados. O tempo de descanso entre as séries foi de dois minutos. O cálculo de repetições dos grupos que não trabalharam com repetições máximas foi feito da seguinte maneira: a cada semana, era computado o número máximo de repetições feito pelo GRM nos exercícios *leg press* e extensão

de joelhos, fazendo-se a média de repetições feitas e utilizado este valor para o número de repetições do GRNM (50% da média das repetições) e do GRNMVE (100% da média das repetições, porém fracionado em mais séries, para que não fossem feitas repetições máximas).

O protocolo piloto consistiu em realizar testes de 1RM e de repetições máximas (RMs) para os exercícios *leg press* e extensão de joelhos, em 10 homens idosos aleatoriamente recrutados de academias locais. Os sujeitos realizavam um aquecimento geral prévio e um aquecimento específico por aparelho, com 10 repetições com cargas baixas. Após, foi feito o teste de 1RM (mesmo protocolo descrito previamente) primeiro para o exercício *leg press*, seguido da extensão de joelhos. Após 48h, foi feita uma sessão de repetições máximas para o *leg press* e a extensão de joelhos, da seguinte maneira: o indivíduo iniciava com 80% de 1RM no exercício *leg press*, realizando o máximo de repetições com esta carga, por 3 séries, com 120s de intervalo entre cada série. Após, a carga era ajustada para 60% e o indivíduo realizava o máximo de repetições, por 3 séries, com 120s de intervalo entre cada série. Foi feita uma média das repetições realizadas, servindo de base para os sujeitos do presente estudo iniciarem os treinamentos. Ao longo da periodização, o número de repetições do GRM serviu como base para o cálculo das repetições dos demais grupos.

As ilustrações abaixo esquematizam como foram feitas as distribuições dos volumes e as intensidades entre os grupos.

Figura 2: esquema de distribuição dos volumes de treinamento entre os grupos.



Tabela 2: progressão dos exercícios de força para o *leg press* e extensão de joelhos ao longo de 12 semanas de treino.

Periodização dos exercícios de força <i>leg press</i> e extensão de joelhos:		
Semanas	Número de séries	Intensidade
1 a 4	2	65% 1RM
5 a 8	2	70% 1RM (1RM + 5%)
9 a 11	3	75% 1RM (1RM + 5%)
12	2 x 80% repetições semana anterior	75% 1RM (1RM + 5%)

Tabela mostrando a periodização da intensidade e do volume dos exercícios *leg press* e extensão de joelhos ao longo das 12 semanas de TC; 1RM: uma repetição máxima.

Tabela 3: progressão dos demais exercícios de força ao longo de 12 semanas de treinamento.

Periodização demais exercícios de força:		
Semanas	Séries x Repetições	Intensidade
1 a 2	2 x 18-20	Submáxima
3 a 4	2 x 15 - 17	Submáxima
5 a 6	2 x 14	Submáxima
7 a 8	2 x 12 -14	Submáxima
9 a 11	2 x 8 - 10	Submáxima
12	2 x 80% das repetições da semana anterior	Submáxima

Tabela mostrando a periodização da intensidade e do volume dos exercícios de força (exceto o *leg press* e extensão de joelhos) ao longo das 12 semanas de TC;

4.7 Treinamento Aeróbico:

Os indivíduos dos três grupos de treinamento realizaram o treino aeróbico, durante as 12 semanas, sempre após o treinamento de força. No início de cada sessão de treino, os indivíduos realizavam um aquecimento geral em cicloergômetro ou esteira rolante, durante 5 minutos. Após o aquecimento, cada indivíduo realizava o treinamento propriamente dito, com volume e intensidade correspondente. O treino aeróbico desses indivíduos foi com intensidade relativa à frequência cardíaca máxima ($FC_{máx.}$) obtida em protocolo incremental executado em esteira, levando em consideração as velocidades atingidas durante o protocolo de teste incremental. Nas primeiras 2 semanas, os indivíduos treinaram por 20 minutos com intensidade de 60 - 65 % da $FC_{máx.}$. Durante a 3ª e 4ª semanas, os indivíduos treinaram por 20 minutos a 65 - 70% da $FC_{máx.}$, aumentando o tempo para 25 minutos na 5ª e 6ª semana. Já na 7ª semana, o treino foi de 30 minutos a 65 - 70% da $FC_{máx.}$. Na 10ª e 11ª semana, os indivíduos treinaram 30 minutos, com intensidade de 70 - 75% da $FC_{máx.}$. Na 12ª semana, que foi regenerativa, os indivíduos realizaram 25 minutos a 70 - 75% da $FC_{máx.}$. Ao final da sessão, foram realizados alongamentos para membros inferiores e superiores.

Tabela 4: progressão do treinamento aeróbico ao longo de 12 semanas de treino.

Treinamento aeróbico (esteira):		
Semanas	Tempo	Intensidade
1 a 2	20'	60 – 65% $FC_{máx.}$
3 a 4	20'	65 – 70% $FC_{máx.}$
5 a 6	25'	65 – 70% $FC_{máx.}$
7 a 9	30'	65 – 70% $FC_{máx.}$
10 a 11	30'	70 – 75% $FC_{máx.}$
12	25'	70 – 75% $FC_{máx.}$ (regenerativo)

Tabela mostrando a periodização da intensidade e do volume o treinamento aeróbico ao longo das 12 semanas de TC; $FC_{máx.}$: frequência cardíaca máxima.

4.8 Instrumentos de Medida e Protocolos de Testes:

Os indivíduos que compuseram a amostra deste estudo compareceram à Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) para os dias de coletas de dados e treinamento. Quatro semanas antes do início do treinamento (semana -4), no início do treinamento (semana 0), e após 12 semanas de treinamento (semana 13), foram avaliados a força muscular dinâmica, torque muscular Isométrico, a ativação muscular isométrica, espessura muscular, testes funcionais, análises sanguíneas, avaliação física, aferição da P.A. e FC., e a capacidade cardiorrespiratória. Todos os testes realizados foram executados por avaliadores sem o conhecimento de qual o tipo de treinamento cada indivíduo estava realizando (cegamento), exceto para as avaliações de 1RM e antropometria, no qual o pesquisador estava envolvido nos protocolos de treinamento.

4.9 Medidas antropométricas:

Para caracterização da amostra, a massa corporal foi medida com uma balança analógica da marca ASIMED, com resolução de 0,1 kg, e um estadiômetro da marca ASIMED, com resolução de 1mm. Como medida de um fator risco de doenças cardiovasculares e diabetes, será medida a circunferência da cintura na menor circunferência da região abdominal, com uma fita métrica com resolução de 1mm. Dessa forma, os indivíduos foram caracterizados através de dados referentes à idade, massa corporal (MC), estatura (EST), índice de massa corporal [$IMC = MC \text{ (kg)} / EST \text{ (m)}^2$] e circunferência da cintura.

A composição corporal foi avaliada através de protocolo de dobras cutâneas, protocolo de Jackson, A.S., e Pollock, M.L. (1978). O plicômetro utilizado foi modelo científico, da marca Cescorf, com resolução mínima de 1 mm. Foram realizadas 3 medidas por dobra e, havendo divergência entre as medidas, o valor da média de duas das mais próximas medidas foi adotado. As análises foram feitas no programa Excel (2013) para Windows.

4.10 Força muscular dinâmica (1RM):

Foram realizados os testes de 1RM para membros inferiores nos exercícios *leg press* (LG) e extensão de joelhos (EJ). O teste de 1RM caracteriza-se pela maior carga que pode ser suportada em uma repetição de um determinado exercício. Os equipamentos utilizados para tal foram o “*leg press*” e a “cadeira extensora” da marca WORLD, 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 1Hz. Após a seleção da carga, cada indivíduo realizava o maior número possível de repetições de cada exercício, alcançando, no máximo, 10 repetições, com o tempo de contração de 2 segundos na fase concêntrica e 2 segundos na fase excêntrica. Após a execução do teste, a carga foi redimensionada a fim de encontrar a carga máxima para uma repetição. O teste foi novamente realizado para a verificação da carga e, se esta não fosse equivalente ao máximo do indivíduo, o mesmo procedimento era repetido até que, em no máximo 5 tentativas, fosse encontrada a carga máxima em cada exercício. O intervalo adotado foi de 4 minutos entre cada tentativa. Os indivíduos da amostra foram familiarizados com os exercícios em pelo menos 2 oportunidades anteriormente aos testes de força dinâmica, em dias não consecutivos e com intervalo superior à 4 dias ao início dos testes.

4.11 Torque muscular isométrico máximo e Taxa de produção de Torque:

Para obtenção do torque isométrico máximo e taxa de produção torque (TPT) dos extensores do joelho, os indivíduos realizaram um aquecimento de 5 minutos em ciclo ergômetro e em seguida foram posicionados em um dinamômetro isocinético da marca Cybex (Norm, EUA). Esse equipamento estava conectado a um conversor análogo digital (A/D) Miotool, que permitiu quantificar a força realizada quando o indivíduo executava a extensão do joelho no ângulo determinado. Dessa forma, os indivíduos eram posicionados sentados com o quadril em um ângulo de 90°, estabilizados por um velcro, fixando-os ao equipamento na altura na cintura. Após ter sua perna direita posicionada pelos avaliadores em um ângulo de 110° na

extensão do joelho (180° representa a extensão total), os indivíduos foram instruídos a exercer a máxima força possível na extensão do joelho direito de modo a produzir essa força o mais rápido possível. Foram realizadas 3 tentativas para obtenção da contração isométrica voluntária máxima (CIVM) com duração de 5 segundos cada CIVM, e intervalo de 3 minutos entre cada tentativa. Durante o teste, foi providenciado encorajamento verbal por parte dos pesquisadores para que os sujeitos se motivassem a produzir a máxima força e que ela iniciasse o mais rápido possível. Os valores de torque serão considerados aqueles que forem capturados com o dinamômetro isocinético (software NORM) com interface com o software Miograph. A CIVM com maior valor foi utilizada para obtenção da taxa máxima de produção de força, que foi considerada a máxima variação de força na parte ascendente da curva torque x tempo, calculada em intervalos móveis de 50 ms, de modo que, para o presente estudo, foram contabilizados os intervalos 0-50, 0-100 e 0-250 ms. Para tal cálculo, foi utilizado uma rotina no software MatLab.

4.12 Ativação muscular isométrica máxima de membros inferiores:

Para a aquisição dos dados eletromiográficos, foi utilizado um eletromiógrafo Miotool 400 (marca Miotec), composto por 8 canais com frequência de amostragem de 2000 Hz por canal. Paralelamente ao teste de torque isométrico, a ativação muscular foi avaliada através do sinal eletromiográfico de superfície (EMG) dos músculos Reto Femoral (RF) e Vasto Lateral (VL). Em um primeiro momento, foram feitas as marcações na pele do indivíduo para futuro posicionamento dos eletrodos. Em um segundo momento, foi feita a raspagem dos pêlos e limpeza da pele por abrasão, com algodão umedecido com álcool em gel, onde os eletrodos eram colocados. Os eletrodos de superfície (modelo 242, marca HAL, São Paulo) eram então posicionados, em configuração bipolar, longitudinalmente à direção das fibras musculares, no ventre dos músculos RF e VL, próximas à região do ponto motor, de acordo com as recomendações propostas por Leis e Trapani (2000). A distância entre os eletrodos é fixa em 2 cm, característica do modelo de eletrodo utilizado e, em cada coleta, o nível de resistência entre os eletrodos foi medido, controlado e mantido abaixo de 3000 Ohms (Cadore et al. 2010), através de verificação que feita

por um multímetro. Um eletrodo de referência foi colocado na tuberosidade da tíbia da perna direita. O posicionamento dos eletrodos foi controlado através do mapeamento através de lâminas transparentes, nas quais foram desenhados mapas anatômicos com o posicionamento de eletrodos referentes a pontos anatômicos e sinais na pele para cada indivíduo (Cadore et al. 2010; 2011; 2013).

Simultaneamente aos valores de torque, o sinal EMG coletado era transmitido para um conversor A/D que transmitia os dados (sinal eletromiográfico e torque) para uma única placa de aquisição, possibilitando o armazenamento dos dados obtidos em diferentes instrumentos e medidas em um mesmo arquivo. O programa Miograph de aquisição de dados, possibilita a visualização online das avaliações, assim como a gravação dos arquivos de cada indivíduo avaliado. A aquisição das curvas de torque e EMG dos diferentes músculos foi efetuada com uma frequência de amostragem de 2000Hz (DE LUCA, 1997). Dessa forma, eram obtidos os sinais EMG correspondentes a maior CIVM (ativação máxima). A EMG máxima foi determinada durante 1s em um intervalo no platô da curva Força x Tempo.

4.13 Espessura muscular e tensão específica:

A espessura muscular foi obtida nos músculos vasto intermédio, vasto lateral, vasto medial e reto femoral através de um equipamento de ultrassonográfica (Philips, VMI, Indústria e Comércio Ltda. Lagoa Santa, MG, Brasil), com imagem de avaliação em B-modo. As medidas foram realizadas com os indivíduos posicionados em decúbito dorsal e com o membro inferior direito relaxado. O local das medidas eram: vasto intermédio e reto femoral – dois terços da distância entre o trocânter maior do fêmur e o epicôndilo lateral do fêmur e três centímetros lateral a partir da linha média do membro (Chilibeck et al., 2004); vasto lateral - ponto médio entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur (Kumagai et al., 2000); e, vasto medial – um terço da distância entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur (Korhonen et al., 2009). Foram executadas medidas no ponto médio entre a crista ilíaca anterossuperior e a borda superior da patela, bem como medidas 5 e 10 cm abaixo desse ponto. Um transdutor com 7,5Hz será posicionado sobre o músculo avaliado de modo perpendicular. Para a aquisição da imagem, foi utilizado um gel a base de água que promove um aumento do contato acústico sem a necessidade de

causar pressão sobre a pele. Também foi feito um mapeamento dos pontos anatômicos que utilizam marcas na pele para identificação dos pontos no momento das reavaliações. O mesmo avaliador executou as medidas nos momentos de avaliação, realizando 3 medidas para cada ponto. A análise foi feita através do software Image J, onde foi realizada uma média dos 2 valores mais próximos. Cada músculo foi analisado individualmente e em conjunto, como somatório do quadríceps. Além disso, foi analisada também a tensão específica (i.e. qualidade muscular), calculada pelo valor 50% do 1RM da extensão dos joelhos divididos pelo somatório dos músculos do quadríceps elevada à 0,67 (Cadore et al., 2012).

4.14 Desempenho de saltos:

Após um breve aquecimento específico para realizar os saltos e relembrar os movimentos corretos a seguir, foram realizados 5 saltos *Squat Jump* (SJ) e 5 saltos *Countermovement Jump* (CMJ), ambos com 10s de intervalo entre cada salto, e 1 minuto de intervalo para que fosse feita a transição do salto CMJ para o salto SJ. No SJ, o indivíduo iniciava o salto em posição aproximada de 90° de flexão de joelhos e ambas as mãos na cintura. Ao comando do avaliador, saltava verticalmente, realizando uma total extensão de membros inferiores. Já no CMJ, o indivíduo iniciava o salto na posição em pé, também com ambas as mãos na cintura. Ao comando do avaliador, realizava o agachamento e o salto vertical na sequência, também estendendo os membros inferiores totalmente. Ambos saltos deveriam ser feitos na maior velocidade possível, buscando atingir a altura máxima em cada salto. Os dois saltos foram realizados em cima de um tapete de saltos da marca Cefise, sendo que foi levada em consideração a maior altura atingida em cada salto, calculado pela fase de vôo, no programa *Jump System*. Os critérios de validação para cada salto eram: maior altura atingida quando o salto fosse realizado, tendo somente a extensão de membros inferiores, sem flexões de joelhos e quadris na fase de vôo; e, no SJ, não realizar o contra – movimento antes de saltar. Já no CMJ, o contra – movimento deveria ser feito o mais rápido e potente possível. Foi considerado o valor de teste mais elevado, desde que respeitasse os critérios de validação citados. Todos os indivíduos realizavam uma sessão de familiarização

com os saltos, tendo um mínimo de 48h de intervalo entre a familiarização e a sessão de testes. A altura dos saltos foi analisada no próprio programa *JumpSystem*.

5. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Foi utilizada estatística descritiva com média e desvio padrão. A normalidade e homogeneidade dos dados foi verificada a partir dos testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Para aqueles que não apresentaram distribuição normal (i.e. *leg press* e *PTIso*) foram realizadas transformações logarítmicas. Após isso, a comparação dos valores de período controle e dos valores basais entre os grupos foi feita através do teste t de *Student*. Para analisar o efeito da intervenção, foi realizado o teste de Análise de Variância (ANOVA) two-way [tempo (2) x grupo(3)], com *post hoc* de Tuckey para comparação dos efeitos do treinamento em todos os grupos. Havendo diferenças nos valores iniciais entre os grupos em alguma variável, foi utilizado uma Análise de Covariância (ANCOVA), utilizando-se como covariante os valores do período basal. O nível de significância $\alpha = 0,05$ foi considerado em todas as análises. Para a execução dos procedimentos estatísticos, foi utilizado o pacote estatístico SPSS versão 21.0. O tamanho de efeito (TE) foi calculado a partir da fórmula de Cohen. A classificação dos valores de TE: desconsiderável < 0,02; pequeno de 0,20 a 0,40; médio de 0,40 a 0,79; grande $\geq 0,80$.

$$TE = \frac{\text{Média pós} - \text{Média pré}}{DP \text{ pré}}$$

6. RESULTADOS

O fluxograma amostral, bem como a contabilização das perdas amostrais, é apresentado abaixo (figura 1). Após as avaliações iniciais, 46 sujeitos foram considerados aptos para participar do estudo e foram randomizados nos três grupos de intervenção. Durante as 12 semanas de treinamento foram contabilizadas doze perdas amostrais.

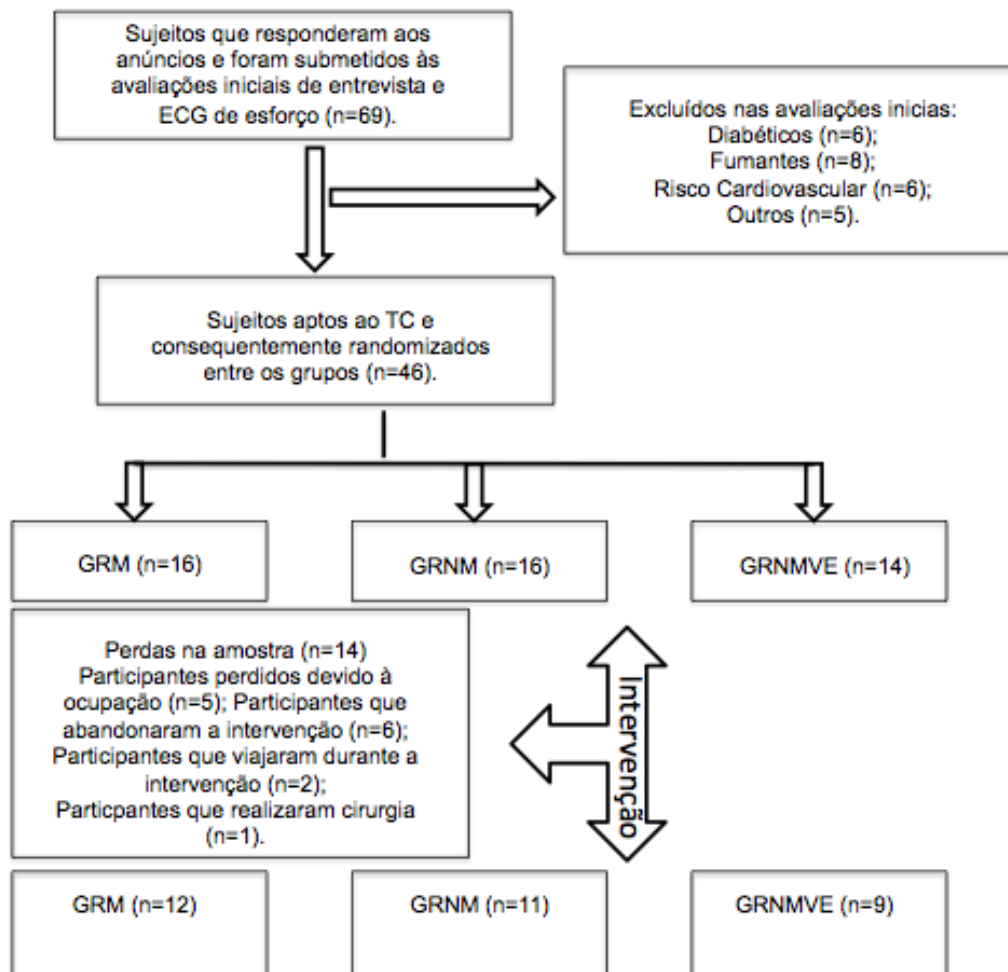


Figura 1: Fluxograma demonstrando o recrutamento, avaliações, alocações e perdas amostrais ao longo da intervenção. GRM: grupo que trabalhou com repetições máximas; GRNM: grupo que trabalhou com 50% das repetições do GRM; GRNMVE: grupo que trabalhou com o volume equalizado (séries a mais para igualar o número de repetições) ao GRM, sem a falha concêntrica.

Tabela 5: Caracterização da amostra no período controle.

Caracterização amostra período controle (n=13)		
Variável	Pré	Pós
MC (kg)	83±9,7	83,1±9,69
EST (m)	1,70±0,07	1,70±0,07
ID (anos)	68±5,2	68±5,2
IMC (kg/m ²)	28,69±4,23	28,73±4,23

Valores em média ± desvio padrão (DP). MC: massa corporal (kg); EST: estatura (m); ID: idade (anos); IMC: índice de massa corporal (kg/m²); p> 0,05.

Tabela 6: Caracterização da amostra no momento pré e pós 12 semanas de TC.

Caracterização da amostra pré e pós 12 semanas de treinamento						
Variável	GRM (n=12)		GRNM (n=11)		GRNMVE (n=9)	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
MC (kg)	81,68±12,05	82,38±12,09	77,92±7,45	77,75±7,51	87,6±15,92	88,4±15,19
Est (cm)	174 ± 0,6	174 ± 0,6	169 ± 0,5	169 ± 0,05	171 ± 0,06	171 ± 0,6
ID (anos)	66 ± 5,2	66 ± 5,4	69 ± 5,81	70 ± 5,65	65 ± 3,97	66 ± 3,92
IMC (kg/m ²)	26,82 ± 4,01	27,00 ± 4,07	27,13 ± 5,33	27,07 ± 2,63	29,68 ± 5,53	29,95 ± 5,28

Valores em média ± desvio padrão (DP). MC: massa corporal (kg); EST: estatura (m); ID: idade (anos); IMC: índice de massa corporal em (kg/m²); p>0,05.

Tabela 7: comparação das variáveis no período controle:

Comparação dos valores das variáveis pré e pós no período controle (n=13)

Variável	Pré	Pós	valor de p
1RM LG (kg)	146,7±65	153±62	0,095
1RM EJ (kg)	74,9±19	77,4±21	0,404
CMJ (cm)	15,47±3,9	15,42±4,7	0,91
SJ (cm)	14,4±4,6	14,67±4,9	0,531
TPT ₀₋₅₀ (N.m.s ⁻¹)	540,57±230	585,80±273	0,278
TPT ₀₋₁₀₀ (N.m.s ⁻¹)	540,17±235	549,90±199	0,769
TPT ₀₋₂₅₀ (N.m.s ⁻¹)	394,73±165	409,10±130	0,646
PTIso (N.m)	185,36±3,38	181,47±4,15	0,376
EMGRF (μV)	143,11±3,55	144,27±4,50	0,896
EMGVL (μV)	190,71±3,57	175,52±4,27	0,144

Valores descritos em média ± desvio padrão (DP). 1RM LG: força dinâmica máxima no exercício *leg press* (kg); 1RM EJ: força dinâmica máxima no exercício extensão de joelhos (kg); CMJ: salto contra-movimento (cm); SJ: salto agachado (cm); TPT₀₋₅₀, TPT₀₋₁₀₀ e TPT₀₋₂₅₀: da taxa de produção de torque nos intervalos de tempo de 0-50m.s, 0-100m.s e 0-250m.s (N.m.s⁻¹), respectivamente; PTIso: pico de torque isométrico dos extensores de joelho em (N.m); EMGRF e EMGVL: ativação muscular dos músculos reto femoral e vasto lateral (μV), respectivamente. Valores de p>0,05, indicando que não houve diferença significativa das medidas pré e pós anteriores ao início do treinamento (período controle).

Tabela 8: Resultados das variáveis pré e pós 12 semanas de TC em idosos.

Variável	GRM (n=12)		GRNM (n=11)		GRNMVE (n=9)		p efeito tempo	p efeito grupo	p interação tempo vs grupo
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós			
1RM LG (kg) ^ç	163 ± 39	239 ± 51*	132 ± 28	195 ± 41*	194 ± 60	290 ± 101*	0,017*	0,837	0,837
1RM EJ (kg) ^ç	88 ± 16	107 ± 15 [#]	72 ± 10	88 ± 12 [#]	83 ± 22	106 ± 26 [#]	<0,001 [#]	0,75	0,307
CMJ (cm)	18,00 ± 3,64	19,60 ± 2,63	14,40 ± 4,72	15,56 ± 4,68	16,46 ± 4,72	16,83 ± 4,92	0,056	0,109	0,639
SJ (cm)	16,20 ± 3,14	17,40 ± 3,08*	13,80 ± 4,69	14,17 ± 4,69*	14,70 ± 5,05	16,55 ± 4,10*	<0,01*	0,087	0,163
TPT 0-50 (N.m/s ⁻¹)	661 ± 171	799 ± 287*	528 ± 153	524 ± 120*	664 ± 106	565 ± 260	0,066	0,032*	0,303
TPT 0-100 (N.m/s ⁻¹)	654 ± 154	776 ± 270**	520 ± 146	534 ± 98**	565 ± 104	663 ± 233*	0,027*	0,038*	0,361
TPT 0-250 (N.m/s ⁻¹)	453 ± 93	518 ± 134*	378 ± 97	397 ± 68*	427 ± 72	473 ± 123*	0,01*	0,72	0,45
PTIso (N.m)	201 ± 32	224 ± 27	174 ± 26	184 ± 32	205 ± 31	215 ± 37	0,072	0,166	0,166
EMG RF (µV)	158 ± 68	166 ± 74	128 ± 44	140 ± 62	144 ± 63	134 ± 73	0,66	0,556	0,517
EMG VL (µV)	189 ± 43	209 ± 53	179 ± 46	188 ± 63	179 ± 48	173 ± 66	0,31	0,599	0,399
EM VL (mm)	20,69 ± 4,28	22,36 ± 4,43*	19,20 ± 4,62	19,91 ± 3,46*	22,63 ± 2,02	23,9 ± 3,36*	0,002*	0,129	0,512
EM RF (mm)	17,36 ± 3,36	19,31 ± 3,83*	17,44 ± 2,19	17,69 ± 3,17*	18,22 ± 3,20	19,23 ± 3,40*	0,009*	0,711	0,184
EM VI (mm)	17,37 ± 3,73	18,22 ± 3,05	14,81 ± 3,30	14,44 ± 3,87	17,38 ± 2,11	17,21 ± 3,62	0,85	0,560	0,602
EM VM (mm)	24,85 ± 3,69	27,79 ± 5,05*	23,21 ± 4,33	24,24 ± 5,04*	27,84 ± 6,29	29,47 ± 7,20*	0,015*	0,120	0,521
Somatório Quadríceps (mm)	80,28 ± 10,11	87,70 ± 9,81*	74,67 ± 12,51	76,30 ± 13,45*	86,09 ± 10,32	89,84 ± 14,67*	0,016*	0,590	0,341
Tensão Específica (kg.mm ⁻¹)	0,55 ± 0,09	0,61 ± 0,08 [#]	0,49 ± 0,07	0,59 ± 0,07 [#]	0,47 ± 0,10	0,59 ± 0,11 [#]	<0,001 [#]	0,129	0,222

Valores em média ± desvio padrão (DP); 1RM LG: força dinâmica máxima no exercício *leg press* (kg); 1RM EJ: força dinâmica máxima no exercício extensão de joelhos (kg); CMJ: salto contra-movimento (cm); SJ: salto agachado (cm); TPT 0-50, TPT 0-100 e TPT 0-250: taxa de produção de torque nos intervalos de tempo de 0-50, 0-100 e 0-250m.s (N.m.s⁻¹), respectivamente; PTIso: pico de torque isométrico dos extensores de joelho (N.m); EMG RF e EMG VL: ativação muscular do músculo reto femoral e vasto lateral (µV), respectivamente. Somatório Quadríceps: somatório da espessura muscular do quadríceps (mm); Tensão específica do quadríceps (kg.mm⁻¹); Os símbolos * e # indicam valores significativos (*p<0,05 e #p<0,001); ç indica valores da ANCOVA.

Tabela 9: Tamanho de efeito (TE) no período pré e pós 12 semanas de treinamento.

Tamanho de Efeito (TE)	GRM (n=12)	GRNM (n=11)	GRNMVE (n=9)
LG (kg)	1,94	2,25	1,60
EJ (kg)	1,18	1,60	1,04
CMJ (cm)	0,43	0,24	0,07
SJ (cm)	0,38	0,06	0,35
TPT (0-50ms)	0,77	-0,02	-0,93
TPT (0-100ms)	0,79	0,09	0,94
TPT (0-250ms)	1,03	0,19	0,63
PTIso (N.m.s ⁻¹)	0,71	0,38	0,32
EMG RF (μV)	0,11	0,27	-0,15
EMG VL (μV)	0,46	0,19	-0,12
EM VL (mm)	0,39	0,15	0,62
EM RF (mm)	0,58	0,11	0,31
EM VI (mm)	0,22	-0,11	-0,08
EM VM (mm)	0,79	0,23	0,25
Somatório quadríceps (mm)	0,73	0,13	0,36
Tensão específica (kg.mm ⁻¹)	0,71	1,17	1,04

GRM: grupo de treinamento concorrente que utilizou repetições máximas; GRNM: grupo de treinamento concorrente que utilizou 50% do volume do grupo repetições máximas; GRNMVE: grupo de treinamento concorrente que utilizou o volume equalizado; TE: tamanho de efeito; LG: exercício *leg press*; EJ: extensão de joelhos; CMJ: salto contra-movimento; SJ: salto agachado; TPT 0-50, 0-100 e 0-250: taxa de produção de torque nos intervalos de tempo de 0-50, 0-100 e 0-250m.s (N.m.s⁻¹), respectivamente; PTIso: pico de torque de extensores de joelho (N.m); EM: espessura muscular (mm); VL, RF, VI e VM: músculos vasto lateral, reto femoral, vasto intermédio e vasto lateral, respectivamente; Somatório quadríceps: somatório das espessuras musculares dos músculos do quadríceps; Tensão específica: tensão específica do quadríceps (kg.mm⁻¹).

6.1 Força muscular dinâmica:

Com relação ao exercício *leg press*, houve efeito tempo significativo ($p=0,017$), ao passo que não houve efeito grupo ($p=0,837$) ou interação tempo versus grupo significativa ($p=0,837$). Todos os grupos aumentaram significativamente os valores de 1RM no *leg press* (GRM: pré: 163 ± 39 ; pós: 239 ± 51 ; GRNM: pré: 132 ± 28 ; pós: 195 ± 41 ; GRNMVE: pré: 194 ± 60 ; pós: 290 ± 101 kg), sem diferenças significativas entre eles. A análise de covariância utilizada devido às diferenças observadas entre grupos antes do treinamento mostraram efeito tempo significativo ($p=0,017$). No entanto, não houve interação tempo versus grupo com os valores pré treinamento utilizados como covariável ($p=0,111$). Com relação ao exercício extensão de joelhos, houve efeito tempo significativo ($p<0,001$), ao passo que não houve efeito grupo ($p=0,75$) ou interação tempo versus grupo significativa ($p=0,307$). Todos os grupos aumentaram significativamente os valores de 1RM na extensão de joelhos (GRM: pré: 88 ± 16 ; pós: 107 ± 15 ; GRNM: pré: 72 ± 10 ; pós: 88 ± 12 ; GRNMVE: pré: 83 ± 22 ; pós: 106 ± 26 kg), sem diferenças significativas entre eles.

6.2 Desempenho de saltos:

Com relação ao CMJ, houve uma tendência significativa de efeito tempo ($p=0,056$), ao passo que não houve efeito grupo ($p=0,109$) ou interação tempo versus grupo significativa ($p=0,639$). Todos os grupos aumentaram os valores de CMJ (GRM: pré: $18,00 \pm 3,64$; pós: $19,60 \pm 2,63$; GRNM: pré: $14,4 \pm 4,72$; pós: $15,56 \pm 4,68$; GRNMVE: pré: $16,46 \pm 4,72$; pós: $16,83 \pm 4,92$ cm) com uma tendência a significância ($p=0,056$), não havendo diferenças significativas entre os grupos. Com relação ao SJ, houve efeito tempo significativo ($p<0,01$), ao passo que não houve efeito grupo ($p=0,087$) ou interação tempo versus grupo significativa ($p=0,163$). Todos os grupos aumentaram significativamente os valores do SJ (GRM: pré: $16,20 \pm 3,14$; pós: $17,04 \pm 3,08$; GRNM: pré: $13,80 \pm 4,69$; pós: $14,17 \pm 4,69$; GRNMVE: pré: $14,70 \pm 5,05$; pós: $16,55 \pm 4,10$ cm), sem diferenças significativas entre eles.

6.3 Taxa de produção de torque:

Com relação à TPT no intervalo de tempo de 0-50 ms, não houve efeito tempo ($p=0,066$), ao passo que houve um efeito grupo ($p=0,032$; de modo que o GRM e GRNM eram diferentes entre si) sem interação tempo versus grupo significativa [($p=0,303$); GRM: pré: $661,05 \pm 171,01$; pós: $799,46 \pm 287,88$; GRNM pré: $528,17 \pm 153,28$ pós: $524,67 \pm 120,52$; GRNMVE: pré: $664,02 \pm 106,28$ pós: $565,04 \pm 260,48$ N.m.s⁻¹], sem diferenças significativas entre eles. Com relação à taxa de produção de torque no intervalo de tempo de 0-100 ms, houve efeito tempo significativo ($p=0,027$), houve um efeito grupo ($p=0,038$; de modo que o GRM e GRNM eram diferentes entre si), sem interação tempo versus grupo significativa ($p=0,361$). Todos os grupos aumentaram significativamente os valores de TPT no intervalo de tempo de 0-100 m.s (GRM: pré: $654,74 \pm 154,24$; pós: $776,96 \pm 270,10$; GRNM: pré: $520,59 \pm 146,15$ pós: $534,67 \pm 98,93$; GRNMVE: pré: $565,04 \pm 104,82$ pós: $663,69 \pm 233,65$ N.m.s⁻¹), sem diferenças significativas entre eles. Com relação à taxa de produção de torque no intervalo de tempo de 0-250 ms, houve efeito tempo significativo ($p=0,01$), ao passo que não houve efeito grupo ($p=0,072$) ou interação tempo versus grupo significativa ($p=0,450$). Todos os grupos aumentaram significativamente os valores de TPT no intervalo de tempo de 0-250 m.s (GRM: pré: $453,66 \pm 93,08$; pós: $518,31 \pm 134,56$; GRNM: pré: $378,6 \pm 97,72$; pós: $397,51 \pm 68,86$; GRNMVE: pré: $427,12 \pm 72,09$; pós: $473,12 \pm 123,74$ N.m.s⁻¹), sem diferenças significativas entre eles.

6.4 Força isométrica:

Com relação à força isométrica, não houve efeito tempo significativo ($p=0,072$), não houve efeito grupo ($p=0,166$) ou interação tempo versus grupo significativa ($p=0,166$; GRM: pré: $201,37 \pm 32,47$; pós: $224,39 \pm 27,48$; GRNM: pré: $174,79 \pm 26,09$ pós: $184,22 \pm 32,58$; GRNMVE: pré: $205,08$ N.m $\pm 31,74$; pós: $215,07 \pm 37,48$ N.m.s⁻¹), sem diferenças significativas entre eles. A análise de covariância

utilizada devido às diferenças observadas entre grupos antes do treinamento não mostrou efeito tempo significativo ($p=0,072$) nem interação tempo versus grupo com os valores pré treinamento utilizados como covariável ($p=0,195$).

6.5 Ativação muscular isométrica máxima:

Com relação à ativação muscular isométrica do reto femoral, não houve efeito tempo significativo ($p=0,66$), e também não houve efeito grupo ($p=0,556$) ou interação tempo versus grupo significativa ($p=0,517$; GRM: pré: $158,93 \pm 68,46$; pós: $166,70 \pm 74,30$; GRNM: pré: $128,49 \pm 44,87$; pós: $140,93 \pm 62,87$; GRNMVE: pré: $144,69 \pm 63,55$; pós: $134,77 \pm 73,48 \mu V$). Com relação à ativação muscular isométrica do vasto lateral, não houve efeito tempo significativo ($p=0,399$), e também não houve efeito grupo ($p=0,599$) ou interação tempo versus grupo significativa ($p=0,399$; GRM: pré: $189,67 \pm 43,64$; pós: $209,80 \pm 53,86$; GRNM: pré: $179,29m \pm 46,23$; pós: $188,36 \pm 63,82$; GRNMVE: pré: $179,56 \pm 48,44$; pós: $173,51 \pm 66,10$).

6.6 Espessura muscular e tensão específica:

Com relação aos valores de espessura muscular do vasto lateral, houve efeito tempo significativo ($p=0,002$), ao passo que não houve efeito grupo ($p=0,129$) ou interação tempo versus grupo significativa ($p=0,512$). Todos os grupos aumentaram seus valores de espessura muscular do VL (GRM: pré: $20,69 \pm 4,28$; pós: $22,36 \pm 4,43$; GRNM: pré: $19,2 \pm 4,62$; pós: $19,9 \pm 3,46$; GNRVE: pré: $22,63 \pm 2,02$; pós: $23,9 \pm 3,36mm$), sem diferenças estatísticas entre eles. Com relação aos valores de espessura muscular do reto femoral, houve efeito tempo significativo ($p=0,009$), ao passo que não houve efeito grupo ($p=0,711$) ou interação tempo versus grupo significativa ($p=0,184$). Todos os grupos aumentaram seus valores de espessura muscular do RF (GRM: pré: $17,36 \pm 3,36$; pós: $19,31 \pm 3,83$; GRNM: pré: $17,44 \pm 2,19$; pós: $17,69 \pm 3,17$; GRNMVE: pré: $18,22 \pm 3,20$ pós: $19,23 \pm 3,40mm$), sem diferenças estatísticas entre eles. Com relação aos valores de espessura muscular do vasto intermédio, não houve efeito tempo significativo ($p=0,850$), ao passo que houve uma tendência de efeito grupo ($p=0,560$) ou interação tempo versus grupo

significativa ($p=0,602$; GRM: pré: $17,37 \pm 3,73$; pós: $18,22 \pm 3,05$; GRNM: pré: $14,81 \pm 3,30$; pós: $14,44 \pm 3,87$; GRNMVE: pré: $17,38 \pm 2,11$; pós: $17,21 \pm 3,62$ mm). Com relação aos valores de espessura muscular do vasto medial, houve efeito tempo significativo ($p=0,015$), ao passo que não houve efeito grupo ($p=0,120$) ou interação tempo versus grupo significativa ($p=0,521$). Todos os grupos aumentaram seus valores de espessura muscular do VM (GRM: pré: $24,85 \pm 3,69$; pós: $27,79 \pm 5,05$; GRNM: pré: $23,21 \pm 4,33$; pós: $24,24 \pm 5,04$; GRNMVE: pré: $27,84 \pm 6,29$; pós: $29,47 \pm 7,20$ mm), sem diferenças entre eles.

Com relação aos valores de espessura muscular total do quadríceps, houve efeito tempo significativo ($p=0,016$), ao passo que não houve efeito grupo ($p=0,590$), ou interação tempo versus grupo significativa ($p=0,341$). Todos os grupos aumentaram seus valores de espessura muscular total do quadríceps (GRM: pré: $80,28 \pm 10,11$; pós: $87,70 \pm 9,81$; GRNM: pré: $74,67 \pm 12,51$; pós: $76,30 \pm 13,45$; GRNMVE: pré: $86,09 \pm 10,32$; pós: $89,84 \pm 14,67$ mm), sem diferenças entre eles.

Com relação aos valores de tensão específica, houve efeito tempo significativo ($p<0,001$), ao passo que não houve efeito grupo ($p=0,129$) ou interação tempo versus grupo significativa ($p=0,222$). Todos os grupos aumentaram seus valores de tensão específica (GRM: pré: $0,55 \pm 0,09$; pós: $0,61 \pm 0,08$; GRNM: pré: $0,49 \pm 0,08$; pós: $0,59 \pm 0,07$; GRNMVE: pré: $0,47 \pm 0,10$ pós: $0,59 \pm 0,11$ kg.mm⁻¹), sem diferenças entre eles.

7. DISCUSSÃO

Os principais resultados do presente trabalho mostram que 12 semanas de TC em homens idosos destreinados, foram capazes de incrementar os parâmetros neuromusculares do força máxima, desempenho de saltos e espessura muscular, não evidenciando mudanças na EMG dos músculos RF e VL. Exceto para os valores de EMG, os resultados encontrados confirmam a hipótese de que os três protocolos de TC analisados incrementariam a função neuromuscular dos idosos de modo similar entre si. Estes achados se deram independente do protocolo de TC utilizado, mostrando que não é necessário, em curtos períodos de TC, realizar séries até a

falha concêntrica nem grandes volumes de TF (dentro do contexto do TC) para promover tais adaptações. Embora tenham sido observadas diferenças no TE em diferentes variáveis, o comportamento do mesmo foi heterogêneo. No entanto, os grupos com maiores volumes apresentaram maiores TE em um número maior de variáveis.

Abaixo, será abordada a discussão destes resultados, que foi dividida em tópicos: força máxima; taxa de produção de torque e desempenho de saltos; espessura muscular e tensão específica; e ativação muscular.

7.1. Força Máxima (1RM e PTIso)

Os resultados do presente estudo estão de acordo com demais estudos (Izquierdo et al., 2004; Cadore et al., 2013; Ferrari et al., 2013) que investigaram as adaptações ao TC idosos, evidenciando ganhos nos valores de força dinâmica máxima (1RM de LG e EJ com ganhos de: 49 ± 16 e 24 ± 14 , 50 ± 27 e 23 ± 9 , 49 ± 20 e $31 \pm 19\%$, para valores de LG e EJ, para GRM, GRNME e GRNMVE, respectivamente) e de CIVM de extensores de joelho (PTIso com ganhos de 12 ± 9 , 5 ± 11 , $6 \pm 15\%$, para GRM, GRNM e GRNMVE, respectivamente) após TC. A força máxima é de suma importância para a população idosa, já que a perda da mesma vem sendo apontada como um dos principais fatores relacionados a quedas, hospitalizações e perda da independência funcional (Izquierdo et al., 2013; Clarck e Manini, 2008; 2012) e, por esse motivo, os incrementos encontrados no presente estudo nesta variável têm um aspecto importante na manutenção e melhoria da qualidade de vida do idoso.

Um estudo Cadore et al. (2013), ao trabalhar com homens idosos e a ordem do TC (TA feito antes ou depois do TF), por 12 semanas, frequência semanal de 3 sessões, intensidade progredindo de 20 à 6RM, encontrou incrementos nos valores de 1RM no exercício EJ na ordem de $35.1 \pm 12.8\%$ para o grupo que realizava o TF antes, ao passo que houve incrementos de $21.9 \pm 10.6\%$ para o grupo que realizava o TA antes. No presente estudo, os ganhos não foram tão expressivos, talvez devido aos valores iniciais de 1RM EJ (GRM: 88 ± 16 ; GNRM: 72 ± 10 ; GRNMVE: 83 ± 22 kg), que eram mais elevados dos que este estudo (38 ± 5 kg para o grupo no qual

o TF era realizado antes e $36 \pm 10\text{kg}$). Neste mesmo estudo, foram vistos incrementos no PTIso de extensores de joelhos para o grupo que realizava TF antes do TA de $8 \pm 7.1\%$ e ganhos de $5.7 \pm 9.6\%$ para o grupo que realizava o TA antes do TF, corroborando com os valores achados no presente estudo que encontraram ganhos nesta variável.

Com relação ao volume de treinamento, Izquierdo et al. 2004, ao trabalharem com TC (1 vez na semana era feito o TF e 1 vez na semana era feito TA), TF (2 vezes na semana) e TA (duas vezes na semana) em idosos, por 16 semanas (intensidade progredindo de 50 à 80% de 1RM), mostraram que, para a força máxima de M.I., os ganhos foram de 41% para TF, 38% para TC e 11% para TA. E para a força de M.S., o TF incrementou 28%, ao passo que o TC incrementou 22%, de modo que o TA não mostrou ganhos.

Já Ferrari et al. 2013 encontraram ganhos significativos para os valores de 1RM de extensores de joelhos após 10 semanas de TC em idosos, tanto para o grupo que treinava com frequência semanal de 2 vezes quanto para o grupo que treinava com frequência semanal de 3 vezes (ganhos ~20% para ambos os grupos). Ambos os estudos mostraram uma eficácia de menores volumes de treinamento para períodos iniciais em idosos destreinados.

Explorando o uso de repetições máximas e submáximas como uma maneira de manipular o volume de treinamento e verificar possíveis mudanças nos incrementos de força, temos um estudo de Izquierdo et al. (2006), que contou com jogadores jovens de pelota basca, que realizaram dois protocolos de TF: um grupo que trabalhou com repetições máximas (RM) e outro que trabalhou com repetições submáximas (NRF). O treinamento teve duração de 16 semanas (intensidade entre 70 e 80% de 1RM), com frequência semanal de 2 vezes. Os resultados mostraram que ambos grupos incrementaram de modo similar o 1RM no supino reto (23% para ambos os grupos), o 1RM do agachamento (22% para RF e 23% para NRF), o 1RM da extensão de joelhos (26% para RF e 29% para NRF) e o número máximo de repetições no agachamento (66% para o RF e 69% para o NRF), estando estes achados de acordo com os do presente estudo. Alguns autores defendem que um maior acúmulo de metabólitos (ausência de intervalo entre as repetições) e aumento no recrutamento adicional de UM para manutenção da força, conforme a fadiga se eleva, poderia potencializar os ganhos em força máxima, o que daria suporte ao treino com RM (Rooney et al., 1994; Drinkwater et al., 2005). Porém o mesmo não

pode ser evidenciado no estudo de Sampson e Groeller (2015), assim como no presente estudo.

Com o mesmo propósito de comparar o uso de repetições máximas e submáximas na força máxima, Izquierdo-Gabarrén et al. (2010), trabalhando com atletas jovens do remo, fizeram uma comparação similar ao do presente do estudo: os atletas foram divididos em três grupos distintos de TC: um grupo trabalhava com séries máximas no TF, até a fadiga, com quatro exercícios, atribuindo à este a sigla 4RF; já outro grupo trabalhava com os mesmos quatro exercícios no TF, porém com repetições submáximas, descritos pela sigla 4NRF; por último, havia grupo que trabalhava com apenas dois exercícios no TF e de forma submáxima também, descrito pela sigla 2NRF. O treinamento teve duração de 8 semanas e foi realizado duas vezes por semana, com a mesma intensidade relativa de 1RM para todos os grupos (de 75 à 92%, progredindo ao longo das semanas). Os resultados deste estudo mostraram que houve uma interação tempo vs grupo para os valores de 1RM do exercício supino reto, evidenciando uma magnitude maior nos ganhos para o 4NRF (4.6%) em comparação aos demais grupos (4RF: incremento de 2.1% e para 2NRF: incremento de 0.6%), evidenciando um favorecimento nos ganhos de força de M.I. para aqueles que não trabalharam até a fadiga.

Mais recentemente, Sampson e Groeller (2015), analisaram três modelos de treino de força em homens destreinados, durante 12 semanas. Os indivíduos treinaram os flexores de cotovelo três vezes na semana (dias não consecutivos), com carga de 85% de 1RM. O grupo C realizava a fase concêntrica e a fase excêntrica no mesmo tempo, 2s para cada (controlado por metrônomo) executando repetições máximas, ao passo que o grupo *Rapid Shortening* (RS) realizava da forma mais veloz possível a fase concêntrica, seguido de 2s para a realização da fase excêntrica. E, por fim, o grupo *Stretch Shortening* (SSC) realizava da maneira mais veloz possível ambas as fases. Os participantes do grupo C realizavam todas as séries até a falha concêntrica (6 repetições, 4 séries). Já os outros grupos realizavam 4 repetições por série, não sendo até a falha. Para garantir que a sobrecarga fosse equivalente com o grupo C, a cada semana, uma série adicional até a falha era acrescentada nestes grupos (RS e SSC). Após o período de treinamento, não foram vistas mudanças significativas na média de carga utilizada entre os grupos. Os ganhos em 1RM foram similares entre os grupos: C = incremento de 30,6%; RS = incremento de 28,6%; SSC = 32,8%.

Estes achados corroboram com os achados do presente do estudo, já que no presente estudo não foram vistas diferenças para os incrementos de força dinâmica máxima entre os três grupos de TC. Mesmo que alguns estudos tenham visto vantagem para a execução de RM e séries em fadiga (Rooney et al., 1994; Drinkwater et al., 2005), outros não encontraram essa vantagem ao se equalizar o volume de treinamento (Folland et al., 2002; Drinkwater et al., 2007) e comparar RM com repetições submáximas (Izquierdo et al. 2006; Izquierdo et al., 2010). Ainda, no presente estudo, mesmo com volume não equalizado, os ganhos foram similares para a força máxima entre os grupos. Parece que a magnitude do estímulo é mais importante do que o número de vezes com que o estímulo é aplicado, além da execução de séries até a fadiga não resultar em estímulo adicional para o aumento da força máxima.

7.2 Taxa de produção de torque e desempenho de saltos

Os resultados do presente estudo corroboram com os achados de estudos prévios que trabalharam com idosos (Cadore et al., 2013; Ferrari et al., 2016), e encontraram melhoras na TPT e no desempenho de saltos após TC. Os incrementos vistos no presente estudo na TPT e no desempenho de saltos estão associados a um menor risco de quedas e manutenção independência funcional do idoso, evitando assim possíveis hospitalizações e aumento da morbidade (Izquierdo et al., 1999; Cadore et al., 2013, 2014), sendo de extrema importância para a população idosa.

Cadore et al (2013) compararam a ordem da sessão de TC: TA sendo feito antes do TF ou TF sendo feito antes do TA. O TC teve duração de 12 semanas, intensidade progredindo de 20 à 6 RM, realizado com frequência semanal de 3 vezes. Ao analisarem a TPT no intervalo de 0-100ms, ambos grupos incrementaram seus valores (ganhos de 26 ± 3 para ES; $52 \pm 43\%$ para SE; $p < 0,05$), da mesma forma os valores de TMPF tiveram incrementos (ganhos de 13 ± 22 para ES; $32 \pm 58\%$ para SE; $p < 0,001$), sem diferenças entre os grupos. No presente estudo, não foi avaliada a TMPF, de modo que foram avaliados os intervalos da TPT₀₋₅₀, TPT₀₋₁₀₀ e TPT_{0-250ms}, com ganhos significativos nos intervalos de TPT₀₋₁₀₀ e TPT_{0-250ms} (TPT

0-100ms com ganhos de 18 ± 29 ; 12 ± 41 ; $17 \pm 16\%$; $p=0,027$ e para TPT 0-250ms com ganhos de 14 ± 16 ; 11 ± 33 ; $11 \pm 22\%$; $p=0,01$; para GRM, GRNM e GRNMVE, respectivamente), sem diferenças entre os grupos, mostrando que, mesmo sem um trabalho mais específico voltado para desenvolvimento de força rápida e potência, o TC, independente do volume utilizado, foi capaz de induzir incrementos de mesma magnitude entre os grupos. Sob esta mesma perspectiva, o desempenho de saltos no presente estudo mostrou melhoras entre todos os grupos [incrementos no CMJ ($p=0,056$) e SJ ($p<0,01$): 12 ± 23 e 10 ± 17 , 3 ± 14 e 18 ± 29 , 5 ± 15 e $12 \pm 16\%$, para GRM, GRNM e GRNMVE, respectivamente].

Um estudo de Pereira et al. (2011), que trabalhou com mulheres idosas e treinamento de potência realizado 3 vezes na semana, por 12 semanas, encontrou ganhos na ordem de 40% ($p<0,05$) no desempenho do CMJ. Os ganhos no presente estudo foram menores do que o estudo supra citado. Talvez, por não se tratar de um estudo que envolvesse movimentos rápidos ou balísticos, não havendo saltos na rotina de treinamento dos idosos, os ganhos não tenham sido tão expressivos quanto os de outros treinamentos mais voltados para o desenvolvimento de potência muscular.

Ainda sobre o desempenho de saltos, Ferrari et al. (2016) também trabalharam com TC e idosos, porém previamente treinados. O TF era realizado antes ao TA, com intensidade de 6 a 12RM, com uma frequência semanal de 2 ou 3 sessões, por 10 semanas. Os resultados demonstraram que não houve diferença significativa para os ganhos na altura do salto CMJ (incrementos aproximados de 10% ambos os grupos; $p<0,05$) em decorrência do volume semanal. No presente estudo, que trabalhou com diferentes volumes na sessão de TC, os ganhos foram similares aos do estudo supra citado (incrementos de 12, 3 e 5%, para GRM, GRNM e GRNMVE, respectivamente), mostrando que tanto um volume de sessão menor, quanto um volume semanal menor também, estimularam incrementos similares no desempenho de saltos.

Pensando sobre a influência do volume da sessão de treinamento e sua influência em ganhos de potência, é interessante avaliar o uso de RM e repetições submáximas, a fim de verificar possíveis diferenças nos ganhos de potência muscular entre os protocolos. Nesta perspectiva, um estudo de Izquierdo et al. (2006), citado no tópico anterior, trabalhando com jogadores jovens de pelota basca, realizaram dois protocolos de TF: um grupo que trabalhou com repetições máximas

(RM) e outro que trabalhou com repetições submáximas (NRF). Após 11 semanas de treinamento, foram vistos incrementos na potência muscular de membros superiores (MS) em ambos os grupos, sem diferenças entre o grupo RF e NRF (20 e 23% de incremento, respectivamente). No entanto, após a semana de treinamento 11 e após a semana de treinamento 16, não ocorreram incrementos na potência muscular em ambos os grupos. Para a potência de membros inferiores (MI), também foram vistos incrementos significativos após 11 semanas de treinamento, sem diferenças entre os grupos (aumento de 26% para RF e aumento de 29% para NRF), porém, após a semana 16 de treinamento, somente o grupo NRF incrementou seus valores de potência de MI, mostrando um benefício neuromuscular à não realização de RM.

Levando esta discussão para o TC, Izquierdo - Gabárrren et al. (2010), citado no tópico anterior, compararam os ganhos de força máxima e potência entre 3 grupos de remadores, um grupo executando 4 exercícios com séries de RM (4RM), outro realizando 4 exercícios com séries sem a execução de RM (4NRM) e um terceiro executando 2 exercícios com séries sem a execução de RM (2NRM). Para a potência desenvolvida no exercício supino reto e potência de 10 remadas, os ganhos foram mais expressivos para os grupos que não treinaram até a falha concêntrica (Potência supino: 4NRF incrementou 6,4%, ao passo que 2NRF reduziu 0,6%, bem como o 4RF que reduziu 1,2% seus valores; Potência de 10 remadas: 4NRF incrementou 3,6%, ao passo que 2NRF incrementou 5% e houve uma redução de 0,1% no RF). Os resultados mostraram que os grupos que não trabalharam com RM incrementaram seus valores de potência, sugerindo que o uso de RM pode não ser vantajoso para o desenvolvimento de potência muscular em jovens atletas. A velocidade máxima por repetição é crítica para o desenvolvimento de potência muscular. Muitos programas que visam o incrementos da potência máxima realizam poucas repetições de modo explosivo por série. A razão é a de minimizar a fadiga, para o máximo de esforço (e potência desenvolvida) possa ser aplicado em cada repetição (Izquierdo et al., 2005). Estes resultados podem ser relacionados com os achados do presente estudo, já que não foram vistos incrementos adicionais na TPT e desempenho de saltos para o grupo que realizava repetições máximas, de modo que os três protocolos de TC demonstraram a mesma magnitude de ganhos, mostrando que não é necessário a realização de RM ou de grandes volumes de TF para incrementar estes aspectos neuromusculares e,

talvez, seja até contra produtivo a realização das mesmas para o desenvolvimento de potência muscular.

7.3 Espessura muscular e tensão específica

Os achados do presente estudo corroboram com estudos prévios que encontraram ganhos na EM do quadríceps após TC em idosos (Cadore et al., 2012; Ferrari et al., 2016). Foram vistos ganhos significativos na espessura muscular de todos os músculos do quadríceps (os incrementos foram de 9 ± 10 , 6 ± 11 e $6 \pm 11\%$ para o VL, 12 ± 13 , 1 ± 11 e $6 \pm 12\%$ para o RF e 13 ± 19 , 4 ± 7 e $7 \pm 19\%$ para o VM, para GRM, GRNM e GRNMVE, respectivamente) com exceção do VI, que não apresentou incrementos significativos, em todos os grupos. Os ganhos no somatório do quadríceps foram semelhantes entre os grupos (incrementos de 10 ± 14 , 2 ± 6 e $5 \pm 14\%$, respectivamente para GRM, GRNM e GRNMVE), assim como os incrementos na tensão específica (ganhos de 11 ± 21 , 21 ± 11 e $29 \pm 27\%$, respectivamente para GRM, GRNM e GRNMVE), não havendo diferenças estatísticas entre os grupos. Ganhos na EM, como os vistos no presente estudo, são muito relevantes, já que a sarcopenia vista em idosos é um dos fatores relacionados a falta de independência funcional (Clark e Manini, 2008 e 2012).

Um estudo de Cadore et al. (2012), ao trabalhar com homens idosos e TC, realizando diferentes ordens de TC [TF prévio ao TA (SE) ou TA prévio ao TF (ES)], com protocolos que iniciaram com 20RM, chegando ao final com 6RM, durante 12 semanas de treino, com frequência de semanal de 3 sessões, encontrou melhorias significativas na EM do quadríceps ($p < 0,001$; ganhos de 9.3 ± 6.1 e $8.9 \pm 4.9\%$, para o SE e ES, respectivamente) e na tensão específica do mesmo ($p < 0,001$; 27.5 ± 12.7 e $15.2 \pm 10.3\%$, para SE e ES, respectivamente), mostrando ganhos mais expressivos quando o TF foi realizado antes do TA, o que se encaixa na rotina de treinamento utilizada no presente estudo.

Um estudo de Ferrari et al. (2016), trabalhando com dois volumes de TC em idosos já treinados (com intensidade entre 6 à 12RM), demonstrou que ambos protocolos promoveram ganhos similares na tensão específica (qualidade muscular) com relação à frequência semanal de 2 ou 3 sessões ($p < 0,05$), após 10 semanas de TC, corroborando com os achados do presente estudo, já que os grupos também

obtiveram ganhos significativos com duas sessões semanais de TC, independentemente do volume utilizado na sessão de TC, pois os ganhos foram similares entre os três grupos analisados.

A relação de aumento da EM e volume de treinamento vem sendo questionada, colocando em discussão se maiores volumes de TF promovem maiores ganhos na EM, assim como o uso ou não de RM. Sob esta óptica, Sampson e Groeller (2015), citado anteriormente, compararam os ganhos de EM em três modelos de TF, porém com jovens, evidenciando resultados similares aos do presente estudo. Após o período de treinamento, não foram vistas mudanças significativas na média de carga utilizada entre os grupos. Os ganhos em AST também não foram significativamente diferentes entre si ($C = 14.6\text{cm}^2$; $RS = 13.4\text{cm}^2$; $SSC = 15.8\text{cm}^2$), demonstrando que diferentes volumes promoveram ganhos morfológicos similares. De acordo com autores deste estudo, realizar repetições adicionais até a falha pode não gerar ganhos na ASC quando o percentual de 1RM já for elevado.

Este indicativo está de acordo com os achados do presente estudo, pois até mesmo no grupo o qual o volume foi 50% do volume máximo, não foram vistas diferenças entre os grupos para ganhos em EM.

Os resultados apontam que, para períodos iniciais de treinamento, não é necessário um grande volume de treino ou a realização das repetições até a falha para incrementar a EM ou a qualidade muscular. Parece haver um limite de intensidade, volume, acúmulo de metabólitos e recrutamento de unidades motoras, no qual valores acima deste limite não levam a maiores incrementos.

7.4 Ativação muscular

Os resultados no presente estudos não estão de acordo com estudos prévios (Cadore et al., 2010, 2011, 2013; Wilhelm et al., 2014), já que não foram vistas mudanças significativas no sinal da EMG RF e EMG VL no presente estudo.

No entanto, Cadore et al. (2010), ao trabalhar com TC, TA e TF em idosos, mostrou uma interação tempo vs grupo ($p < 0,05$), no qual somente o grupo TF obteve ganhos significativos na EMG RF e EMG VL ($p < 0,05$). Os ganhos na ativação máxima do vasto lateral e reto femoral foram significativamente maiores para o

grupo TF ($32.7 \pm 24.7\%$), seguido do grupo TC ($1.1 \pm 2\%$) e, por fim, os valores mais baixos foram vistos no grupo TA ($0.6 \pm 1.2\%$; $p < 0,05$), corroborando em parte com achados do presente do estudo, no qual não foram vistas modificações na EMG para os três protocolos de TC.

Já Cadore et al. (2013), ao analisarem a ordem do TC (aeróbico prévio à força ou força prévio ao aeróbico), encontrou ganhos na EMG RF em ambos os protocolos ($p < 0,05$), independente da ordem.

Por outro lado, Ferrari et al. (2013) encontraram resultados similares aos do presente estudo, pois também não foram vistos incrementos significativos nos valores de EMG RF e EMG VL após 10 semanas de TC, em homens idosos, embora os sujeitos deste estudo fossem previamente treinados por 20 semanas.

Um estudo de Wilhelm et al. (2014) encontraram incrementos na EMG do VL após 12 semanas de TC, realizado com frequência semanal de 2 vezes, por 12 semanas, em homens idosos ($p \leq 0,05$). Porém, talvez seja possível que, devido à uma limitação da técnica da EMG, mudanças na ativação neural do quadríceps podem não ter sido detectadas no presente estudo, já que os valores de tensão específica., que dizem respeito aos ganhos de força por área do quadríceps, incrementaram seus valores, indicando que não somente adaptações morfológicas foram responsáveis pelos ganhos em força (Cadore et al., 2010).

Além disso, deve-se ter cuidado ao interpretar os achados do presente estudo. A EMG pode não ser capaz de detectar atividade em nível de unidades motoras individuais, subestimando também a ativação da medula espinal ao músculo (Farina et al., 2004).

8. LIMITAÇÕES

O presente estudo contou com algumas limitações, como o tamanho amostral calculado ser maior do que o tamanho amostral avaliado, já que houve perdas por diversos motivos ao longo da intervenção. Além disso, os resultados não permitem que os dados sejam extrapolados para períodos maiores de treinamento, de modo que seria interessante verificar este aspecto, especialmente em aspectos morfológicos (hipertrofia muscular).

Por fim, o presente estudo contou somente com homens idosos, o que limita a extrapolação dos dados para a parcela feminina da população.

9. CONCLUSÕES

Após 12 semanas de treinamento concorrente, para homens idosos previamente destreinados, todos os grupos foram eficazes em incrementar parâmetros neuromusculares, à exceção da atividade EMG, sem diferenças entre os protocolos utilizados, o que evidencia que não é necessário utilizar repetições máximas ou maiores volumes para promover esses ganhos.

Pensando de um ponto de vista prático, o treinamento com repetições submáximas sem a equalização do volume foi o mais eficaz dos três modelos, pois contou com tempo e trabalho reduzido, evidenciando os mesmos benefícios dos demais grupos.

Esses achados mostram que não há benefício adicional em se utilizar grandes volumes de TF e séries até a falha concêntrica, de modo que volumes menores de TC, em períodos iniciais, promovem os mesmos ganhos neuromusculares, para a população analisada. Por estes motivos, seria mais interessante trabalhar com menores volumes com esta população, pois além de fatores neuromusculares, fatores motivacionais também devem ser considerados ao ingressar e aderir a um programa de exercícios físicos, e trabalhar com menores volumes pode ser uma estratégia de aderência e permanência a um programa de treinamento físico.

10. REFERÊNCIAS

1. Aagaard P, Suetta C, Caserotti P, Magnusson SP, Kjaer M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scand J Med Sci Sports*. 20:49-64, 2010.
2. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). Exercise and physical activity for older adults American College of Sport Medicine Position Stand *Med Sci Sports Exerc*. 41: 1510 – 1530, 2009.
3. Baker DG, G. Wilson, R. Carlyon. Periodization: The effect on strength of manipulation volume and intensity. *J. Strength Cond. Res*. 8: 235–242, 1994.
4. Borde R, Hortobágyi T, Granacher U. Dose–Response Relationships of Resistance Training in Healthy Old Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 45:1693–1720, 2015.
5. Csapo R, Alegre LM. Effects of resistance training with moderate vs heavy loads on muscle mass and strength in the elderly: A meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports*. 26: 995–1006, 2016.
6. Cadore EL, Pinto RS, Lhullier FLR, Correa CS, Alberton CL, Pinto SS, Almeida APV, Tartaruga MP, Silva, EM, Kruel LFM. Physiological Effects of Concurrent Training in Elderly. *Int J Sports Med*. 2010.
7. Cadore EL, Pinto RS, Lhullier FLR, Correa CS, Alberton CL, Pinto SS, Almeida APV, Tartaruga MP, Silva EM, Kruel LFM. 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 a.
8. Cadore EL, Pinto RS, Alberton CL, Pinto SS, Lhullier FLR, Tartaruga MP, Correa CS, Almeida APV, Silva EM, Laitano O, Kruel LFM. Neuromuscular

- economy, strength and endurance in healthy elderly men. *J Strength Cond Res.* 25:997-1003, 2011 b.
9. Cadore EL, Izquierdo M, Alberton CL, Pinto RS, Conceição M, Cunha G, Radaelli R, Bottaro M, Trindade GT, Krueel LF. Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. *Exp Gerontol.* Feb; 47 (2):164-9, 2012.
 10. Cadore EL, Izquierdo I. How to simultaneously optimize muscle strength, power, functional capacity, and cardiovascular gains in the elderly: an update. *Age (Dordr).* 35: 2329-2344, 2013.
 11. Cadore EL, Izquierdo M, Pinto SS, Alberton CL, Pinto RS, Baroni BM, Vaz MA, Lanferdini FJ, Radaelli R, González-Izal M, Bottaro M, Krueel LF. Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age (Dordr).* 35: 891-903, 2013.
 12. Cadore EL, González-Izal M, Pallarés JG, Rodrigues-Falces J, Häkkinen K, Kraemer WJ, Pinto RS, Izquierdo M. Muscle conduction velocity, strength, neural activity, and morphological changes after eccentric and concentric training. *Scand J Med Sci Sports.* 24: e343–e352, 2014.
 13. Cadore EL, Moneo ABB, Mensat MM, Muñoz AR, Casas – Herrero A, Rodriguez – Mañas, L, Izquierdo M. Positive effects of resistance training in frail elderly patients with dementia after long-term physical restraint. *AGE.* 36:801–811, 2014.
 14. Cadore EL, Pinto RS, Bottaro M, Izquierdo M. Strength and Endurance Training Prescription in Healthy and Frail. *Aging and Disease.* 2014.
 15. Chilibeck PD, Stride D, Farthing JP, Burke DG. Effect of creatine ingestion after exercise on muscle thickness in males e females. *Med Sci Sports Exerc.* 36:1781-1788, 2004.

16. Clark BC e Manini T. Sarcopenia ≠ Dynapenia. *Journal of Gerontology: MEDICAL SCIENCES*. Vol. 63A, No. 8, 829–834, 2008.
17. Clark BC e Manini T. What is dynapenia? *Nutrition*. May; 28 (5): 495–503, 2012.
18. D'Antona G, Pellegrino MA, Adami R, Rossi R, Carlizzi CN, Canepari M, Saltin B, Bottinelli R. The effect of ageing and immobilization on structure and function of human skeletal muscle fibres. *J Physiol*. 552.2, 499–511, 2003.
19. Delmonico MJ, Harris TB, Visser M, Park SW, Conroy MB, Velasquez – Moyer P, Boudreau R, Manini TM, Nevitt M, Newman AB, Goodpaster BH. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration for the Health, Aging, and Body Composition Study. *Am J Clin Nutr*. 90:1579–85, 2009.
20. De Luca, CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of applied biomechanics*. 13: 135-163, 1997.
21. Drinkwater EJ, Lawton TW, Lindsell RP, Pyne DB, Hunt PH, McKenna MJ. Enhanced bench press strength gains in elite junior athletes. *J Strength Cond Res*. 19: 382-388, 2005.
22. Drinkwater, Eric J. Lawton, Trent W. McKenna, Michael J. Lindsell, Rod P. Hunt, Patrick H. e Pyne, David B. Increased number of forced repetitions does not enhance strength development with resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(3), 841–847, 2007.
23. Farina D, Merletti R, Enoka RM. The extraction of neural strategies from the surface EMG. *J Appl Physiol*. 96: 1486–1495, 2004.
24. Ferrari R, Krusel LF, Cadore EL, Alberton CL, Izquierdo M, Conceição M, Pinto RS, Radaelli R, Wilhelm E, Bottaro M, Ribeiro JP, Umpierre D. Efficiency of

- twice weekly concurrent training in trained elderly men. *Exp Gerontol.* 48:1236-1242, 2013.
25. Ferrari R, Fuchs SC, Krueel LFM, Cadore EL, Alberton CL, Pinto RS, Radaelli R, Shoenell M, Izquierdo M, Tanaka H, Umpierre D. Effects of Different Concurrent Resistance and Aerobic Training Frequencies on Muscle Power and Muscle Quality in Trained Elderly Men: A Randomized Clinical Trial. *Aging and disease.* 7 (6): 697-704, 2016.
 26. Fleck S.J. Periodized strength training: A critical review. *J. Strength Cond. Res.* 13:82–89, 1999.
 27. Goodpaster BH, Park SW, Harris TB, Kritchevsky SB, Nevitt M, Schwartz AV, Simonsick EM, Tylavsky FA, Visser Marjolein, Newman AB. The Loss of Skeletal Muscle Strength, Mass, and Quality in Older Adults: The Health, Aging and Body Composition. *Journal of Gerontology: MEDICAL SCIENCES.* 61A (10): 1059–1064, 2006.
 28. Häkkinen K, Kallinen M, Izquierdo M, Jokelainen K, Lassila H, Mälkiä E, Kraemer WJ, Newton RU, Alen M. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. American Physiological Society. 1998.
 29. Häkkinen 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.* 171:51-62, 2001.
 30. Häkkinen K, Alen, Kraemer WJ, Gorostiaga ME, Izquierdo M, H. Rusko H, Mikkola J, Häkkinen H, Valkeinen H, Kaarakaine E, Romu S, Erola E, Ahtiainen J, Paavolainen L. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *Eur J Appl Physiol.* 89: 42–52, 2003.

31. Heckman GA, McKelvie RS. Cardiovascular Aging and Exercise in Healthy Older Adults. *Clin J Sport Med.* 2008.
32. Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of Resistance Training on Older Adults. *Sports Med.* 34 (5): 329-348, 2004.
33. Izquierdo M, Ibanez J, Gorostiaga EM, Garrues M, Zuñiga A, Antón A, Larrión JL, Häkkinen K. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of upper and lower extremities in middle-aged and older med. *Acta Physiol Scand.* 167:57-68, 1999.
34. Izquierdo M, Häkkinen K, Ibañez J, Antón A, Garrués M, Ruesta M, Gorostiaga EM. Effects of Strength Training on Submaximal and Maximal Endurance Performance Capacity in Middle-Aged and Older Men. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 17 (1): 129–139, 2003.
35. Izquierdo M, Ibañez J, Häkkinen K, Kraemer WJ, Larrión JL e Gorostiga EM. Once Weekly Combined Resistance and Cardiovascular Training in Healthy Older Men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36, (3): 435–443, 2004.
36. Izquierdo M, Ibañez J, González-Badillo JJ, Häkkinen K, Ratamess NA, Kraemer WJ, French DN, Eslava J, Altadill A, Asiain X, Gorostiaga EM. Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *J Appl Physiol.* 100: 1647-1656, 2006.
37. Izquierdo-Gabarrén M, Expósito RGT, García-Pallarés J, Sanches-Medina L, Villarreal ESS, Izquierdo M. Concurrent endurance and strength training not to failure optimizes performance gains. *Med Sci Sports Exerc.* 42:1191-1199, 2010.

38. Folland JP, Irish CS, Roberts JC, Tarr JE, Jones DA. Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *Br J Sports Med.* 36:370–374, 2002.
39. Karavirta L, Häkkinen A, Sillanpää E, García López D, Kauhanen A, Haapasaari, Alen M, Pakarinen A, Kraemer WJ, Izquierdo M, Gorosotiga E, Häkkinen K. Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40–67-year-old men. *Scand J Med Sci Sports.* 2009.
40. Korhonen MT, Mero AA, Alen M, Sipila S, Hakkinen K, Liikavainio T, Viitasalo JT, Haverinen MT, Suominen H. Biomechanical and skeletal muscle determinants of maximum running speed with aging. *Med Sci Sports Exerc.* 41:844-856, 2009.
41. Kumagai K, Abe T, Brechue WF, Ryushi T, Takano S, Mizuno M. Sprint performance is related with muscle fascicle length in male 100m-sprinters. *J Appl Physiol.* 88:811–816, 2000.
42. Lang T, Streeper T, Cawthon P, Baldwin K, Taaffe DR, Harris TB. Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporos Int.* 21:543–559, 2010.
43. McCarthy, JP, Pozniak MA, e Agre JC. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med.Sci. Sports Exerc.* 34 (3): 511–519, 2002.
44. Miljkovic N, Lim JY, Miljkovic I, Frontera WR. Aging of Skeletal Muscle Fibers. *Ann Rehabil Med.* 39(2):155-162, 2015.
45. Newman AB, Gottdiener JS, McBurnie MA, Hirsch CH, Kop WJ, Tracy R, Waltson JD, Fried LP. Associations of Subclinical Cardiovascular Disease With. *Journal of Gerontology: Medical Sciences.* 56A (3): 158-166, 2001.

46. Olivetti G, Cigola E, Maestri R, Lagrasta C, Corradi D, Quaine, F. Recent advances in cardiac hypertrophy. *Cardiovascular Research*. 45: 68–75, 2000.
47. Park DC e Yeo SG. Aging. *Korean J Audiol*. 17: 39-44, 2013.
48. Rooney KJ, Herbert RD, Balnave RJ. Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Med Sci Sports Exerc*. 26: 1160-1164, 1994.
49. Sampson JA, H. Groeller H. Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength? *Scand J Med Sci Sports* 2015.
50. Santilli, V, Bernetti, A, Mangone, M, Paoloni, M. Clinical definition of sarcopenia. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*. 11(3): 177-180, 2014.
51. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited. *Journal of the American College of Cardiology*. 2011; 37: 1.
52. Tanaka H. e Seals Douglas R. Endurance exercise performance in Masters athletes: age-associated changes and underlying physiological mechanisms. *Physiol*. 586 (1): 55–63, 2008.
53. Ventura-Clapier R, Mettauer B, Bigard, X. Beneficial effects of endurance training on cardiac and skeletal muscle energy metabolism in heart failure. *Cardiovascular Research*. 73: 10–18, 2007.
54. Wilhelm EN, Rech A, Minozzo F, Botton CE, Radaelli R, Teixeira BC, Reischack – Oliveira A, Pinto RS. Concurrent strength and endurance training exercise sequence does not affect neuromuscular adaptations in older men. *Experimental Gerontology*. 60: 207–214, 2014.
55. Wood RH, Reyes R, Welsch MA, Favaloro-Sabatier J, Sabatier M, Lee MC, Johnson LG, Hooper PF. Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001.

9. ANEXOS

9.1 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE):

Eu entendo que participarei como sujeito do estudo intitulado “ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS AO TREINAMENTO CONCORRENTE COM E SEM A EXECUÇÃO DE SÉRIES ATÉ A FALHA CONCÊNTRICA EM HOMENS IDOSOS”, que envolverá a avaliação da composição corporal (percentual de gordura e massa magra do corpo), da força máxima dinâmica em diferentes exercícios de musculação, do torque muscular isométrico, ativação muscular, capacidade aeróbica avaliada através de um teste máximo em esteira rolante, glicose, valores de colesterol e triglicerídeos, pressão arterial, variabilidade da frequência cardíaca e da quantidade de massa muscular da coxa, através de ultrassonografia. Estou ciente que todos esses testes serão realizados antes e após um treinamento físico de 12 semanas, envolvendo exercícios de musculação juntamente com esteira rolante, que entendo que serei submetido 2 vezes por semana durante esse período. Esses testes que realizarei são parte desse estudo e terão a finalidade de comparar os efeitos da execução do treino de força com e sem a execução de séries até a fadiga muscular. Eu, por meio desta, autorizo Eduardo Lusa Cadore, bolsistas ou profissionais selecionados para realizar os seguintes procedimentos:

1. Aplicar-me um treinamento de musculação somado ao treino aeróbico em esteira rolante durante 20 semanas, 2 vezes por semana, na presença de profissionais de Educação Física habilitados para a orientação do treinamento.
2. Aplicar-me testes de força máxima, envolvendo grupos musculares das pernas antes e após o período de treinamento físico.
3. Aplicar-me testes de capacidade aeróbica, que serão realizados em esteira rolante, com intensidade aumentada de minuto em minuto, até que ocorra minha interrupção voluntária.
4. Mensurar minha espessura muscular, nos músculos da coxa, através de ultrassonografia.
5. Coletar sangue do meu braço, com o objetivo de mensuração da glicose e gorduras sanguíneas;
6. Submeter-me à avaliação da quantidade de gordura e massa livre de gordura que possuo, através de equipamento especializado;

7. Aferir-me a pressão arterial.

Nos testes de força:

Estão envolvidos os seguintes riscos e desconfortos: dor e cansaço muscular temporário.

No teste de esforço máximo (teste em esteira rolante):

1. Eu estarei respirando através de uma máscara, na qual estará anexado um analisador de gases por mim expirados.
2. Estão envolvidos os seguintes riscos e desconfortos: dor e cansaço muscular temporário. Há a possibilidade de mudanças anormais da minha frequência cardíaca e pressão sanguínea ou mesmo um ataque do coração durante os testes. Porém, eu entendo que minha frequência cardíaca (número de batimentos cardíacos por minuto) será monitorada durante todos os testes de laboratório através de um eletrocardiógrafo (monitor específico para), e que eu posso terminar o teste em qualquer momento sob meu critério.
3. Estará presente um médico responsável, além de estar disponível, no laboratório, uma linha telefônica para a Assistência Médica de Emergência, fone 192 (SAMU).

Dos procedimentos de testes:

- a. Os procedimentos expostos acima têm sido explicados para mim por Eduardo Lusa Cadore e/ou seus bolsistas selecionados;
- b. Eduardo Lusa Cadore e seus bolsistas irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a esses procedimentos;
- c. Todos os dados relativos a minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo que no momento da publicação, não irá ser feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa; ainda, esses dados estarão disponíveis até a publicação dos manuscritos científicos referentes a esse projeto, no máximo 2 anos após o encerramento do mesmo.
- d. Não haverá compensação financeira pela minha participação neste estudo.
- e. Poderei fazer contato com o orientador do estudo Professor Doutor Eduardo Lusa Cadore, para quaisquer problemas referentes a minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação dos meus direitos, através do telefone (051) 3308-5817. Além disso, posso entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo telefone (051) 3308-3629.

f. Durante a investigação, há qualquer instante durante o testes, eu tenho o direito de me recusar a prosseguir com os mesmos.

g. Todos os procedimentos a que serei submetido serão conduzidos por profissionais, professores ou bolsistas com experiência prévia em todos os procedimentos.

h. Estou ciente de que não haverá um médico presente em todos os treinos, mas minha participação no estudo estará condicionada a liberação médica, ocorrida antes do início do estudo.

Porto Alegre, _____ de _____ de 2016.

Nome em letra de forma: _____

Assinatura: _____