

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA



Tese de Doutorado

Treino de potência em adultos de meia-idade, idosos saudáveis e com limitação na mobilidade: adaptações no sistema neuromuscular e seus efeitos sobre o desempenho funcional

Gustavo Zaccaria Schaun

Pelotas, 2021

Gustavo Zaccaria Schaun

Treino de potência em adultos de meia-idade, idosos saudáveis e com limitação na mobilidade: adaptações no sistema neuromuscular e seus efeitos sobre o desempenho funcional

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal de Pelotas como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação Física. Área do conhecimento: Biodinâmica do movimento humano. Linha de pesquisa: Exercício físico para promoção da saúde.

Orientadora: Prof^a Dr^a Cristine Lima Alberton

Coorientador: Prof. Dr. Marcos M. Bamman

Pelotas, 2021

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S313t Schaun, Gustavo Zaccaria

Treino de potência em adultos de meia-idade, idosos saudáveis e com limitação na mobilidade : adaptações no sistema neuromuscular e seus efeitos sobre o desempenho funcional / Gustavo Zaccaria Schaun ; Cristine Lima Alberton, orientadora ; Marcos M. Bamman, coorientador. — Pelotas, 2021.

270 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Escola Superior de Educação Física, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. Exercício resistido. 2. Envelhecimento. 3. Limitação. 4. Mobilidade. I. Alberton, Cristine Lima, orient. II. Bamman, Marcos M., coorient. III. Título.

CDD : 796

Gustavo Zaccaria Schaun

Treino de potência em adultos de meia-idade, idosos saudáveis e com limitação na mobilidade: adaptações no sistema neuromuscular e seus efeitos sobre o desempenho funcional

Banca Examinadora:

Prof^a Dr^a Cristine Lima Alberton (orientadora)

Doutora em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore

Doutor em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Daniel Umpierre de Moraes

Doutor em Ciências da Saúde pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Carlos Ugrinowitsch

Doutor em Exercise Science pela Brigham Young University.

Prof^a. Dr^a Stephanie Santana Pinto (suplente)

Doutora em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Dedico este trabalho ao meu Deus, que mediante sua graça e misericórdia possibilitou a sua realização, assim como me capacitou a realizá-lo. A Ele seja toda glória e honra, agora e para sempre.

“Assim, meus amados, como sempre vocês obedeceram, não apenas em minha presença, porém muito mais agora na minha ausência, ponham em ação a salvação de vocês com temor e tremor, pois é Deus quem efetua em vocês tanto o querer quanto o realizar, de acordo com a boa vontade dele” (Filipenses 2.12-13)

Agradecimentos

Primeiro, e não poderia ser diferente, gostaria de agradecer imensamente a cada um que compôs a amostra desse estudo. Com certeza sem o empenho e dedicação de vocês, e a confiança que depositaram em nossa equipe, a conclusão dessa tese não teria sido possível.

Pai e mãe, obrigado por todo o amor e suporte para que pudesse chegar até aqui. Vocês são meus maiores exemplos de caráter, dedicação e resiliência.

Aos meus colegas do Laboratório de Avaliação Neuromuscular, obrigado não apenas pela amizade e o suporte emocional, mas pelo auxílio de vocês em todas as coletas e sessões de treino. Esse projeto nunca teria saído do papel se não fosse pelo empenho conjunto de todos.

To my colleagues from the UAB Center for Exercise Medicine, it was amazing to get to know you and spend a year learning from the best. Hope to see you all soon!

Também agradeço a toda a direção e funcionários da ESEF-UFPEL, em especial àqueles do Programa de Pós-Graduação em Educação Física. Parabéns pelo excelente trabalho que vocês fazem. Aos meus colegas da pós-graduação, foi um prazer compartilhar esse espaço de construção de conhecimento com vocês.

Luísa, você chegou no fim da partida, vestiu a camisa e fez a diferença. Obrigado por sonhar os meus sonhos e acreditar em mim quando eu mesmo não acredito. Te amo muito e sempre!

Matheus, tua amizade foi e continua sendo um farol de sanidade nesse mar de incertezas. Obrigado por estar ao meu lado ao longo dos anos, obrigado por ouvir e aconselhar. Octávio, Douglas, Felipe e Maurício, obrigado pelas orações e piadas ruins de vocês. Esses anos foram mais leves com vocês por perto. Eurico, thanks for your friendship, mate! It's been a pleasure to get to know you and Ana.

À minha orientadora, Cristine. Obrigado por ser um exemplo diário de ética e competência. O Gustavo que defende o nosso estudo é reflexo disso. Obrigado por ser não apenas minha orientadora, mas também minha mãe acadêmica. Obrigado por acreditar nas minhas ideias, por me dar a liberdade de caminhar com minhas próprias pernas e tomar minhas decisões. Que nossa parceria siga assim, forte, por muitos anos!

Por fim, eu agradeço aos órgãos de fomento que possibilitaram que esse estudo fosse realizado e servisse de plataforma para que tantos alunos pudessem experimentar e vivenciar a pesquisa na universidade pública. O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) - Código de Financiamento 19/2551-0001979-3. Mesmo em meio à tantos cortes de verba e uma luta incessante para manter a ciência brasileira respirando, continuamos à fazer a diferença com o que temos e podemos.

*“Que eu perca minha alegria
Que eu perca minha inteligência
Que eu desaprenda as ciências que sei
Mas que eu nunca perca minha fé
Que eu nunca perca o meu senso de humor
E que eu nunca desaprenda a amar”*

(Vânia Guimarães)

Resumo

SCHAUN, Gustavo Zaccaria. **Treino de potência em adultos de meia-idade, idosos saudáveis e com limitação na mobilidade: adaptações no sistema neuromuscular e seus efeitos sobre o desempenho funcional**. Orientadora: Cristine Lima Alberton. 2021. 268 f. Tese (Doutorado em Educação Física) - Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Escola Superior de Educação Física, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2021.

A presente tese de doutorado teve como objetivo avaliar e comparar as adaptações neuromusculares, morfológicas e funcionais de um programa de treino de potência em indivíduos adultos de meia idade (40-55 anos), idosos (60+ anos) e idosos com limitações na mobilidade (*Short Physical Performance Battery*; SPPB ≤ 9). Para isso, 43 participantes foram recrutados (19 adultos, 18 idosos e 8 idosos com limitação de mobilidade) e avaliados quanto à força isométrica máxima e atividade neuromuscular, assim como a força dinâmica máxima (1RM) e a força, potência e velocidade em intensidades submáximas (30-90%1RM). Também foram mensuradas a espessura e qualidade muscular, assim como o desempenho funcional, avaliado através dos testes SPPB, velocidade máxima e habitual de marcha, sentar e levantar, subir escadas, *timed up and go*, teste de caminhada de 6 min e força de preensão manual. Os participantes passaram por 12 semanas de treino de potência com frequência de duas sessões por semana, sendo reavaliados novamente ao término da intervenção. Especificamente, dois estudos compõem o volume desta tese. O primeiro corresponde ao artigo de revisão narrativa e analisa os efeitos do treino de potência em indivíduos idosos saudáveis e com limitações de mobilidade, além de apresentar um apanhado dos principais efeitos do envelhecimento neuromuscular na capacidade funcional desses indivíduos. O segundo artigo, por sua vez, apresenta os principais resultados provenientes da intervenção aplicada. Nele são apresentados os dados dos principais desfechos neuromusculares, morfológicos e de capacidade funcional, os quais são acompanhados por um extenso conjunto de materiais suplementares. De modo geral, nossos resultados demonstram que uma intervenção de curto prazo de treino de potência resulta na formação de uma importante reserva funcional em indivíduos de meia-idade, ao mesmo tempo que é capaz de mitigar deficiências fisiológicas e funcionais já presentes em idosos com e sem limitação de mobilidade.

Palavras-chave: exercício resistido; envelhecimento; limitação; mobilidade.

Abstract

SCHAUN, Gustavo Zaccaria. **High-velocity resistance training in middle-aged adults and older adults with- and without mobility limitations: neuromuscular adaptations and its effects on functional performance.** Supervisor: Cristine Lima Alberton. 2021. 268 f. Thesis (PhD in Physical Education) - Postgraduate Program of Physical Education, Superior School of Physical Education, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2021.

This doctoral thesis aimed to evaluate and compare the neuromuscular, morphological and functional adaptations of a high-velocity resistance training program in middle-aged adults (40-55 years), older adults (60+ years) and mobility-limited older adults (Short Physical Performance Battery; SPPB $\leq$ 9). For this, 43 participants were recruited (19 adults, 18 older adults, and 8 mobility-limited older adults) and tested for maximal isometric strength and neuromuscular activity, as well as maximal dynamic strength (1RM) and power, force, and velocity at a wide range of submaximal intensities (30-90%1RM). Muscle thickness and quality were also measured, as well as functional performance, assessed through the SPPB test, maximal and usual gait speed, 30 s sit-to-stand, stair climb, timed up-and-go, and the 6-min walk test. Participants underwent 12 weeks of high-velocity resistance training with a frequency of two sessions per week and repeated the tests at the end of the intervention. Specifically, two studies make up the volume of this thesis. The first corresponds to a narrative review article and analyzes the effects of high-velocity resistance training in older adults with and without mobility limitations, in addition to presenting an overview of the main effects of neuromuscular aging on the functional capacity of these individuals. The second article presents the results of the intervention on the neuromuscular, morphological and functional capacity outcomes investigated, which are accompanied by an extensive set of supplementary materials. Overall, our results demonstrate that a short-term high-velocity resistance training intervention leads to an important functional reserve in middle-aged individuals, while it also mitigates physiological and functional impairments already present in older adults with and without mobility limitation.

Keywords: resistance training; aging; limitation; mobility

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	12
2. PROJETO DE PESQUISA	14
3. RELATÓRIO DE CAMPO	90
4. ARTIGO 1	98
5. ARTIGO 2	155
6. NOTA À IMPRENSA	221
APÊNDICES	223
ANEXOS	230

APRESENTAÇÃO

A presente tese de doutorado, exigência para obtenção do título de Doutor pelo Curso de Doutorado em Educação Física do Programa de Pós-Graduação em Educação Física é composta pelos seguintes itens:

- 1) Projeto de Pesquisa modificado de acordo com as sugestões da banca avaliadora, Prof. Dr. Daniel Umpierre de Moraes e Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore.
- 2) Relatório do trabalho de campo.
- 3) Artigo 1 intitulado “*High-velocity Resistance Training as a Tool to Improve Functional Performance and Muscle Power in Older Adults*”.
- 4) Artigo 2 intitulado “*High-velocity resistance training mitigates physiological and functional impairments in middle-aged and older adults with and without mobility-limitation*”.
- 5) Comunicado para imprensa em linguagem não-técnica
- 6) Anexos e apêndices utilizados no trabalho

PROJETO DE PESQUISA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA



Projeto de Tese

Treino de potência em adultos de meia-idade, idosos saudáveis e com limitação na mobilidade: adaptações no sistema neuromuscular e seus efeitos sobre o desempenho funcional

Gustavo Zaccaria Schaun

Pelotas, 2019

Gustavo Zaccaria Schaun

Treino de potência em adultos de meia-idade, idosos saudáveis e com limitação na mobilidade: adaptações no sistema neuromuscular e seus efeitos sobre o desempenho funcional

Projeto de Tese apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal de Pelotas.

Orientadora: Prof^{fa} Dr^a Cristine Lima Alberton

Pelotas, 2019

Gustavo Zaccaria Schaun

Treino de potência em adultos de meia-idade, idosos saudáveis e com limitação na mobilidade: adaptações no sistema neuromuscular e seus efeitos sobre o desempenho funcional

Data da qualificação do projeto: 24 de abril de 2019

Banca Examinadora:

Prof^a Dr^a Cristine Lima Alberton (orientadora)

Doutora em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore

Doutor em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Daniel Umpierre de Moraes

Doutor em Ciências da Saúde pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof^a. Dr^a Stephanie Santana Pinto (suplente)

Doutora em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Resumo

O presente estudo irá avaliar e comparar as adaptações neuromusculares, morfológicas e funcionais de um programa de treino de potência em indivíduos adultos de meia idade (40-55 anos), idosos (60+ anos) e idosos com limitações na mobilidade (*Short Physical Performance Battery*; SPPB ≤ 9). Para isso, 63 participantes serão recrutados (21 por grupo) e avaliados quanto à força isométrica máxima e atividade neuromuscular, assim como a força dinâmica máxima (1RM) e a força, potência e velocidade em intensidades submáximas (40-90%1RM). Também serão mensuradas a espessura e qualidade muscular, assim como o desempenho funcional, avaliado através dos testes SPPB, velocidade máxima e habitual de marcha, sentar e levantar, subir escadas, *timed up and go*, teste de caminhada de 6 min e força de preensão manual. Avaliações secundárias incluem nível de atividade física, qualidade de vida, depressão geriátrica, pressão arterial e frequência cardíaca de repouso. Os participantes passarão por 12 semanas de treino de potência com frequência de duas sessões por semana, sendo reavaliados novamente ao término da intervenção. Especificamente, três experimentos serão realizados. O primeiro testará as associações entre os desfechos neuromusculares e morfológicos e as medidas funcionais durante o período pré-intervenção, ao passo que o segundo avaliará e comparará os efeitos do período de treinamento nos desfechos mencionados. O terceiro experimento testará as associações das mudanças observadas nos desfechos neuromusculares e morfológicos com as mudanças observadas nos testes de desempenho funcional. As associações nos experimentos 1 e 3 serão testadas em toda a amostra, assim como estratificadas por grupo, através da correlação linear de Pearson e a variância dos testes funcionais explicada pelos desfechos neuromusculares e morfológicos será testada através de modelos de regressão linear multivariados ajustados para diferentes fatores de confusão. Já a comparação das respostas ao período de treinamento será feita através da *Generalized Estimating Equations* com *post hoc* de Bonferroni.

Palavras-chave: treino de potência; exercício resistido; envelhecimento; limitação; mobilidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Modelo do processo de incapacidade	29
Figura 2 -	Delineamento experimental	55
Figura 3 -	Delineamento detalhado das avaliações e intervenção	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Resumo dos estudos de treino de potência em idosos aparentemente saudáveis	39
Quadro 2 -	Resumo dos estudos de treino de potência em idosos com limitação na mobilidade	47
Quadro 3 -	Critérios de elegibilidade	56
Quadro 4 -	Orçamento detalhado	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	22
1.1 Objetivo Geral:	24
1.2 Objetivos Específicos:	24
2. REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1 Envelhecimento e seus efeitos sobre o sistema neuromuscular	26
2.2 Envelhecimento e desempenho funcional	30
2.3 Exercício físico no envelhecimento	34
3. MATERIAIS E MÉTODOS	54
3.1 Delineamento	54
3.2 Caracterização da amostra	54
3.3. Critérios de elegibilidade	55
3.4. Recrutamento.....	56
3.5. Aspectos éticos	57
3.6. Procedimentos experimentais	58
3.7. Avaliações preliminares	58
3.8. Avaliações	60
3.9. Intervenção.....	66
3.10 Plano de análise.....	70
4. DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS	71
5. ORÇAMENTO	72
6. CRONOGRAMA.....	73
REFERÊNCIAS.....	74
APÊNDICES	223
ANEXOS	230

1. INTRODUÇÃO

O aumento no número de adultos de meia-idade e de idosos na população é notório (IBGE, 2013; WHO, 2015). Conforme esses indivíduos envelhecem, uma série de declínios fisiológicos são observados, como reduções na massa muscular, na força e na potência (REID; FIELDING, 2012). Entretanto, evidências recentes sugerem que as taxas de redução anual da potência (~3-6%) são mais elevadas quando comparadas as duas primeiras (~1-3%) nessa população (CLARK et al., 2013a; METTER et al., 1997; MITCHELL et al., 2012; REID et al., 2014; SKELTON et al., 1994). Essa perda considerável da potência muscular durante o processo de envelhecimento é preocupante, visto que ela está associada e é uma importante preditora do desempenho funcional nestes indivíduos (CARABELLO et al., 2010; FOLDVARI et al., 2000; JACOB et al., 2018; SUZUKI; BEAN; FIELDING, 2001). Adicionalmente, a queda da potência nos membros inferiores parece ter início já entre a quarta e quinta década de vida e, portanto, é importante que estratégias preventivas sejam implementadas tão cedo quanto possível e não apenas durante a senescência (LEYVA; BALACHANDRAN; SIGNORILE, 2016).

Entre as possibilidades de intervir nesse problema, o treinamento de força parece uma estratégia eficaz e segura para prevenção dos prejuízos neuromusculares e para manutenção do desempenho funcional em indivíduos com mais de cinquenta anos (ACSM, 2009; BYRNE et al., 2016; PETERSON et al., 2010; PETERSON; SEN; GORDON, 2011; STRAIGHT et al., 2016). O treino de potência (TP), especificamente, parece superior ao treino de força tradicional para o incremento da potência muscular (BYRNE et al., 2016; TSCHOPP; SATTELMAYER; HILFIKER, 2011) e da funcionalidade (BYRNE et al., 2016) nesses indivíduos, ao passo que ambos levam a ganhos consideráveis de força e massa muscular (BOTTARO et al., 2007; TSCHOPP; SATTELMAYER; HILFIKER, 2011). De fato, tanto adultos e idosos saudáveis (BALACHANDRAN et al., 2017; EARLES; JUDGE; GUNNARSSON, 2001; HENWOOD; RIEK; TAAFFE, 2008; RADAELLI et al., 2018; SURAKKA et al., 2003), quanto idosos com limitação na mobilidade (BALACHANDRAN et al., 2014; BEAN et al., 2004, 2009; CADORE et al., 2014c; HVID et al., 2016; REID et al., 2008, 2015) parecem capazes de aumentar a potência muscular e melhorar o desempenho funcional após um programa estruturado de TP.

Apesar disso, a maior parte das investigações prévias comparando idosos com e sem limitação na mobilidade, assim como adultos de meia-idade, são de caráter

observacional (CARABELLO et al., 2010; CLARK et al., 2010; POJEDNIC et al., 2012), tendo a maioria dos estudos experimentais investigado os efeitos do TP em apenas um destes grupos. Coletivamente, essas investigações sugerem que a capacidade dos idosos em responderem aos estímulos de treino parece preservada (ACSM, 2009; BYRNE et al., 2016; STRAIGHT et al., 2016), porém as diferenças nos protocolos, exercícios, volumes e intensidades utilizados, na duração das intervenções, nos desfechos avaliados, entre outros, dificulta a comparação dos resultados entre esses diferentes grupos a partir de estudos distintos.

Recentemente, foi proposto que os mecanismos envolvidos com a perda de potência muscular parecem diferir em certo grau entre indivíduos idosos saudáveis e àqueles com limitações na mobilidade (REID et al., 2014). Após um acompanhamento de três anos e reduções semelhantes na produção de potência de membros inferiores, somente os indivíduos com limitação apresentaram reduções na massa muscular e na força, enquanto apenas os idosos saudáveis demonstraram redução na ativação neuromuscular dos músculos agonistas. Estudo do mesmo grupo de pesquisadores já havia demonstrado diferenças nas associações entre a potência muscular de membros inferiores e suas determinantes (i.e., força e velocidade) entre adultos de meia-idade, idosos saudáveis e idosos com limitação (POJEDNIC et al., 2012). Isto é, enquanto apenas a força explicou de modo significativo a variação na potência muscular dos adultos, ambas contribuíram nos idosos saudáveis e apenas a velocidade nos idosos com limitação, sugerindo que a importância da velocidade para a manutenção da produção de potência aumenta com o avanço da idade. Por essas razões, é plausível que mesmo que estes indivíduos respondam de forma semelhante a um programa de TP, os mecanismos por trás dessas respostas podem diferir de acordo com o grupo em questão.

Outro ponto importante é que apesar das adaptações da potência muscular parecerem semelhantes quando o TP é realizado com cargas altas ou baixas (DE VOS et al., 2005; KATSOULIS; STATHOKOSTAS; AMARA, 2018; REID et al., 2015), a relação entre potência muscular e desempenho funcional pode apresentar diferenças de acordo com o %1RM em que a potência é avaliada e o teste funcional em questão (CUOCO et al., 2004). Isto é, ao passo que a potência em 40 e 70% de uma repetição máxima (1RM) explicaram de modo semelhante a variância do tempo para subir escadas e levantar e sentar da cadeira; a velocidade de marcha foi melhor explicada pela potência no menor percentual (i.e., 40% 1RM). Por essa razão, investigar como esse

modelo de treino afeta a potência muscular, força e velocidade ao longo de diferentes percentuais de 1RM pode fornecer informações adicionais para compreensão das adaptações, ou ausências destas, em determinados testes funcionais (ALCAZAR et al., 2018b).

Contudo, nenhum estudo de nosso conhecimento objetivou comparar as adaptações provenientes do TP entre indivíduos de meia idade, idosos saudáveis e com limitações na mobilidade submetidos a um mesmo programa de treino, assim como determinar as diferenças no impacto dessas adaptações sobre o desempenho funcional. É importante ressaltar que a relevância da proposta se destaca por considerar tanto idosos com limitação, isto é, um grupo que apresenta risco aumentado para quedas, institucionalização e incapacidade (GURALNIK et al., 1994, 1995, 2000), assim como adultos de meia-idade, visto que a redução de diversos parâmetros se inicia antes da idade idosa (LEYVA; BALACHANDRAN; SIGNORILE, 2016) e, portanto, representam uma faixa da população importante de se intervir (CLARK et al., 2010; HOLMES et al., 2009; LEYVA; BALACHANDRAN; SIGNORILE, 2016; STRAIGHT et al., 2016). Essas informações poderão auxiliar a compreender melhor os efeitos do TP sobre o processo de envelhecimento e melhorar a prescrição desse modelo de treino de acordo com as necessidades específicas de cada grupo. Adicionalmente, poderão colaborar na identificação dos desfechos mais responsivos ao treino conforme o grupo analisado, contribuindo para o delineamento de estudos futuros.

1.1 Objetivo Geral:

Avaliar as respostas neuromusculares, morfológicas e funcionais antes e após um programa de TP em indivíduos adultos de meia idade, idosos saudáveis e idosos com limitações na mobilidade, assim como comparar as respostas entre os grupos.

1.2 Objetivos Específicos:

Experimento 1: Determinar, em toda a amostra e por grupo, a associação dos parâmetros neuromusculares e morfológicos com os parâmetros funcionais, assim como também determinar o quanto esses parâmetros explicam da variabilidade nos parâmetros funcionais no momento pré-intervenção.

Experimento 2: Avaliar e comparar os efeitos de 12 semanas de um programa de TP sobre a força, potência, espessura e qualidade muscular, assim como na atividade

neuromuscular e no desempenho funcional em indivíduos adultos de meia idade, idosos saudáveis e idosos com limitações na mobilidade.

Experimento 3: Determinar, em toda a amostra e por grupo, a associação das mudanças nos parâmetros neuromusculares e morfológicos com as mudanças nos parâmetros funcionais, assim como também determinar o quanto as mudanças nesses parâmetros explicam da variabilidade nas mudanças dos parâmetros funcionais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O ritmo de envelhecimento da população mundial é cada vez maior. Esse processo já bastante conhecido vem sendo impulsionado pela redução na mortalidade por doenças infecciosas, assim como pelo aumento na expectativa de vida (BLOOM, 2011). Associados a uma menor taxa de fertilidade, o que se observa é um aumento tanto absoluto quanto relativo no número de adultos que compõem a faixa mais velha da sociedade (WHO, 2015). De acordo com estimativas da Organização Mundial da Saúde, em 2015 haviam aproximadamente 900 milhões de pessoas com 60 anos ou mais e é esperado que esse número alcance a marca de 2 bilhões em 2050. (WHO, 2015). Com exceção da região africana, isso significa que por volta de um quarto da população das demais regiões do planeta terá acima de 60 anos. No Brasil, a estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística é de que haja 27 milhões de idosos, aproximadamente 13% da população, em 2018. Ainda, projetam um aumento para 67 milhões em 2050, quase 30% dos brasileiros, acompanhado também por um aumento na população de meia-idade (IBGE, 2013).

Muito além de uma simples transição demográfica, o envelhecimento populacional resulta em um pesado fardo econômico sobre os sistemas de saúde e seguridade social de seus países (JANSSEN et al., 2004). A idade é um importante fator de risco para o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis, como doenças cardiovasculares, cânceres, doenças respiratórias e diabetes (BLOOM, 2011), responsáveis por quase 70% das mortes em todo o mundo (WHO, 2013). Esse aumento no risco decorre de uma miríade de processos fisiológicos que ocorrem ao longo do processo de envelhecimento. Em última instância, esses processos são importantes de serem compreendidos para que condições adequadas para um envelhecimento – mais – saudável sejam propostas.

2.1 Envelhecimento e seus efeitos sobre o sistema neuromuscular

O envelhecimento pode, sob uma perspectiva biológica, ser definido como o resultado do impacto da acumulação de uma ampla variedade de danos moleculares e celulares ao longo do tempo (FRAGALA, 2015; WHO, 2015). Não raro, esse processo resulta na deterioração natural de diversos sistemas, como por exemplo os sistemas neuromuscular, cardiovascular, respiratório e ósseo (POWERS; HOWLEY, 2018). Apesar de relevante, abordar todos esses sistemas foge do escopo deste trabalho e,

portanto, apenas as principais alterações fisiológicas relacionadas ao tema de pesquisa serão destacadas.

A partir da quarta década de vida e de maneira mais expressiva a partir dos 60 anos observa-se uma perda considerável da massa muscular (AOYAGI; SHEPHARD, 1992), classicamente denominada de sarcopenia (ROSENBERG, 1989). Essa redução parece estar ligada à diminuição tanto do número total quanto do tamanho das fibras musculares (LEXELL et al., 1983; LEXELL; DOWNHAM; SJÖSTRÖM, 1986; LEXELL; TAYLOR; SJÖSTRÖM, 1988), em especial nas fibras do tipo II (HEPPLE, 2018; HEPPLE; RICE, 2016; NILWIK et al., 2013; PIASECKI et al., 2018). A redução na força muscular também é um marco do processo de envelhecimento, sendo considerada por muito tempo como resultado direto da perda de massa muscular. Apesar disso, atualmente está bem estabelecido que a redução anual da força muscular é mais acentuada que a redução na massa muscular (~3% vs. 1%; GOODPASTER et al., 2006; MITCHELL et al., 2012). Assim, não apenas aspectos quantitativos, mas também qualitativos parecem ser determinantes das alterações observadas em indivíduos idosos.

De fato, a etiologia complexa, com mecanismos sobrepostos e interdependentes dificulta uma conclusão definitiva dos processos por trás da perda de massa muscular e força. Apesar disto, alguns mecanismos são sugeridos como importantes no desenvolvimento desses fenótipos, como alterações neurais e de síntese proteica (LAVIN et al., 2019). A progressiva perda de motoneurônios alfa leva a desnervação das fibras inervadas por ele e às predispõe à apoptose. De forma a combater esses eventos, neurônios motores adjacentes passam a inervar estas fibras, expandindo o tamanho das unidades motoras individuais (PIASECKI et al., 2018). O sucesso desse processo, conhecido como ciclo de desnervação-reinervação, contribui para redução da atrofia e progressão da sarcopenia. Entretanto, em idades mais avançadas parece haver um comprometimento desse processo de reinervação (DESCHENES, 2011; KUNG et al., 2014; MITCHELL et al., 2012; PIASECKI et al., 2018). Adicionalmente, também parece haver uma redução na ativação neuromuscular dos músculos agonistas (REID et al., 2014; REID; FIELDING, 2012). Isto é, um prejuízo no processo pelo qual o sistema nervoso produz força muscular através do recrutamento e da frequência de disparo das unidades motoras, além de um aumento da coativação dos músculos antagonistas (CLARK et al., 2010; CLARK; FIELDING, 2012; HÄKKINEN et al., 1998a). Há, ainda, uma redução na qualidade muscular por meio do aumento da infiltração de gordura e

tecido fibroso não contrátil no músculo esquelético, a qual se associa negativamente a produção de força e a velocidade de movimento em indivíduos idosos (FUKUMOTO et al., 2012). Por esses e inúmeros outros fatores, o que se observa é um fenótipo mais lento nestes indivíduos (LEYVA; BALACHANDRAN; SIGNORILE, 2016; REID et al., 2014). Nesse sentido, estudos prévios demonstraram que idosos apresentam uma redução na velocidade de movimento quando comparados à adultos mais jovens (DE VITO et al., 1998; LEYVA; BALACHANDRAN; SIGNORILE, 2016; RAJ; BIRD; SHIELD, 2010) ou entre idosos saudáveis e com limitações na mobilidade (REID et al., 2014).

Considerando a sua relação direta com a força e a velocidade de movimento, é esperado que a potência muscular (i.e., a quantidade de trabalho realizado em um determinado intervalo de tempo) também seja afetada. De fato, tanto estudos transversais quanto longitudinais observaram menores valores de potência em sujeitos mais velhos (IZQUIERDO et al., 1999a; LEYVA; BALACHANDRAN; SIGNORILE, 2016; MCNEIL; VANDERVOORT; RICE, 2007; METTER et al., 1997; REID et al., 2014; SKELTON et al., 1994). Além disso, quando comparada à força, a potência parece declinar mais cedo e em taxas maiores (~2x mais) com o avanço da idade (KENNIS et al., 2014; SKELTON et al., 1994) e, portanto, parece permitir uma visão mais ampliada dos efeitos do envelhecimento sobre a função neuromuscular em relação a primeira. Análise da potência de extensores de joelhos em 357 homens e mulheres com idade entre 18 e 80 anos identificou que as reduções nessa capacidade física se iniciam entre a quarta e a quinta década de vida e são mais drásticas quando analisadas em velocidades de movimento mais elevadas (LEYVA; BALACHANDRAN; SIGNORILE, 2016). Estudo longitudinal recente (KENNIS et al., 2014) avaliou a força isométrica, força dinâmica, a qualidade muscular e a potência de 105 homens com idade entre 45 e 49 anos, os quais foram avaliados novamente 10 anos mais tarde. Os autores identificaram uma redução nas medidas de força próxima a 1% por ano e de quase 2% nos valores de potência e qualidade muscular, dando suporte aos resultados observados por Leyva et al. (2016).

Coletivamente, essas e outras alterações fisiológicas e estruturais que ocorrem durante a senescência impactam, por exemplo, na realização das atividades de vida diária e na mobilidade desses indivíduos (REID; FIELDING, 2012; VISSER et al., 2005). O seu agravo pode, ainda, acarretar em limitações, prejuízos no desempenho funcional, perda da independência, incapacidade e, eventualmente, morte (e.g., BROWN; TESEO; BRAY, 2016; GURALNIK et al., 1995; NEWMAN et al., 2006; SRIKANTHAN;

KARLAMANGLA, 2014). O principal desafio é tornar esses prejuízos “os mais retangulares possíveis, de modo que a função seja mantida na medida do possível durante toda a vida útil” (ROSENBERG, 1989).

2.2 Envelhecimento e desempenho funcional

O modelo do processo de incapacidade sugere que condições tanto agudas quanto crônicas acarretam em prejuízos ou disfunções em sistemas corporais específicos. Esses prejuízos levam a limitações na função do sistema ou organismo e, por consequência, o impossibilitam de agir da maneira necessária ou esperada no seu meio (VERBRUGGE; JETTE, 1994). Sob essa perspectiva, podemos compreender o processo de envelhecimento como uma condição que resulta em diversos prejuízos fisiológicos que, por sua vez, predisõem os indivíduos idosos a uma série de restrições na sua capacidade funcional (Figura 1). Assim, a habilidade destes desempenharem atividades como subir escadas, levantar de uma cadeira ou caminhar torna-se prejudicada até que, em alguns casos, não sejam mais capazes de realizá-las (REID; FIELDING, 2012). A manutenção desse desempenho funcional é, portanto, importante para preservação da mobilidade, independência e execução das atividades de vida diária dessas pessoas (GURALNIK et al., 2000).

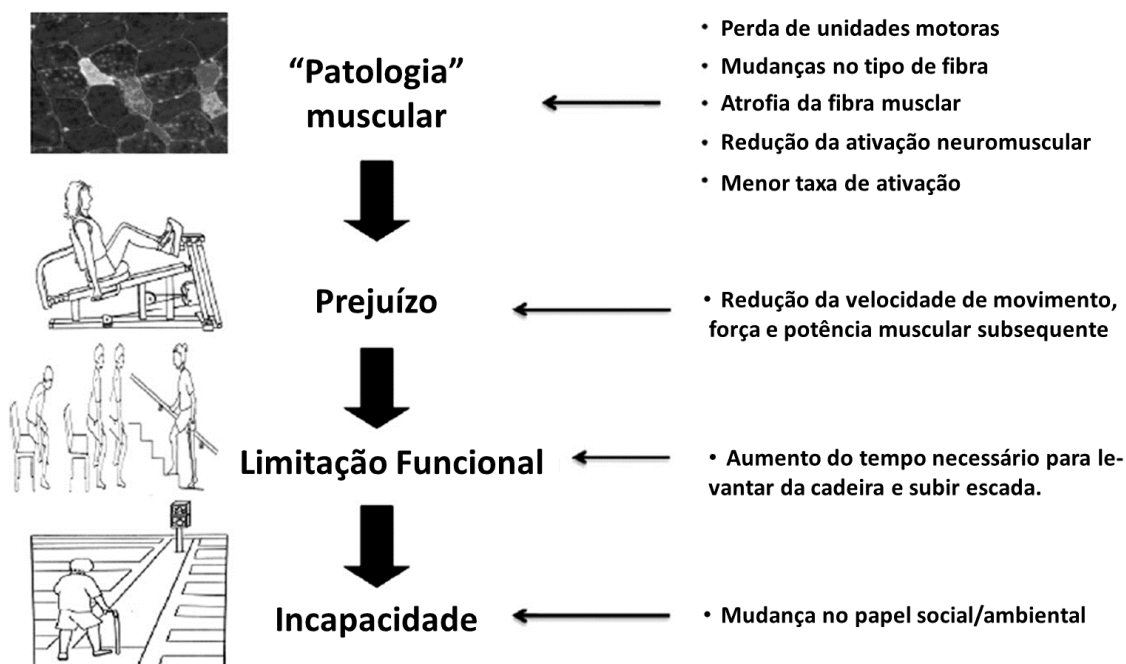


Figura 1. Modelo do processo de incapacidade aplicado ao envelhecimento. (Adaptado de REID; FIELDING, 2012)

Assim, nas últimas décadas diversos estudos buscaram identificar os principais prejuízos fisiológicos mais fortemente associados com o desempenho funcional (BYRNE et al., 2016). Associações entre a quantidade de massa muscular e o desempenho funcional em indivíduos idosos foram observadas (CASAS-HERRERO et al., 2013; NEWMAN et al., 2003; REID et al., 2008; VISSER et al., 2002). Entretanto, existem evidências que sugerem que essa associação parece ser, ao menos em parte, dependente ou mediada pela força muscular na população idosa saudável (VISSER et al., 2005). Meta-análise de estudos prospectivos não observou relação significativa entre menor quantidade de massa muscular e maior chance de declínio funcional em adultos e idosos maiores de 55 anos (SCHAAP; KOSTER; VISSER, 2013). Por outro lado, menores níveis de força muscular aumentaram significativamente as chances destes indivíduos apresentarem declínio funcional ao longo do período analisado (OR = 1,86; IC95% 1,32-2,64). De fato, o impacto da perda de força muscular e sua associação com a limitação na capacidade funcional parecem bem estabelecidos (BASSEY; BENDALL; PEARSON, 1988; BEAN et al., 2002, 2003; BROWN; SINACORE; HOST, 1995; BUCHNER et al., 1996; CASAS-HERRERO et al., 2013; FIATARONE et al., 1990; LORD et al., 2002).

Mais recentemente, a potência muscular tem sido sugerida como um fator determinante para o desempenho funcional nessa população (REID; FIELDING, 2012). Apesar de fortemente associada à força, ambas não representam o mesmo fenômeno (BEAN et al., 2002; SAYERS, 2007), tendo em vista que a potência é determinada pela força, mas também pela velocidade de movimento (i.e., $\text{potência} = \text{força} \times \text{velocidade}$). Essa relação entre potência e desempenho funcional é observada em diferentes grupos de idosos, desde aqueles aparentemente saudáveis (KOZAKAI et al., 2000; LARSEN et al., 2009; PETRELLA; MILLER; CRESS, 2004; SAMSON et al., 2000; SKELTON et al., 1994) e com limitação na mobilidade (BEAN et al., 2002; FOLDVARI et al., 2000; SUZUKI; BEAN; FIELDING, 2001) até aqueles institucionalizados e frágeis (BASSEY et al., 1992; CASAS-HERRERO et al., 2013; CLÉMENÇON et al., 2008). A redução na potência muscular com o envelhecimento também foi associada a redução na mobilidade (BASSEY et al., 1992; BEAN et al., 2002, 2003) e ao aumento na incidência de quedas (CASAS-HERRERO et al., 2013; SKELTON; KENNEDY; RUTHERFORD, 2002).

Entre os primeiros estudos a investigarem essa relação em idosos saudáveis, Skelton e colaboradores (1994) identificaram correlações negativas entre a potência de membros inferiores e o tempo no teste de sentar e levantar ($p = -0,38$ até $-0,56$) em idosos saudáveis (65-89 anos). Resultados semelhantes também haviam sido observados em idosos institucionalizados (80-99 anos) nos testes de sentar e levantar ($r = 0,65$), subir escadas ($r = 0,81$) e velocidade habitual de marcha ($r = 0,80$; BASSEY et al., 1992). A diferença no sentido das associações se deve ao fato do primeiro (SKELTON et al., 1994) ter utilizado o tempo para realização do teste, enquanto o segundo (BASSEY et al., 1992) empregou a velocidade para levantar da cadeira. Associações positivas também foram observadas entre potência e velocidade de marcha ($r = 0,38-0,62$) em adultos de meia-idade e idosos (CASAS-HERRERO et al., 2013; KOZAKAI et al., 2000; RANTANEN; AVELA, 1997) e outros testes, como SPPB (BEAN et al., 2002, 2003), sentar e levantar (CARABELLO et al., 2010; CASAS-HERRERO et al., 2013; SUZUKI; BEAN; FIELDING, 2001), subir escadas (LARSEN et al., 2009; SUZUKI; BEAN; FIELDING, 2001), *timed up and go* (STENROTH et al., 2015) e os testes de caminhada de 6 minutos ou 400 m (MARSH et al., 2006; STENROTH et al., 2015). Nesse contexto, um fator que pode influenciar a relação entre a potência e o desempenho funcional é o percentual da força máxima na qual a potência é mensurada. Em estudo prévio, identificou-se que apesar da potência avaliada em 40% e 70% de 1RM explicar a variância dos testes de sentar e levantar ($R^2 = 0,24$ vs. $0,28$) e subir escadas ($R^2 = 0,43$ vs. $0,42$) de modo muito parecido, a segunda foi capaz de explicar uma maior proporção da variância na velocidade de marcha ($R^2 = 0,59$ vs. $0,51$) quando comparada a primeira (CUOCO et al., 2004). Resultado parecido foi observado por Puthoff e Nielsen (2007). Ao compararem as variâncias dos testes de sentar e levantar e velocidade de marcha explicadas pela potência em 40% e 90% de 1RM, os autores observaram que a potência em 40% explicou um percentual maior do teste de velocidade de marcha ($R^2 = 0,31$ vs. $0,24$), enquanto que a potência em 90% explicou um percentual maior do teste de sentar e levantar ($R^2 = 0,20$ vs. $0,34$). Logo, é possível que o incremento da potência em diferentes percentuais de 1RM influencie de modo distinto o desempenho de tarefas funcionais diferentes.

Comparada à força muscular, a literatura demonstra que ambas (i.e., força e potência) são importantes preditores do desempenho funcional nestes indivíduos (BYRNE et al., 2016). Contudo, a potência parece mais fortemente associada a capacidade funcional do que a força máxima (ACSM, 2009). Ainda, a potência parece

ser um melhor preditor do desempenho em tarefas relacionadas à mobilidade e a capacidade de ambulação (BASSEY et al., 1992; BEAN et al., 2002, 2003; CUOCO et al., 2004; FOLDVARI et al., 2000; REID et al., 2014; SUZUKI; BEAN; FIELDING, 2001), explicando entre 2-8% a mais da variabilidade no desempenho funcional mensurado a partir de diferentes testes (BEAN et al., 2003), inclusive naqueles indivíduos com limitações na mobilidade (BEAN et al., 2002). Corroborando tais resultados, Cuoco et al. (2004) observaram coeficientes de determinação maiores entre a potência avaliada em 40% e 70% de 1RM e o desempenho nos testes de sentar e levantar ($R^2 = 0,12-0,15$ vs. $0,09$), subir escadas ($R^2 = 0,14-0,18$ vs. $0,10$) e velocidade de marcha ($R^2 = 0,26-0,35$ vs. $0,07$) quando comparados a força. Baixos níveis de potência estão associados a um risco de prejuízo na mobilidade três vezes maior do que o risco relacionado à força (BEAN et al., 2010). Além disso, é possível observar melhora da função física em virtude do aumento da potência de maneira independente de alterações na força (BEAN et al., 2002, 2010).

Outro ponto que merece atenção é de que, apesar de estar bem estabelecida na literatura a importância da potência muscular para o desempenho funcional (REID; FIELDING, 2012), tarefas diferentes como levantar de uma cadeira, caminhar ou reposicionar rapidamente o membro inferior após um desequilíbrio dependem de contribuições distintas das suas determinantes (i.e., força e velocidade; BYRNE et al., 2016). A ação de levantar de uma cadeira, por exemplo, parece exigir um alto percentual (~80%) do torque máximo de extensores de joelho (HORTOBÁGYI et al., 2003), enquanto o esforço relativo durante o ato de caminhar é menor (~30%; BEIJERSBERGEN et al., 2013). A recuperação após um desequilíbrio ou o ato de atravessar rapidamente um cruzamento requerem menores percentuais de força, mas que precisam ser produzidos de maneira mais rápida (SAYERS, 2007).

Diante disso, a proporção da variação interindividual da potência explicada pela força e pela velocidade de movimento foi comparada de modo transversal entre adultos de meia-idade, idosos saudáveis e idosos com limitação na mobilidade (POJEDNIC et al., 2012). Enquanto apenas a força explicou de modo significativo a variação na potência dos adultos de meia-idade (R^2 parcial = $0,30$), ambas contribuíram para a potência nos idosos saudáveis (R^2 parcial = $0,36$ e $0,40$), e apenas a velocidade nos idosos com limitação (R^2 parcial = $0,13$), sugerindo que a importância da velocidade para a produção de potência aumenta com o avançar da idade. Para melhor compreender essa relação, Alcazar et al. (2018b) dividiram um grupo de idosos com 70 anos ou mais

em tercis de força e velocidade. Os autores observaram que aqueles nos menores tercis de força ou de velocidade apresentavam valores de potência significativamente menores em relação aos demais, mas não entre si, sugerindo que a menor produção de potência pode ocorrer em virtude de déficits na produção de força em alguns idosos e devido à déficits na velocidade em outros. Por essa razão, os autores propuseram que os resultados observados por Pojednic et al. (2012) poderiam indicar uma prevalência maior de indivíduos com déficit de velocidade na amostra de idosos com limitação investigada por eles.

É importante notar que, apesar da potência muscular explicar entre um terço e metade da variância em diversos desfechos funcionais (BYRNE et al., 2016), uma parcela dessa variância ainda permanece não explicada. Assim, outros prejuízos relacionados ao processo de envelhecimento, como reduções na ativação neuromuscular e na qualidade muscular também parecem estar associados com o desempenho funcional nesses indivíduos (CLARK et al., 2011, 2013b; LOPEZ et al., 2017; RECH et al., 2014; REID et al., 2014; WILHELM et al., 2014) e poderiam auxiliar a explicar uma parcela adicional da variância no desempenho funcional. De acordo com Clark et al (2011), poucos estudos investigaram a relação entre prejuízos na ativação neuromuscular e o declínio funcional durante o envelhecimento. Dentre os estudos identificados, a ativação neuromuscular dos músculos do quadríceps parece estar positivamente associada ($r = 0,56$) aos escores do SPPB em uma análise conjunta de idosos com e sem limitação na mobilidade (CLARK et al., 2011), além de ser capaz de diferenciar mulheres idosas com maior ou menor velocidade habitual de marcha (BRACH et al., 2001). Associações significativas também foram observadas entre a taxa de aumento na ativação neuromuscular do gastrocnêmio medial e a velocidade máxima de marcha ($r = 0,54$) em idosos saudáveis (CLARK et al., 2013b).

Com relação à qualidade muscular, apesar das diferenças na conceituação e na forma de avaliação, a literatura parece concordar que a qualidade muscular se encontra reduzida em pessoas mais velhas (FRAGALA; KENNY; KUCHEL, 2015; STRAIGHT; BRADY; EVANS, 2013). Essa redução parece estar relacionada a um aumento da infiltração de gordura e tecido conectivo intramuscular (ARTS et al., 2010) e associada a um prejuízo na capacidade de produção de força e potência (CADORE et al., 2012; FRAGALA; KENNY; KUCHEL, 2015; FUKUMOTO et al., 2012; STRAIGHT et al., 2013; STRAIGHT; BRADY; EVANS, 2013; WILHELM et al., 2014). Estudos prévios observaram correlações significativas entre a qualidade muscular do quadríceps

femoral, avaliada através dos valores de eco intensidade, e o desempenho no teste de sentar e levantar em homens ($r = -0,502$) e mulheres ($r = -0,493$) idosos (RECH et al., 2014; WILHELM et al., 2014). Esse mesmo grupo de autores também observou que os valores de eco intensidade do quadríceps foram preditores independentes do desempenho funcional, explicando perto de 30% da variância no teste de sentar em homens idosos sedentários (LOPEZ et al., 2017). Análises da qualidade muscular a partir de tomografia computadorizada identificaram que menores valores de atenuação do sinal nos músculos da coxa, indicativos de menor densidade e maior infiltração de gordura intramuscular, estavam associados a um pior desempenho nos testes de velocidade de marcha e sentar e levantar em amostra de 3075 homens e mulheres de 70 a 79 anos (VISSER et al., 2002) e também eram preditores independentes de limitações na mobilidade desses participantes após um período de quase três anos de acompanhamento (VISSER et al., 2005).

Em suma, diversos prejuízos fisiológicos estão associados em maior ou menor magnitude ao declínio funcional observado durante o envelhecimento. Destes, a redução na potência, seja através de mecanismos relacionados à força ou à velocidade de movimento, parece influenciar de modo importante no desempenho de tarefas relacionadas à vida diária dessa população. Essa relação parece, ainda, influenciada pela faixa etária analisada (e.g., meia-idade e idosos), assim como pela condição funcional desses indivíduos (e.g., idosos com e sem limitação na mobilidade). Apesar disso, a maior parte das investigações se restringe (i) a comparação entre um número restrito de medidas (e.g., força vs. potência ou apenas desfechos neuromusculares), (ii) por vezes um número pequeno de testes funcionais e (iii) geralmente avaliação de apenas um conjunto de indivíduos (e.g., apenas idosos saudáveis ou apenas idosos com limitação). Esses pontos aliados às diferenças metodológicas na avaliação dos desfechos empregados (e.g., tipo de avaliação, exercício empregado, %1RM no qual a medida foi avaliada, entre outros) dificulta a comparação e a compreensão de como essas relações se comportam entre diferentes grupos e, portanto, carece de maior investigação. Adicionalmente, o melhor entendimento dessas relações pode auxiliar o direcionamento do processo de treino e exercício, tópico que será abordado a seguir.

2.3 Exercício físico no envelhecimento

A senescência pode ser dividida em primária e secundária. A primeira envolve o declínio inevitável da estrutura e função celular, enquanto a segunda compreende os

prejuízos decorrentes de exposições ambientais e de estilo de vida (FRAGALA, 2015). Logo, apesar de não ser possível evitar o envelhecimento, é evidente que existem possibilidades de intervir positivamente nesse processo. O exercício físico é um fator modificável do estilo de vida e amplamente consolidado como capaz de melhorar vários desses aspectos fisiológicos (ACSM, 2009). Nesse contexto, diversos modelos de exercício foram investigados. Dentre eles, o treinamento de força tradicional, i.e., aquele realizado com a fase concêntrica e excêntrica controlada (~2-3 s) é uma forma eficaz e segura para aumento da força e da hipertrofia em indivíduos idosos (BORDE; HORTOBÁGYI; GRANACHER, 2015; CADORE et al., 2010, 2014d; RADAELLI et al., 2014), inclusive em faixas mais velhas de idade (~90 anos; FIATARONE et al., 1990), assim como da potência (STRAIGHT et al., 2016) e do desempenho funcional (STEIB; SCHOENE; PFEIFER, 2010; TSCHOPP; SATTELMAYER; HILFIKER, 2011). Estudo transversal com 6242 indivíduos entre 18 e 98 anos comparou as mudanças relacionadas com a idade no tempo para realização do teste de sentar e levantar cinco vezes e observou que os indivíduos que reportaram estarem engajados regularmente em exercícios de força apresentavam desempenho melhor quando comparados aos indivíduos sedentários, aos que caminhavam no lazer e aos engajados em exercício aeróbico (LANDI et al., 2018).

Apesar disso, as evidências mais atuais sugerem que o TP, i.e., aquele realizado com a fase concêntrica dos movimentos “a mais rápida possível” parece melhorar a função neuromuscular e resultar em maiores incrementos na potência e funcionalidade (CADORE et al., 2014d, 2018; REID; FIELDING, 2012). Em sua revisão sistemática, Byrne et al. (2016) observaram que 10 dos 14 estudos incluídos suportavam o TP como método mais eficaz para aumento da potência muscular de idosos em detrimento do treino de força tradicional. Meta-análises de ensaios clínicos randomizados também identificaram efeitos favoráveis ao TP no aumento tanto da capacidade funcional quanto da potência em estudos que compararam diretamente ambos os modelos de treino (STEIB; SCHOENE; PFEIFER, 2010; TSCHOPP; SATTELMAYER; HILFIKER, 2011). Mais recentemente, o tipo de treino (i.e., TP ou treino de força tradicional) também foi identificado como moderador do efeito nos ganhos de potência muscular de membros inferiores (STRAIGHT et al., 2016), sendo os efeitos significativamente maiores para o TP (0,62, IC95% 0,42-0,82) em comparação ao treino tradicional (0,20, IC95% 0,04-0,35). Tendo em vista as vantagens apresentadas pelo TP e as fortes associações observadas entre potência e desempenho funcional (discutidas em detalhe na sessão

2.2), a presente revisão irá se restringir a discutir os efeitos do TP, foco do projeto de tese em questão.

2.3.1 Treino de potência

Atualmente, as principais estratégias terapêuticas para melhora da funcionalidade incluem alguma forma de exercício resistido (BYRNE et al., 2016; CADORE; IZQUIERDO, 2018). Conforme discutido anteriormente, a potência está fortemente associada com o desempenho funcional e a manutenção da mobilidade, autonomia e independência em pessoas idosas (BEAN et al., 2002, 2010). Não é surpresa, portanto, que haja um aumento da atenção voltada a identificar estratégias capazes de aumentar a potência muscular entre esses indivíduos. Como as respostas ao treinamento costumam ser específicas ao estímulo fornecido, foi sugerido que a execução dos exercícios de maneira explosiva, isto é, com as fases concêntricas realizadas da maneira mais rápida possível, favoreceria as adaptações de potência muscular (BOTTARO et al., 2007; REID; FIELDING, 2012).

Investigações iniciais, principalmente de pesquisadores escandinavos, auxiliaram a determinar a importância do emprego de movimentos explosivos durante o treino resistido (HÄKKINEN et al., 1998a, 1998b, 2000, 2001a, 2001b; IZQUIERDO et al., 2001; NEWTON et al., 2002). A partir de um programa de treino de força tradicional com uma parcela do treino composta por exercícios explosivos, esses autores observaram incrementos importantes na força máxima e explosiva, na área de secção transversa muscular, na ativação neuromuscular, assim como também na potência muscular, em homens e mulheres idosos e adultos de meia-idade após períodos entre 16 e 24 semanas de treino.

Dentre os primeiros a investigarem as respostas de um programa exclusivo de TP, Earles e colaboradores (EARLES; JUDGE; GUNNARSSON, 2001) demonstraram incrementos de 22% no pico de potência, assim como 22% na força dinâmica máxima de membros inferiores após 12 semanas de TP em idosos aparentemente saudáveis (77 ± 5 anos). Esses resultados foram acompanhados de melhoras no escore total do SPPB (6%) e no desempenho do teste de caminhada de 6 minutos (3%). De fato, diversos estudos subsequentes confirmaram a capacidade do TP em melhorar a potência muscular de indivíduos idosos (BALACHANDRAN et al., 2017; BOTTARO et al., 2007; DE VOS et al., 2005; GLENN; GRAY; BINNS, 2015; HENWOOD; RIEK; TAAFFE, 2008; HENWOOD; TAAFFE, 2005; RADAELLI et al., 2018; SAYERS;

GIBSON, 2012, 2014; SIGNORILE et al., 2002; TIGGEMANN et al., 2016). Meta-análise avaliou o efeito do TP na potência avaliada nos exercícios de *leg press* e extensão de joelhos (STRAIGHT et al., 2016) e observou um efeito moderado (0,62, IC95% 0,42-0,82) nos ganhos de potência muscular de membros inferiores em indivíduos acima de 50 anos.

Assim como ocorre com a potência, uma grande parcela desses estudos também observou melhoras na capacidade funcional. Henwood e Taaffe (2005) treinaram idosos aparentemente saudáveis (70 ± 7 anos) por 8 semanas e encontraram aumentos positivos nos testes de velocidade de marcha (6,6%), sentar e levantar (10,4%) e *floor rise to standing* (10,4%). Em um grupo de idosos sedentários (67 ± 7 anos), incrementos no teste de *8 feet up and go* (~15%), assim como no teste de sentar e levantar (~42%) também foram encontrados após 10 semanas de TP (BOTTARO et al., 2007). Estudo bastante recente treinou mulheres idosas saudáveis (65 ± 3 anos) por 12 semanas e, assim como os demais, observou incrementos significativos nos testes *timed up and go* (TUG; 3-5%) e subir escadas (5-7%; RADAELLI et al., 2018). Esses resultados são corroborados por diversos outros estudos (e.g., BALACHANDRAN et al., 2017; CORREA et al., 2012; HENWOOD; RIEK; TAAFFE, 2008; PEREIRA et al., 2012; RAMIREZ-CAMPILLO et al., 2014; RICHARDSON et al., 2018), apesar de em alguns casos aumentos significativos não serem observados em todos os testes avaliados (DULAC et al., 2018; HENWOOD; TAAFFE, 2006). O Quadro 1 apresenta uma lista dos estudos identificados que avaliaram desfechos de potência e desempenho funcional em idosos aparentemente saudáveis.

Por fim, é importante destacar que além das melhoras observadas na potência muscular e no desempenho funcional, os estudos encontram incrementos em outros desfechos importantes. Entre eles, a força dinâmica máxima e a força isométrica parecem responder positivamente ao TP (ORSSATTO et al., 2018). Contudo, diferente do que ocorre com os ganhos de potência muscular (DE VOS et al., 2005; KATSOULIS; STATHOKOSTAS; AMARA, 2018; REID et al., 2015), intensidades mais altas parecem favorecer os ganhos de força (BYRNE et al., 2016; ORSSATTO et al., 2018). Adaptações na massa muscular (i.e., hipertrofia), comumente associadas ao treino de força tradicional, também são observadas (CONLON et al., 2017; CORREA et al., 2012; HENWOOD; RIEK; TAAFFE, 2008; RADAELLI et al., 2018; REID et al., 2015). Nesse sentido, apesar de fatores neurais influenciarem de maneira mais expressiva nos ganhos de força de idosos destreinados, baixos níveis de massa muscular estão

associados a prejuízos no desempenho funcional (ORSSATTO et al., 2018) e, portanto, essa adaptação não deve ser negligenciada nessa população. Outras respostas incluem a melhora de aspectos qualitativos prejudicados durante o envelhecimento, como a qualidade muscular ou a força específica, por exemplo (CASAS-HERRERO et al., 2013; RADAELLI, 2017).

Quadro 1. Resumo dos resultados de potência e desempenho funcional nos estudos de treino de potência em idosos aparentemente saudáveis.

Autor	Sujeitos	Sem.	Freq. Sem.	Intensidade	Volume	Intervalo	Desfechos de potência	Testes funcionais
Earles et al. (2001)	18 homens e mulheres (77 ± 5 anos)	12	3	50-70% 1RM	2-3 x 10 reps	90 s	LP PP (22%); LP PP 40-70% 1RM (28-150%)	SPPB (7%); TC6 (5%); PPT (ns)
Signorile et al. (2002)	19 mulheres (68 ± 1 anos)	12	3	3,14 e 4,73 rad/s	2 x 6-10 reps	120 s	KE AP 1,05 rad/s (ns), 3,14 rad/s (31%); 5,24 rad/s (38%)	-
Macaluso et al. (2003)	31 mulheres (68 ± 1 anos)	16	3	40-80% 2RM	8 x 8-16 reps	120 s	LP PP (11-20%); CMJ (13-16%)	MGS (16%)
Henwood e Taffee (2005)	15 homens e mulheres (70 ± 7 anos)	8	2	35, 55 e 75% 1RM	3 x 8 reps	-	KE PP 60°/s (17%); 120°/s (17%); KE AP 60°/s (33%); 120°/s (23%)	CR (10%); HGS (7%); MGS (ns); BGS (ns); <i>Floor rise time</i> (10%)
De Vos et al. (2005)	28 homens e mulheres (68 ± 5 anos)	12	2	20% 1RM	3 x 8 reps	-	PP (14%)	-
	28 homens e mulheres (69 ± 6 anos)			50% 1RM			PP (15%)	
	28 homens e mulheres (69 ± 6 anos)			80% 1RM			PP (14%)	
Henwood et al. (2006)	23 homens e mulheres (71 ± 6 anos)	8	2	45, 60 e 75% 1RM	3 x 8 reps	60 s	Potência no SC (ns)	CR (12%); SC (8%); <i>Floor rise time</i> (ns); HGS (ns); MGS (ns); BGS (ns); 400mW (ns)
Orr et al. (2006)	28 homens e mulheres (68 ± 5 anos)	12	2	20% 1RM	3 x 8 reps	-	-	Equilíbrio (11%)
	28 homens e mulheres (69 ± 6 anos)			50% 1RM				Equilíbrio (2%)
	28 homens e mulheres (69 ± 6 anos)			80% 1RM				Equilíbrio (0,3%)

Bottaro et al. (2007)	11 homens e mulheres (67 ± 6 anos)	10	2	40-60% 1RM	3 x 8-10 reps	90 s	LP PP (31%); PP supino (37%)	8ftUG (15%); CR (43%)
Caserotti et al. (2008)	20 mulheres (63 ± 2 anos)	12	2	75-80% 1RM	4 x 8-10 reps	-	PP (12%); CMJ (4-5%)	-
	12 mulheres (82 ± 3 anos)						PP (28%); CMJ (6-9%)	
Henwood et al. (2008)	19 homens e mulheres (71 ± 1 anos)	24	2	45, 60 e 75% 1RM	3 x 8 reps	60 s	PP (51%)	CR (13%); SC (7%); HGS (ns); MGS (4%); BGS (16%); 400mW (8%)
Henwood et al. (2008 b)	15 homens e mulheres (72 ± 2 anos)	12	2	45, 60 e 75% 1RM	3 x 8 reps	60 s	PP (26%)	CR (ns); SC (ns); HGS (ns); MGS (ns); BGS (ns); 400mW (ns)
Dados de retreino do estudo anterior								
Nogueira et al. (2009)	11 homens (67 ± 6 anos)	10	2	40-60%	3 x 8 reps	90 s	LP PP (31%); CP PP (37%)	-
Clafin et al. (2011)	15 homens e mulheres (75 ± 4 anos)	14	3	~120°/s-350°/s	3 x 10	-	Potência absoluta das fibras tipo II (12%)	-
Correa et al. (2012)	13 mulheres (67 ± 5 anos)	6	2	8-12 RM	3-4 x 8-12 reps	120 s	CMJ (8%)	CR (8%)
Sayers e Gibson (2012)	25 homens e mulheres (71 ± 7 anos)	12	3	40% 1RM	3 x 12-14 reps		LP PP 40-90% (191-229 W) (Não foi possível calcular o %)	<i>Braking reaction time</i> (ns); <i>Breaking speed</i> (15%)
Pereira et al. (2012)	28 mulheres (63 ± 5 anos)	12	3	40, 60 e 75% 1RM	3 x 4-12 reps	120 s	CMJ (40%); <i>Medball Throw</i> (17%)	CR (18%); MGS (14%); 8ftUG (16%)
Leszczak et al. (2013)	9 homens e mulheres (74 ± 9 anos)	8	2	50% 1RM	3 x 8-12 reps	-	-	CR (17%); HGS (7%); 8ftUG (6%);
Ramirez-Campillo et al. (2014)	15 mulheres (66 ± 4 anos)	12	3	40, 60 e 75% 1RM	3 x 8 reps	60 s	CMJ (23%); <i>Medball Throw</i> (20%)	CR (21%); MGS (14%); 8ftUG (18%)
Sayers e Gibson (2014)	24 homens e mulheres (71 ± 7 anos)	12	3	40% 1RM	3 x 12-14 reps	-	LP PP (26%)	-
Pamukoff et al. (2014)	10 homens e mulheres (73 ± 4 anos)	6	3	50% 1RM	3 x 8-10	120-180 s	LP PP (27%); KE PP (26%)	Equilíbrio frontal (15%); Equilíbrio lateral (26%)
Uematsu et al. (2014)	15 homens e mulheres (74 ± 4 anos)	8	2	30-40% 1RM	3 x 10 reps	120 s	-	HGS (11%); MGS (18%)

Glenn et al. (2015)	30 homens e mulheres (78 ± 1 anos)	20	2	70% 1RM	3 x 10 reps	-	PP (9%); AP (17%)	CR (20%); 8ftUG (19%); HGS (25%); TC6 (ns)
Tiggeman et al. (2016)	15 mulheres (65 ± 4 anos)	12	2	~45-75% 1RM	2-3 x 8-15 reps	120 s	CMJ (28%); SJ (34%)	CR (12%); SC (19%); TUG (5%); TC6 (9%)
Lopes et al. (2016)	12 mulheres (67 ± 7 anos)	12	3	40-80% 1RM	3-4 x 8-10 reps	180 s	-	CR (22%); TUG (10%); TC6 (ns)
Ramirez-Campillo et al. (2016)	24 mulheres (63 ± 7 anos)	12	2	75% 1RM	2-3 x 8 reps	-	Medball Throw (19%)	CR (24%); 8ftUG (10%); MGS (9%)
			3	75% 1RM			Medball Throw (15%)	CR (27%); 8ftUG (10%); MGS (8%)
Englund et al. (2017)	13 homens e mulheres (65 ± 2 anos)	6	3	240°/s	3 x 8 reps	180 s	AP 75°/s (8%); AP 180°/s (14%); AP 240°/s (19%)	SPPB (3%); 8ftUG (17%)
Beijersbergen et al. (2017a)	15 homens e mulheres (73 ± 5 anos)	10	3	40-60% 1RM	3 x 6-10 reps	-	KE PP 60°/s (26%); KE PP 120°/s (27%); KE PP 180°/s (23%); PP flexores de joelho nos mesmos %'s (30-13%)	SC (ns); HGS (ns); MGS (6%); TC6 (ns)
Beijersbergen et al. (2017b)	15 homens e mulheres (73 ± 5 anos)	10	3	40-60% 1RM	3 x 6-10 reps	-	PP flexores plantares 20°/s (48%); 40°/s (40%); 60°/s (42%)	-
Balachandran et al. (2017)	17 homens e mulheres (69 ± 5 anos)	12	2	OMNI 6-8 (Máquina)	3 x 8-10 reps	60 s	PP (31%); Medball Throw (6%)	CR (18-22%); HGS (ns); 8ftUG (9%); Transferência de galão (10%); Equilíbrio (ns)
	19 homens e mulheres (69 ± 5 anos)			OMNI 6-8 (Pneumático)			PP (19%); Medball Throw (ns)	CR (16-18%); HGS (11%); 8ftUG (9%); Transferência de galão (8%); Equilíbrio (13%)
Conlon et al. (2016, 2017)	10 homens e mulheres (70 ± 6 anos)	22	3	10 RM (Não periodizado)	3 x 10 reps	90-120 s	CMJ (9%)	CR (25%); SC (11%)
	13 homens e mulheres (72 ± 5 anos)			15, 10 e 5 RM (Periodização em bloco)			CMJ (5%)	CR (18%); SC (9%)

	10 homens e mulheres (71 ± 4 anos)			15. 10 e 5 RM (Periodização ondulatória)			CMJ (5%)	CR (20%); SC (10%)
Ramirez-Campillo et al. (2017)	30 mulheres (68 ± 5 anos)	12	3	45, 60 e 75% 1RM (superv. 1:1)	3 x 8 reps	60 s	CMJ (18%); <i>Medball Throw</i> (15%)	CR (20%) MGS (11%); 8ftUG (14%)
	28 mulheres (66 ± 4 anos)			45, 60 e 75% 1RM (superv. 1:10)			CMJ (1%); <i>Medball Throw</i> (1%)	CR (19%) MGS (3%); 8ftUG (11%)
Ramirez-Campillo et al. (2018)	20 mulheres (68 ± 5 anos)	12	3	45,60 e 75% 1RM	3 x 8 reps	120 s	-	CR (14%); MGS (7%); 8ftUG (9%)
	15 mulheres (68 ± 5 anos)					30 s (a cada 2 rep)		CR (20%); MGS (15%); 8ftUG (15%)
Dulac et al. (2018)	10 homens - prot. < 1,1g (73 ± 3 anos)	12	3	50 e 80% 1RM	1-3 x 10 rep	60 s	-	CR (ns); HGS (ns); MGS (ns); TUG (12%); Equilíbrio (ns); HGS (ns); MGS (ns)
	11 homens - prot. > 1,2g (73 ± 3 anos)							CR (ns); HGS (10%); MGS (ns); TUG (8%); Equilíbrio (ns)
Gray et al. (2018)	20 homens e mulheres (82 ± 6 anos)	48	2	50%	3 x 10 rep	-	PP no teste de CR (ns)	CR (38%); 8ftUG (6%)
Radaelli et al. (2018)	13 mulheres (65 ± 3 anos)	12	2	30, 45 e 60% 1RM	1 x 8-12	180 s	CMJ (15%)	SC (4%); TUG (5%)
	13 mulheres (66 ± 2 anos)				3 x 8-12		CMJ (16%)	SC (7%); TUG (4%)
Richardson et al. (2018)	11 homens e mulheres (66 ± 5 anos)	10	1	40% 1RM	3 x 14 rep	90 s	-	CR (13%); 8ftUG (ns); TC6 (ns)
	11 homens e mulheres (67 ± 3 anos)		2					CR (10%); 8ftUG (8%); TC6 (7%)

Uematsu et al. (2018)	15 homens e mulheres (74 ± 3 anos)	8	2	30-40% 1RM	3 x 10 rep	120 s	-	HGS (11%); MGS (18%);
--------------------------	---------------------------------------	---	---	------------	---------------	-------	---	-----------------------

1RM = teste de uma repetição máxima; **RM** = intensidade baseada em repetições máximas; **LP** = *leg press*; **KE** = extensão de joelho; **PP** = pico de potência; **AP** = potência média; **CMJ** = salto contramovimento; **SPPB** = *Short Physical Performance Battery*; **CR** = sentar e levantar e suas variações; **SC** = subir escadas; **HGS** = velocidade de marcha habitual; **MGS** = velocidade máxima de marcha; **BGS** = velocidade de marcha de costas; **TUG** = *timed up and go*; **8ftUG** = *8 feet up and go*; **TC6** = teste de caminhada de 6 min; **400mW** = teste de caminhada de 400 m; Nota: quando os valores percentuais não foram apresentados, eles foram estimados através dos valores pré-pós para as medidas que apresentaram mudança ($p < 0,05$); o tamanho da amostra corresponde apenas aos grupos que treinaram potência; artigos diferentes provenientes do mesmo estudo só foram incluídos se resultados diferentes foram apresentados

2.3.2 Treino de potência em idosos com limitação na mobilidade

De acordo com a *Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde* (OMS, 2008), a mobilidade compreende movimentos relacionados com a mudança na posição corporal (e.g., levantar-se), no centro de gravidade do corpo (e.g., mudança do apoio de um pé para o outro ao andar) e deslocamento (e.g., andar e subir degraus). Nos Estados Unidos, por exemplo, limitações na capacidade de realizar tarefas como estas, as quais serão referidas como limitações na mobilidade, afetam aproximadamente um em cada quatro idosos, chegando próximo a três quartos daqueles que vivem institucionalizados (BEAN et al., 2003; JETTE; BRANCH, 1981). Estudo de um grupo de pesquisadores ingleses observou, ainda, que a prevalência de adultos de meia idade (50-64 anos) que reportaram alguma dificuldade para percorrer 400 m era próxima de 20%, aumentando consideravelmente em grupos etários mais velhos (GARDENER et al., 2006). Isso é importante, pois limitações na mobilidade podem levar a perda da independência desses indivíduos e estão relacionadas com o declínio funcional e com um aumento dos riscos de incapacidade, institucionalização e mortalidade (GURALNIK et al., 1995).

O número de estudos que investigaram os efeitos do TP em idosos com limitação na mobilidade é relativamente menor quando comparado aos com indivíduos sem limitação. Uma parcela dessas investigações, ainda, não empregou uma avaliação objetiva de limitação, mas sim, incluiu sujeitos que reportaram possuírem limitações em atividades como percorrer certas distâncias, subir um número variável de lances de escadas, entre outras (e.g., FIELDING et al., 2002; MARSH et al., 2009). O autorrelato e a percepção de limitação são fatores importante (SAYERS et al., 2004), entretanto, dificultam a comparação entre os estudos visto que os participantes podem subestimar ou superestimar sua capacidade funcional (REID et al., 2008). Assim, as medidas objetivas parecem oferecer vantagens do ponto de vista de validade e reprodutibilidade (GURALNIK et al., 1994; REID et al., 2008). De qualquer forma, tanto os estudos que consideraram limitações na mobilidade por autorrelato ou mensuradas objetivamente parecem indicar que o TP é capaz de aumentar a potência muscular e o desempenho funcional destes indivíduos.

Entre os estudos que avaliaram sujeitos com limitação autorrelatada, Fielding e colaboradores (2002) observaram incrementos expressivos no pico de potência dos exercícios de *leg press* e extensão de joelhos (~97 e 33%, respectivamente) após 16 semanas de TP. Esses resultados foram acompanhados de uma redução no tempo para

subir um lance de escadas (~13%) e melhora em teste de equilíbrio dinâmico (5%), mas não foram encontradas diferenças nos testes de sentar e levantar e velocidade de marcha (SAYERS et al., 2003). Marsh et al. (2009) também observou aumento no pico de potência do *leg press* (42%) e na extensão de joelhos (34%) junto a uma melhora de 10% no escore total do SPPB após 12 semanas de TP. Sayers e Gibson (2010), por sua vez, avaliaram o pico de potência em 40, 50, 60, 70, 80 e 90% 1RM e observaram melhoras entre 9-29% no pico de potência ao longo da faixa de intensidades avaliada. Adicionalmente, esses autores também avaliaram o pico de potência nos mesmos percentuais empregando cargas relativas aos percentuais de 1RM pré-intervenção e aumentos entre 22-58% foram encontrados. Esse último resultado é bastante interessante, pois em muitos casos as sobrecargas encontradas durante diversas tarefas diárias não costumam mudar (e.g., a massa corporal ao levantar da cadeira).

Dentre os estudos experimentais que empregaram medidas objetivas para classificar os indivíduos como tendo limitação na mobilidade, o critério mais frequente foi um escore de 9 ou menos pontos na bateria de testes do SPPB (BALACHANDRAN et al., 2014; BEAN et al., 2004, 2009, REID et al., 2008, 2015). Também foram observados uso de valores específicos da velocidade de marcha habitual em 3 m (HVID et al., 2016) e 6 m (HRUDA; HICKS; MCCARTNEY, 2003). De modo geral, incrementos na potência muscular e no desempenho funcional foram encontrados utilizando cargas altas (~70-80% 1RM; HVID et al., 2016; REID et al., 2008, 2015) e baixas (~40% 1RM; MISZKO et al., 2003; REID et al., 2015) e, inclusive, com uso do peso corporal, coletes com sobrecarga e bandas elásticas (BEAN et al., 2004, 2009; HRUDA; HICKS; MCCARTNEY, 2003).

Após 12 semanas de treino idosos (~73 anos) apresentaram um aumento de 62 e 66% no pico de potência do *leg press* e 28 e 32% na extensão de joelhos avaliados em 40 e 70% 1RM, respectivamente (REID et al., 2008). Em um experimento posterior, o mesmo grupo de pesquisa comparou os efeitos de 12 semanas de TP realizado com cargas de 40% ou 70% 1RM (~78 anos; REID et al., 2015) e não encontraram diferenças significativas nos ganhos de potência muscular entre os grupos quando avaliados em 40% (34 vs. 42%) e 70% 1RM (32 vs 42%), nem nos incrementos do SPPB (16 vs. 22%). Empregando um programa de TP utilizando exercícios como sentar e levantar da cadeira, subir e descer *steps* e subir escadas utilizando sobrecarga a partir de coletes com pesos adicionados, os resultados de Bean et al. (2009) concordam com os estudos

anteriores. Os participantes (~75 anos) aumentaram a potência muscular avaliada em 70% 1RM em 10% e o escore total do SPPB em 20% após 16 semanas de treino.

Análise secundária dos resultados do estudo de Bean et al. (2009) dividiu os idosos com limitação em dois grupos, a saber, aqueles que atingiram uma mudança clinicamente significativa no escore do SPPB ou na velocidade de marcha habitual (definidas como 1 ponto ou 0,1 m/s, respectivamente) e aqueles que não atingiram. A partir de modelos de regressão logística multivariados, os autores observaram que mudanças na potência muscular estavam significativamente associadas com aumentos clinicamente importantes nos escores do SPPB (OR = 1,48, IC95% 1,09-2,02) e na velocidade de marcha (1,31, IC95% 1,01-1,70), independente das alterações na força muscular (BEAN et al., 2010). Dessa maneira, o TP parece uma estratégia relevante para a melhora do desempenho funcional de idosos com limitação na mobilidade, assim como para manutenção da independência desses indivíduos, contudo, ainda são necessárias mais informações a respeito das respostas desses indivíduos a esse modelo de treino. O Quadro 2 apresenta uma lista dos estudos identificados que avaliaram desfechos de potência e desempenho funcional em idosos com limitação na mobilidade.

Quadro 2. Resumo dos resultados de potência e desempenho funcional nos estudos de treino de potência em idosos com limitação na mobilidade.

Autor	Sujeitos	Sem.	Freq. Sem.	Intensidade	Volume	Intervalo	Desfechos de potência	Testes funcionais
Limitação autorrelatada								
Fielding et al. (2002)	15 mulheres (73 ± 1 anos)	16	3	70% 1RM	3 x 8-10 reps	-	LP PP (97%); KE PP (33%)	-
Sayers et al. (2003)	15 mulheres (73 ± 1 anos)	16	3	70% 1RM	3 x 8 reps	-	-	CR (ns); SC (13%); HGS (ns); MGS (ns); Equilíbrio dinâmico (5%);
Sayers (2007)	5 homens e mulheres (71 ± 6 anos)	12	3	40% 1RM	3 x 12-14 reps	60 s	KE PP 40-90% 1RM (19-28%) KE FPP 40-90% (11-14%); VPP (3-18%)	-
Marsh et al. (2009)	12 homens e mulheres (77 ± 6 anos)	12	3	70%1RM	3 x 8-10 reps	Circuito	LP PP (42%); KE PP (34%)	SPPB (10%); Mobilidade lateral (73%)
Sayers e Gibson (2010)	13 homens (74 ± 6 anos)	12	3	40% 1RM	3 x 12-14 reps	-	<i>Relativo ao 1RM pós:</i> LP PP 40-90% (9-29%); FPP (20-23%); VPP (-7 a 7%) <i>Relativo ao 1RM pré:</i> LP PP 40-90% (22-58%); FPP (5-8%); VPP (18-50%)	-
Webber e Porter (2010)	17 mulheres (77 [70-88])	12	3	80% 1RM	3 x 8-10 reps	120 s	PP flexores plantares (17%); PP flexores dorsais (27%)	-
	17 mulheres (74 [70-88])			Bandas elásticas			PP flexores plantares (12%); PP flexores dorsais (29%)	

Limitação avaliada de modo objetivo

Miszko et al. (2003) CS-PFP = ~55	18 homens e mulheres (72 ± 7 anos)	16	3	40% 1RM	3 x 6-8 reps	-	PP <i>Wingate</i> (8%), AP <i>Wingate</i> (6%)	CS-PFP (15%)
Bean et al. (2004) SPPB ≤ 9	10 mulheres (69 ± 6 anos)	12	2	Peso corporal + colete	3 x 10 reps	60-120 s	LP PP 40-90% 1RM (12-36%)	SPPB (35%); CR (44%); HGS (14%); Equilíbrio unilateral (50%)
Reid et al. (2008) SPPB ≤ 9	23 homens e mulheres (73 ± 7 anos)	12	3	70% 1RM	3 x 8 reps	-	LP PP 40-70% 1RM (62-66%); KE PP 40- 70% 1RM (28-32%) PP (10%)	- SPPB (20%)
Bean et al. (2009) SPPB ≤ 9	72 homens e mulheres (75 ± 7 anos)	16	3	Peso corporal + colete	2 x 10 reps	-		
Balachandran et al. (2014) SPPB ≤ 9	9 mulheres (72 ± 8 anos)	15	2	50-80% 1RM	3 x 10-12 reps	Circuito	LP PP (41%); CP PP (24%)	CR (15%); SPPB (20%);
Reid et al. (2015) SPPB ≤ 9	25 mulheres (78 ± 5 anos)	12	3	40% 1RM	3 x 10 reps		PP 40 (34%) e 70% 1RM (32%); VPP 40 (18%) e 70% 1RM (15%)	SPPB (16%) SPPB (22%)
	27 mulheres (78 ± 4 anos)			70% 1RM			PP 40 (42%) e 70% 1RM (42%); VPP 40 (25%) e 70% 1RM (21%)	
Hvid et al. (2016) 3-m HGS < 0,9 m/s	16 homens e mulheres (82 ± 1 anos)	12	2	70-80% 1RM	3 x 8-10 reps	-	-	MGS (9%)

Frágeis, pré-frágeis e/ou institucionalizados

Hruda et al. (2003) 6-m HGS baixa	18 homens e mulheres (85 ± 5 anos)	10	3	Peso corporal + bandas elásticas	3 x 8 reps	-	AP 180°/s (60%)	CR (66%); HGS (36%); 8ftUG (32%)
---	---------------------------------------	----	---	--	------------	---	-----------------	-------------------------------------

Iwamoto et al. (2009) Insitucionalizados	34 homens e mulheres (75 ± 6 anos)	20	3	Peso corporal	3 x 10 reps	-	-	CR (19%); HGS (13%); TUG (24%); Equilíbrio unilateral (~100%) SPPB (8%);
Drey et al. (2012) Pré-frágeis (Fried)	24 homens e mulheres (78 [72-80] anos)	12	2	BORG 10-16	2 x 6-15	120	PP CR (ns)	
Zech et al. (2012) Pré-frágeis (Fried)	18 homens e mulheres (77 ± 6 anos)	12	2	BORG 12-16	2 x 6-15 reps	120	PP CR (ns)	SPPB (12%)
Cadore et al. (2014a) Frágeis (Fried)	11 homens e mulheres (93 ± 3 anos)	12	2	40-60% 1RM	1 x 8-10 reps	-	PP 30 (97%) e 60% 1RM (117%)	CR (58%); HGS (ns); TUG (6%);
Cadore et al. (2014b) Frágeis (Fried) e com prejuízo cognitivo	18 homens e mulheres (88 ± 5 anos)	8	2	20-50% 1RM	2 x 8-12 reps	-	-	CR (ns); HGS (ns); TUG (28%); Equilíbrio (~167%)
Tan et al. (2018) Pré-frágeis e frágeis (Freid)	8 homens e mulheres (74 ± 10 anos)	12	2	Peso corporal + bandas elásticas	2 x 10 reps	-	-	SPPB (14%); CR (ns); TUG (9%)

1RM = teste de uma repetição máxima; **LP** = *leg press*; **KE** = extensão de joelho; **PP** = pico de potência; **AP** = potência média; **SPPB** = *Short Physical Performance Battery*; **CR** = sentar e levantar e suas variações (5x, 10x; 30 s) **SC** = subir escadas; **HGS** = velocidade de marcha habitual; **MGS** = velocidade máxima de marcha; **BGS** = velocidade de marcha de costas; **TUG** = *timed up and go*; **8ftUG** = *8 feet up and go*; **TC6** = teste de caminhada de 6 min; Nota: quando os valores percentuais não foram apresentados, eles foram estimados através dos valores pré-pós para as medidas que apresentaram mudança ($p < 0,05$); o tamanho da amostra corresponde apenas aos grupos que treinaram potência; estudos que empregaram treino aeróbio em conjunto com o treino de potência não foram incluídos.

2.3.3 Comparação dos efeitos do treino de potência em diferentes grupos

É importante notar que, conforme demonstrado nas duas seções anteriores, nem todos os indivíduos idosos apresentam as mesmas capacidades funcionais e de desempenho neuromuscular. Assim, compreender as possíveis diferenças nas respostas desses indivíduos ao TP pode auxiliar na elaboração de programas de treino mais específicos às suas necessidades individuais. Diferente dos idosos, os quais muitas vezes já apresentam déficits nos parâmetros supracitados (ALCAZAR et al., 2018b), os indivíduos de meia-idade representam uma faixa da população na qual diversas das perdas relacionadas ao processo envelhecimento passam a apresentar uma queda mais acelerada (KENNIS et al., 2014; KOZAKAI et al., 2000; LANDI et al., 2018; LEYVA; BALACHANDRAN; SIGNORILE, 2016). Por essa razão, estes indivíduos são alvos importantes para intervenção, de modo a prevenir ou atenuar as perdas mais expressivas que ocorreriam nas idades mais avançadas.

Recentemente foi sugerido que os mecanismos envolvidos com a perda de potência parecem diferir em certo grau entre indivíduos idosos saudáveis e àqueles com limitações na mobilidade (REID et al., 2014). Os autores observaram que após 3 anos de acompanhamento, a potência muscular de membros inferiores reduziu em aproximadamente 9% em ambos os grupos. Por outro lado, os idosos saudáveis, mas não os idosos com limitação na mobilidade, apresentaram uma redução de 26% na ativação neuromuscular, enquanto apenas os idosos com limitação demonstraram quedas significativas de 6% na força dinâmica máxima e de 4% na área de secção transversa dos músculos da coxa. Estudo do mesmo grupo já havia demonstrado diferenças nas associações entre a potência muscular de membros inferiores e suas determinantes (i.e., força e velocidade) entre adultos de meia-idade, idosos saudáveis e idosos com limitação na mobilidade (POJEDNIC et al., 2012). Especificamente, o torque máximo isométrico, mas não a velocidade máxima de contração a 40°/s, se mostrou associado à potência muscular avaliada em 180°/s nos adultos de meia-idade. Por outro lado, ambos os determinantes estiveram associados com a potência entre os idosos saudáveis e apenas a velocidade de contração se associou com a potência nos idosos com limitação na mobilidade. De acordo com os autores, esses resultados demonstram a importância crescente da velocidade de contração para a produção de potência com o passar da idade (POJEDNIC et al., 2012). Coletivamente, estes resultados permitem sugerir a possibilidade de haverem diferenças nas adaptações entre estes indivíduos

quando submetidos a um mesmo programa de TP ou, pelo menos, que esses resultados podem ser determinados por mecanismos diferentes.

Apesar disso, apenas uma quantidade restrita de investigações comparou as adaptações ao TP entre esses grupos. Hakkinen e colaboradores (1998a) identificaram aumentos expressivos e semelhantes na força isométrica (36-66%) e dinâmica máxima (22-34%) de membros inferiores em adultos de meia-idade e idosos saudáveis de ambos os sexos, os quais completaram 24 semanas de treino resistido de alta intensidade com ~20% do volume total composto por exercícios realizados de maneira explosiva. Esses resultados foram acompanhados de aumento na área de secção transversa dos extensores de joelho (~5-10%), mas principalmente por incrementos do sinal eletromiográfico na extensão de joelhos isométrica, dinâmica e salto vertical (~20-30%). Também encontraram incrementos na taxa de desenvolvimento da força (TDF) isométrica (~30-41%) e na potência no salto vertical (valores não reportados). Curiosamente, observaram reduções na coativação da musculatura antagonista (i.e., bíceps femoral) nos idosos, mas não nos adultos de meia-idade. Tais achados foram pioneiros em demonstrar a manutenção da capacidade dos indivíduos idosos em responderem ao estímulo de treinamento quando comparados a um grupo mais novo (ACSM, 2009), além de destacarem a relevância de adaptações para além da massa muscular em ambos os grupos. Entretanto, esses resultados não permitem determinar os efeitos exclusivos do TP nesses indivíduos, as contribuições para diferentes expressões da força (e.g., diferentes percentuais de 1RM), nem o impacto desses resultados no desempenho funcional, uma vez que apenas 20% do volume total de treino era composto por exercícios realizados na maior velocidade possível.

Utilizando protocolo semelhante ao estudo anterior, Izquierdo et al. (2001) observaram aumentos relativos equivalentes na força dinâmica máxima de extensores de joelho entre adultos de meia-idade (29%) e idosos saudáveis (25%) após 16 semanas de treino. Contudo, os incrementos na potência muscular foram maiores no grupo mais novo (46% vs. 37%) e a análise da relação carga-potência demonstrou diferenças nos incrementos de potência muscular entre os grupos em determinados percentuais de 1RM. Isto é, ao passo que os indivíduos de meia-idade aumentaram a potência muscular em intensidades de 0 a 70% de 1RM, os incrementos nos idosos ocorreram entre 15 e 60%. Considerando que a potência produzida em diferentes percentuais de 1RM (e.g., 40 e 70%) pode estar mais ou menos associadas com o desempenho funcional em diferentes tarefas (CUOCO et al., 2004), a avaliação das adaptações da potência em

um amplo espectro de cargas pode ser importante para entender a relação entre adaptações neuromusculares e funcionais e as diferenças entre os diferentes grupos etários. Revisão sistemática com meta-análise avaliou os efeitos do treino de força nas adaptações de potência de membros inferiores de maneira conjunta em adultos de meia-idade e idosos (STRAIGHT et al., 2016). Ao testarem o efeito de possíveis moderadores nos ganhos de potência, os autores não observaram um efeito significativo da idade, reforçando novamente a noção de que os indivíduos idosos mantêm a capacidade de ganharem potência muscular. No entanto, é importante notar que apenas 2 dos estudos incluídos avaliaram indivíduos com menos de 60 anos. Além disso, do mesmo modo que as investigações mencionadas anteriormente, esse resultado não nos permite compreender se os mecanismos por trás desses ganhos de potência são semelhantes.

Finalmente, com base nos resultados observados nos Quadros 1 e 2, é possível supor que haja algumas diferenças entre as adaptações de cada grupo. Uma média de aproximadamente 20% de aumento na potência muscular é observada entre os estudos que avaliaram idosos aparentemente saudáveis, valor menor do que os quase 36% entre os estudos que investigaram idosos com limitação. Nesse caso, é evidente que as diferenças entre as formas como a potência foi avaliada em cada estudo impossibilitam uma comparação formal entre esses percentuais, mas sugerem que os idosos com limitação na mobilidade podem apresentar uma resposta relativamente maior aqueles sem limitações. É importante destacar também, que apenas dois estudos em cada grupo não encontraram aumentos significativos na potência, isto é, 96% e 93% dos estudos observaram respostas positivas nesse desfecho em idosos sem e com limitação na mobilidade, respectivamente.

A comparação dos resultados nos testes de desempenho funcional, por outro lado, pode oferecer uma perspectiva mais adequada das diferenças nas respostas, já que os protocolos de cada teste apresentam menores alterações entre os estudos (o protocolo do SPPB, por exemplo, permanece constante). Entre os testes aplicados em ambos os grupos, aumentos relativamente maiores foram observados nos idosos com limitação nos testes SPPB (20% vs. 5%), sentar e levantar (29% vs. 19%), TUG (17% vs. 7%) e *8 feet up and go* (32 vs. 12%), embora poucos estudos tenham avaliado os dois últimos nos participantes com limitação. Resultados mais próximos entre os grupos foram encontrados nos testes de subir escadas (13% vs. 9%), velocidade de marcha habitual (14% vs 11%) e máxima (9% vs. 11%). Adicionalmente, todos os estudos (em ambos os grupos) encontraram uma melhora nos resultados do SPPB e do TUG. Para

o teste de sentar e levantar e *8 feet up and go*, a maior parte dos estudos apresentou aumento (93 até 100%). A única exceção foi do teste de sentar e levantar no grupo de idosos com limitação na mobilidade, o qual aumentou em apenas 62% dos estudos. De maneira geral, esses resultados sugerem a possibilidade de os idosos com limitação na mobilidade apresentarem adaptações relativamente maiores na potência e no desempenho funcional após um programa de TP quando comparados aos idosos sem limitação.

Apesar disso, as diferenças nos protocolos (i.e., exercícios, número de séries, frequência semanal, intensidades utilizadas), na maneira pela qual os desfechos foram avaliados (e.g., equipamento utilizado, intensidade ou velocidade avaliada), entre outros aspectos, dificulta a comparação dos resultados observados entre esses diferentes conjuntos de indivíduos (ORSSATTO et al., 2018). Nesse contexto, também é importante considerar que diversas das alterações relacionadas ao processo de envelhecimento já declinam a partir da quarta e quinta década de vida (LANDI et al., 2018; LEYVA; BALACHANDRAN; SIGNORILE, 2016). Contudo, nenhum estudo de nosso conhecimento objetivou comparar as adaptações provenientes do TP entre indivíduos de meia idade, idosos saudáveis e com limitações na mobilidade submetidos a um mesmo programa de treino, assim como determinar as diferenças no impacto dessas adaptações sobre o desempenho funcional. Essas informações poderão auxiliar a compreender melhor os efeitos do TP sobre o processo de envelhecimento e melhorar a prescrição desse modelo de treino de acordo com as necessidades específicas de cada grupo. Adicionalmente, poderão colaborar na identificação dos desfechos mais responsivos ao treino conforme o grupo analisado, contribuindo para o delineamento de estudos futuros.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Delineamento

Para atender aos objetivos propostos, o presente projeto de pesquisa será composto por três experimentos. O primeiro experimento irá avaliar, de modo transversal, a associação dos desfechos neuromusculares e morfológicos com os desfechos de desempenho funcional, buscando observar o comportamento dessas associações em toda a amostra, assim como estratificada por grupos de adultos de meia-idade, idosos saudáveis e idosos com limitação na mobilidade. O segundo e principal experimento do projeto irá avaliar e comparar os efeitos de um programa de TP de 12 semanas sobre os desfechos e grupos anteriormente mencionados. Por fim, o último experimento irá testar as associações entre as mudanças ocasionadas pelo período de treinamento nos desfechos neuromusculares e morfológicos em relação às mudanças nos resultados dos testes funcionais em toda a amostra, assim como por grupo. Os experimentos 1 e 3 ainda tentarão identificar quais desfechos serão mais determinantes para os valores (experimento 1) e as mudanças (experimento 3) observadas nos testes funcionais empregados. O esquema organizacional do estudo está representado na Figura 2.

3.2 Caracterização da amostra

A amostra do estudo será composta por 63 indivíduos, sendo 21 adultos de meia-idade (40-55 anos), 21 idosos (>60 anos) e 21 idosos com limitação de mobilidade, de ambos os sexos. Limitação na mobilidade será considerada como escore menor ou igual a 9 no *Short Physical Performance Battery* (SPPB; GURALNIK et al., 1994, 1995). Para cálculo do tamanho de amostra, o tamanho do efeito esperado foi extraído com base em estudos de intervenção prévios em idosos com limitações na mobilidade ou com autorrelato de limitação (e.g., MARSH et al., 2009; REID et al., 2015; WEBBER; PORTER, 2010), assim como também no tamanho de efeito de meta-análise recente que avaliou o efeito do TP na potência muscular de membros inferiores em adultos de meia-idade e idosos (STRAIGHT et al., 2016). Os desfechos considerados no cálculo amostral foram a variação no escore total do SPPB e a variação na potência muscular de membros inferiores nos exercícios de *leg press* e extensão de joelhos e o maior tamanho amostral foi adotado. Assim, considerando $\alpha = 0,05$ e poder de 80%, uma amostra total de 54 indivíduos foi estimada. A fim de

considerar possíveis perdas ao longo da intervenção, mais 9 indivíduos (15% do total) serão incluídos, totalizando 63 participantes.

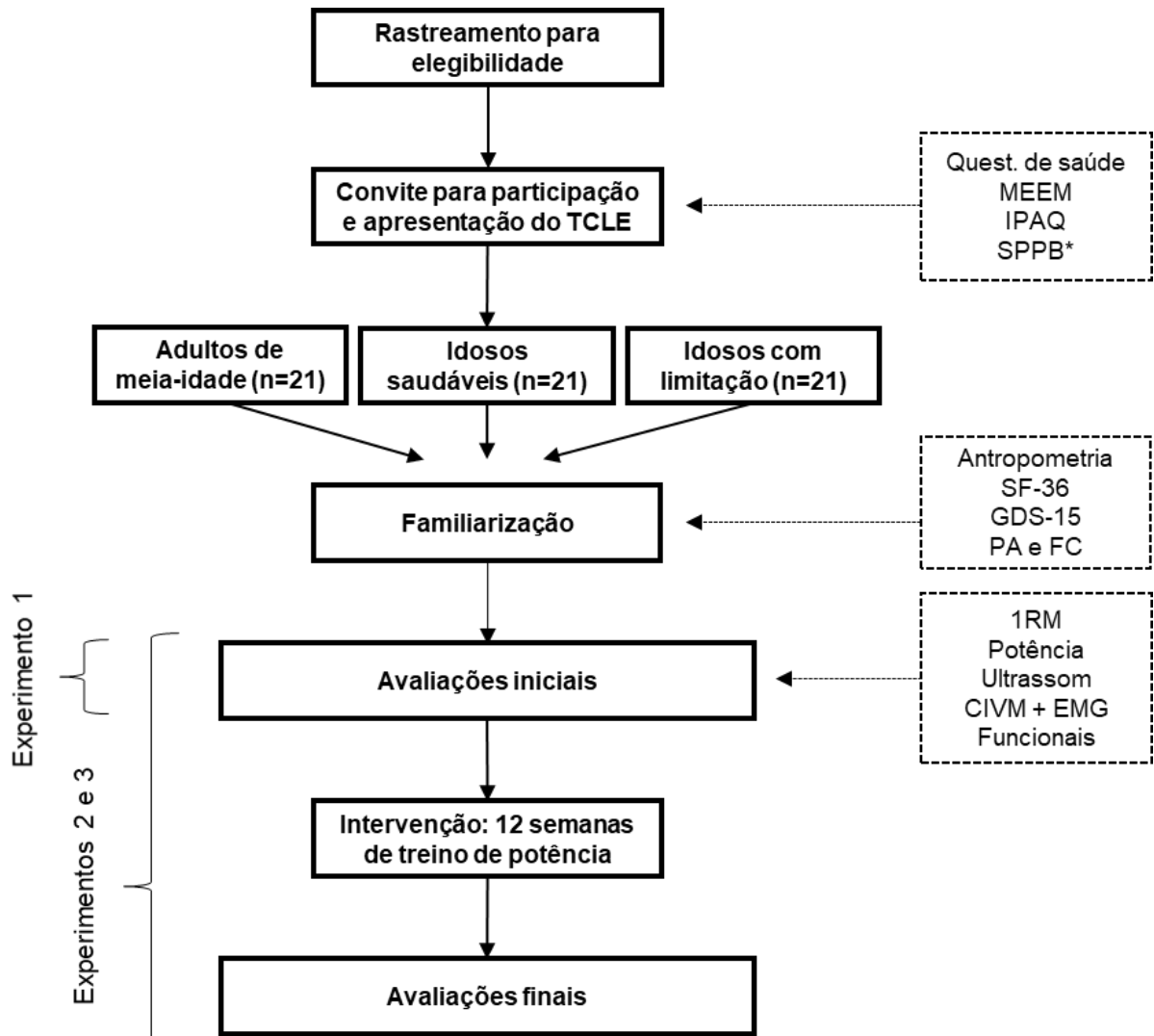


Figura 2. Delineamento experimental. **TCLE** = termo de consentimento livre e esclarecido; **MEEM** = mini exame do estado mental; **IPAQ** = *International Physical Activity Questionnaire*; **SPPB** = *Short Physical Performance Battery*; **SF-36** = questionário de qualidade de vida; **GDS-15** = escala de depressão geriátrica; **PA** = pressão arterial de repouso; **FC** = frequência cardíaca de repouso; **1RM** = teste de uma repetição máxima; **CIVM** = contração isométrica voluntária máxima; **EMG** = eletromiografia de superfície. *SPPB será aplicado neste momento para classificação dos idosos com e sem limitação.

3.3. Critérios de elegibilidade

Serão incluídos adultos com idade entre 40 e 55 anos e idosos com idade acima de 60 anos. Os participantes deverão residir na cidade de Pelotas-RS e relatarem estarem aptos para realização das atividades propostas, a qual será verificada durante a sessão de familiarização. Para serem incluídos no grupo com limitação os idosos ainda deverão apresentar um escore total menor ou igual a 9 no SPPB. Serão

excluídos aqueles indivíduos que apresentarem doenças cardiovasculares graves, distúrbios neurológicos ou musculoesqueléticas, indicativo de prejuízo cognitivo, assim como histórico recente ou prática regular de exercício físico. Os critérios de elegibilidade do estudo estão descritos em detalhe na Tabela 3.

Quadro 3. Critérios de elegibilidade do estudo

<i>Inclusão</i>
☐ Idade entre 40-55 anos ou acima de 60 anos ☐ Aptidão ao exercício físico, autorrelatada e verificada; ☐ Residente na cidade de Pelotas, sem pretensão de mudar-se ou viajar durante o estudo; ☐ Idosos com limitação na mobilidade: limitação autorrelatada por telefone e verificada durante a visita primeira visita ao laboratório (SPPB $\leq$ 9);
<i>Exclusão</i>
☐ Inabilidade ou recusa à assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido; ☐ Problemas de linguagem ou cognição (<i>Mini exame do estado mental</i> < 23); ☐ Histórico de treino de força ou exercício sistemático atual ou nos últimos 6 meses; ☐ Histórico de infarto, revascularização, trombose venosa profunda, AVE ou embolia pulmonar nos últimos 12 meses ou câncer exigindo tratamento nos últimos 24 meses; ☐ Doença cardiovascular grave (insuficiência cardíaca classe III ou IV, arritmia descontrolada, angina instável ou uso de desfibrilador implantável), hipertensão arterial não controlada (> 160/90 mmHg), doença pulmonar crônica requerendo o uso de O ₂ ou terapia de corticosteroides; doença renal com necessidade de diálise ou terapia de reposição hormonal; ☐ Diagnóstico de distúrbios neurológicos progressivos (Parkinson, esclerose múltipla, etc.), doenças musculoesqueléticas, osteoartrite ou artrite reumatoide; ☐ Fratura, colocação de prótese ou lesão grave nos últimos 6 meses; ☐ Alto consumo de bebidas alcoólicas (>14 doses de álcool por semana);

3.4. Recrutamento

A divulgação do estudo será realizada através de cartazes, bem como por anúncio em jornal de grande circulação e divulgação em mídias sociais. Ainda, o investigador principal tentará contato com rede de televisão local para suplementar o processo de divulgação. O contato inicial com os possíveis participantes se dará por meio de contato telefônico, a fim de evitar o deslocamento dos indivíduos até a universidade sem necessidade. Estes serão questionados a respeito dos critérios de inclusão e exclusão através de procedimento padronizado e instrumento formal e, não havendo impedimento, serão convidados a comparecerem ao laboratório para entrevista presencial. Os seguintes itens serão verificados e registrados: sexo e idade; peso e altura estimados; uso de medicação contínua; prática de atividade física e

aptidão ao exercício, histórico de doença(s) grave(s), disponibilidade para comparecer às atividades no endereço da escola e, para os idosos, autorrelato de limitação na mobilidade (i.e. dificuldade autorrelatada em pelo menos uma das seguintes tarefas: caminhar 400 m, subir escadas, levantar e carregar as compras, sair da banheira ou realizar as compras; FIELDING et al., 2002).

No laboratório de pesquisa, os possíveis participantes receberão um questionário de saúde para verificação da elegibilidade e possíveis fatores de risco. Caso todos os critérios sejam atendidos, será realizada a leitura e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido e as possíveis dúvidas dos participantes serão sanadas pelo pesquisador responsável da entrevista. Ainda, serão aplicados os questionários de rastreio cognitivo e prática de atividade física e, no caso dos idosos, será realizado o SPPB para categorização desses participantes (descrito em detalhe na sessão 3.8.5). Ao final desta sessão será agendada uma data de retorno dos participantes para familiarização.

3.5. Aspectos éticos

O projeto de pesquisa será submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pelotas e o consentimento livre será obtido de cada participante do estudo (APÊNDICE I). Especificamente, tanto o teste quanto o treino de potência parecem seguros para a população do estudo (ALCAZAR et al., 2018a) e em virtude da menor elevação da frequência cardíaca, pressão arterial e débito cardíaco durante o TP quando comparado ao treino de força tradicional, o risco cardiovascular também parece relativamente baixo (LAMOTTE et al., 2010; MIYAMOTO; KAMADA; MORITANI, 2017). Todas as avaliações bem como as sessões de treino serão conduzidas por equipe treinada e em caso de intercorrência médica, os pesquisadores imediatamente farão contato com o serviço de atendimento móvel de urgência (SAMU) e acompanharão os participantes até passagem da responsabilidade de atendimento. Adicionalmente, será realizado o acompanhamento de eventos adversos ao longo da intervenção, no qual os participantes serão questionados a respeito de sinais e sintomas ao início das sessões de treino. Esses eventos serão registrados e classificados em relacionados e não-relacionados aos protocolos.

3.6. Procedimentos experimentais

Os desfechos serão coletados para todas as variáveis durante o *baseline* e após o período de treinamento (Figura 2). Todos os participantes comparecerão a pelo menos uma sessão de familiarização, onde serão apresentados os exercícios a serem realizados durante os testes e sessões de treino, com ênfase na técnica e velocidade de execução. Nesta sessão ainda serão medidos desfechos secundários como pressão arterial e frequência cardíaca de repouso, composição corporal, qualidade de vida e sintomas depressivos.

Em seguida será agendado o primeiro dia de testes, no qual serão realizadas as medidas de força dinâmica máxima e potência e em um segundo dia as medidas de ultrassonografia, força isométrica máxima e os testes funcionais com, pelo menos, 48 h de intervalo entre os dois dias. Os testes neuromusculares, morfológicos e funcionais ainda serão repetidos na semana posterior para determinação da confiabilidade das medidas e os participantes darão início ao período de treinamento.

Decorridas as 12 semanas de intervenção os desfechos serão reavaliados com pelo menos 72 h de intervalo da última sessão de treino e os sujeitos completarão todos os testes dentro de duas semanas. Ao longo do estudo, o horário (± 2 h), a ordem das avaliações, assim como os avaliadores serão mantidos constantes e os participantes instruídos a evitarem o consumo de cafeína/álcool e a prática de atividades físicas vigorosas nas 24 h anteriores aos testes.

3.7. Avaliações preliminares

3.7.1 Questionário de saúde

Aspectos relacionados com o histórico de saúde, fatores de risco associados a doenças, assim como a presença de condições médicas, uso de medicamentos, entre outros, serão avaliados por meio de questionário de saúde padronizado, o qual será aplicado prévio à assinatura do termo de consentimento para avaliação da elegibilidade dos possíveis participantes (APÊNDICE II).

3.7.2. Mini exame do Estado Mental

O Mini exame do Estado Mental é um instrumento de rastreio cognitivo (MELO; BARBOSA, 2015) e será aplicado pelo pesquisador principal para avaliação do estado cognitivo dos participantes no momento de entrada do estudo (ANEXO I). O ponto de corte empregado para participação será de pontuação de mais de 23 pontos

(TOMBAUGH; MCINTYRE, 1992), em concordância com estudos prévios no tema (FIELDING et al., 2002; FOLDVARI et al., 2000; GRAY et al., 2018).

3.7.3. Nível de atividade física

A fim de confirmar que os participantes não estejam engajados na prática regular de exercício sistemático ao início do programa, o *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ) em sua versão longa (MATSUDO et al., 2001) será aplicado durante a primeira visita ao laboratório pelo pesquisador principal (ANEXO II). O questionário será reaplicado ao término da intervenção para avaliar possíveis alterações na prática regular de atividade física dos participantes. O IPAQ é composto por cinco domínios (atividade física no trabalho, deslocamento, lazer, em casa e tempo sentado) divididos em 27 itens e visa estimar o nível de atividade física usual dos sujeitos em minutos de atividade física por semana.

3.8. Avaliações

3.8.1. Força dinâmica máxima

A força dinâmica máxima será avaliada através do teste de uma repetição máxima (1RM) nos exercícios de *leg press* e extensão de joelhos bilateral (New Fitness, São Paulo, Brasil). Os participantes realizarão uma série de aquecimento de 10 repetições utilizando 50% da carga máxima estimada durante a sessão de familiarização. Após breve intervalo, a carga dos exercícios será aumentada até que apenas uma repetição possa ser realizada utilizando amplitude e técnicas corretas. Para redimensionamento das cargas nas tentativas seguintes será utilizada a escala de Lombardi (1989) a partir no número de repetições realizadas e a carga correspondente à 1RM (em kg) será determinada em no máximo cinco tentativas por exercício, com 3 min de intervalo entre elas. A amplitude de movimento será controlada por um aparelho delimitador.

3.8.2. Força, velocidade e potência muscular

Após 20-30 min de repouso, os participantes realizarão uma série de uma repetição dos exercícios de *leg press* e extensão de joelhos bilateral com cargas correspondentes à 40, 50, 60, 70, 80 e 90% de 1RM com 1 min de intervalo entre elas (FIELDING et al., 2002; FOLDVARI et al., 2000; NI; SIGNORILE, 2017). A ordem das cargas será aleatorizada e os participantes serão instruídos a executarem a fase

concêntrica de cada movimento da maneira mais rápida possível e a fase excêntrica em 2 s (FIELDING et al., 2002). Em cada repetição serão determinadas a força (em N), velocidade (em m/s) e potência pico (em W) durante a fase concêntrica dos movimentos por meio de um transdutor de velocidade (T-FORCE System, Ergotech®, Murcia, Espanha) com frequência de amostragem de 1000 Hz, posicionado junto à coluna de pesos dos equipamentos (CADORE et al., 2014a). O transdutor determina a velocidade instantânea e a partir desta as demais variáveis mecânicas são calculadas automaticamente pelo software. Especificamente, a aceleração instantânea é determinada pela derivada da velocidade em função do tempo, enquanto a força instantânea é dada pelo produto da aceleração e da massa, isto é, da carga movimentada. A potência é, então, determinada pelo produto das forças e das velocidades instantâneas. No período de avaliações pós-intervenção, as repetições serão executadas com cargas relativas ao %1RM pós-treino e, em uma visita separada, relativas ao %1RM pré-treino (SAYERS; GIBSON, 2012).

3.8.3. Espessura e qualidade muscular

Em um segundo dia de coletas e anterior aos testes de força isométrica máxima e de desempenho funcional, a espessura e qualidade muscular dos músculos extensores de joelho serão avaliadas por ultrassonografia em modo B (Tosbee/SSA-240a, Toshiba®, Japão). Os sujeitos serão posicionados em decúbito dorsal com os membros inferiores estendidos e relaxados por 5 min a fim de estabilizar o deslocamento dos fluidos corporais (LOPEZ; PINTO; PINTO, 2019). Em seguida, serão obtidas cinco imagens dos músculos RF, VL vasto intermédio (VI) e vasto medial (VM) do membro inferior direito com transdutor linear de 7,5 MHz posicionado perpendicularmente ao músculo avaliado. Para os músculos RF, VI e VL, as imagens serão obtidas no ponto médio (50%) entre o côndilo lateral e o trocânter maior do fêmur, enquanto que as imagens do VM serão mensuradas em 30% dessa distância (KORHONEN et al., 2009; KUMAGAI et al., 2000).

As imagens serão digitalizadas e posteriormente analisadas no software ImageJ (*National Institute of Health*, Bethesda, USA) para mensuração da espessura muscular (em mm) e da qualidade muscular (em u.a.). A espessura dos músculos RF, VL e VM será determinada de acordo com a distância entre as aponeuroses musculares superior e inferior, ao passo que a espessura do VI corresponderá a distância entre a aponeurose superior e a interface óssea do fêmur. Já a qualidade

muscular será determinada através dos valores de eco intensidade, isto é, da escala de cinza das regiões de interesse de cada músculo. Valores elevados de eco intensidade estão associados com maior quantidade de tecido não contrátil no interior do músculo (WILHELM et al., 2014). Finalmente, serão confeccionados mapas em plásticos transparentes a partir da marcação de pontos anatômicos e sinais na pele para auxiliar o reposicionamento do transdutor no momento pós-treinamento (NARICI et al., 1989).

3.8.4. Contração isométrica voluntária máxima

O teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) dos extensores de joelho será realizado em cadeira extensora (NEWFIT®, Cascavel, Brasil) de modo unilateral (perna direita). Os participantes serão posicionados com 90° de flexão de joelho e de quadril, mensurados por goniômetro (CARCI®, São Paulo, Brasil), e terão três tentativas de 5 s com 2 min de intervalo entre tentativas para realizarem o máximo de força, o mais rápido possível. A força isométrica será avaliada através de célula de carga (Miotec®, Porto Alegre, Brasil) com capacidade de 200kgf, posicionada de maneira perpendicular ao ponto de aplicação da força.

Concomitante à coleta de força isométrica, a ativação neuromuscular dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL) e a coativação do bíceps femoral será avaliada através da técnica de eletromiografia de superfície (sEMG; Miotool400, Miotec®, Porto Alegre, Brasil). A região de interesse será depilada e esfregada com algodão embebido em álcool e os eletrodos Ag/AgCl (Meditrace®, Mansfield, Canada) serão posicionados em configuração bipolar (30 mm de centro a centro) no ventre muscular e longitudinalmente ao sentido das fibras dos membros direitos conforme recomendações prévias (HERMENS et al., 2000). Especificamente, o ponto médio entre a espinha ilíaca anterossuperior e a borda superior da patela será utilizado para o RF; dois terços da distância entre a espinha ilíaca anterossuperior e a borda lateral da patela para o VL e metade da distância entre a tuberosidade isquiática e o epicôndilo lateral da tíbia para o bíceps femoral. Por fim, um eletrodo referência será posicionado na tuberosidade da tíbia e, para auxiliar o reposicionamento dos eletrodos no momento pós-treinamento, serão confeccionados mapas a partir da marcação de pontos anatômicos e sinais na pele em plásticos transparentes (NARICI et al., 1989).

Os sinais de força e sEMG serão coletados com frequência de amostragem de 2000 Hz e armazenados para posterior análise dos dados no software SAD32

(SCHAUN et al., 2019). No software, primeiramente será feita a remoção dos componentes contínuos do sinal bruto e, em seguida, será realizada a filtragem digital dos sinais. Para o sinal de força será utilizado filtro passa-baixa *Butterworth* de 5ª ordem com frequência de corte de 8 Hz, enquanto os sinais sEMG serão filtrados através de filtro passa-banda *Butterworth* de 5ª ordem com frequências de corte de 20 e 500 Hz. A partir dos sinais filtrados serão determinados o valor médio da força isométrica máxima (kgf) e o valor RMS da amplitude máxima do sinal sEMG (μV) no maior 1 s estável de força.

3.8.5. Desempenho funcional

Short Physical Performance Battery

O SPBB é comumente empregado para avaliar a funcionalidade de membros inferiores, classificando em sequência o equilíbrio estático, a velocidade de marcha e a força muscular de membros inferiores (ANEXO III). Para o teste do equilíbrio estático, os participantes são solicitados a permanecerem em pé por 10 s, sem apoio, em três posições diferentes: com os pés juntos, um levemente à frente e, em seguida, um pé à frente do outro. A velocidade de marcha será mensurada com base no tempo necessário (s) para os indivíduos percorrerem uma distância de 4 m em velocidade habitual. Finalmente, os indivíduos serão solicitados a levantar e sentar de uma cadeira (0,43 m de altura) cinco vezes o mais rápido possível e o tempo necessário (em s) será mensurado. Com base no desempenho em cada tarefa e a partir de critérios objetivos, cada teste recebe uma pontuação entre 0 e 4 pontos e esses valores são somados para determinação do escore final (valores menores indicam pior desempenho funcional). Destaca-se que o resultado do SPPB apresenta forte associação com incapacidade, limitações na mobilidade e é também preditor de institucionalização e mortalidade (GURALNIK et al., 1994; VASUNILASHORN et al., 2009).

Velocidade de marcha

Apesar da velocidade de marcha fazer parte da bateria de teste do SPPB, ela também é preditora individual de incapacidade e mortalidade por todas as causas (GURALNIK et al., 2000; STUDENSKI et al., 2011; YATES et al., 2017) e, portanto, também será avaliada de modo separado na presente investigação. Será solicitado aos participantes que percorram uma distância de 10 m na sua velocidade habitual e, em

seguida, na maior velocidade possível (HOLVIALA et al., 2006; PEREIRA et al., 2012). Para evitar interferência da aceleração e desaceleração, será fornecida uma distância de 1 m antes e após os 10 m. O tempo (s) será mensurado por meio de cronometro e a velocidade em m.s^{-1} será determinada. Cada pessoa realizará duas tentativas por velocidade e o maior valor em cada velocidade será utilizado para análise. O emprego de uma distância maior em comparação ao SPPB (10 vs. 4 m) tem o intuito de proporcionar maior sensibilidade para discriminar os participantes dos três grupos investigados (HOLVIALA et al., 2006).

Chair stand

Assim como a velocidade de marcha, o teste de sentar e levantar faz parte da bateria de testes do SPPB. Contudo, optamos por também avaliar o teste de maneira separada para melhor discriminar as diferenças no desempenho entre os participantes e eliminar possíveis efeitos teto (conforme sugerido por BEAN et al., 2002). Os participantes serão posicionados com as costas apoiadas em uma cadeira (0,43 m de altura), com ambos os pés no chão e os braços cruzados em frente ao corpo. Em seguida, serão instruídos a levantarem e sentarem da cadeira 10 vezes de modo seguro no menor tempo possível. Serão realizadas duas tentativas com 1 min de intervalo e o menor tempo (em s) necessário para realização da tarefa será utilizado para análise.

Stair climb

Ao sinal do avaliador, os participantes deverão subir um lance de escadas (10 degraus, 17 cm cada) o mais rápido possível, mas de maneira segura. O tempo de execução (em s) será mensurado através de cronômetro a partir do momento em que os participantes colocarem o pé no primeiro degrau e será encerrado quando estes estiverem com ambos os pés no chão após o último degrau. Serão realizadas duas tentativas com 1 min de intervalo entre elas e o menor resultado será utilizado para análise.

Timed Up and Go

A agilidade e o equilíbrio dinâmico serão avaliados através do teste de TUG. O teste inicia com os participantes sentados em uma cadeira apoiada na parede e um cone posicionado 3 m de distância a frente da cadeira (BOHANNON, 2006). Ao sinal do

avaliador, os participantes devem levantar da cadeira, caminhar o mais rápido possível (sem correr), dar a volta no cone e retornar à posição inicial, sentados na cadeira. O tempo de execução (em s) será mensurado através de cronômetro e o menor valor entre duas tentativas será utilizado para análise.

Teste de caminhada de 6 min

O teste será realizado em ambiente plano com 30 m de comprimento, demarcado a cada 3 m, no qual os indivíduos serão instruídos a percorrerem a maior distância que conseguirem durante os 6 min de teste, sem correrem. Incentivos serão fornecidos a cada minuto (e.g., “Você está indo bem, faltam X minutos”). Esse teste será realizado apenas uma vez e a distância total percorrida (em m) será utilizada para análise. Adicionalmente, antes e após o teste será avaliada a percepção de esforço através da escala de Borg de 6-20 (BORG, 1982).

Força máxima de preensão manual

Por fim, a força de preensão manual será avaliada através de um dinamômetro manual (JAMAR® Hydraulic Dynamometer, Wairenville, USA). Os participantes terão três tentativas em cada uma das mãos para realizarem o máximo de força durante 5 s com 1 min de intervalo entre tentativas. Para tanto, os participantes serão posicionados em pé, com o membro superior testado em 90° de flexão de cotovelo e rádio-ulnar em posição neutra. O maior valor mensurado em cada mão (kgf) será utilizado para análise. Apesar da função de membros superiores não ser foco do presente estudo, a força de preensão manual é um importante fator associado a funcionalidade e a mortalidade em indivíduos de meia idade e idosos (BAE et al., 2019; STESSMAN et al., 2017).

3.8.6. Desfechos secundários

Composição corporal e status antropométrico

Durante a visita de familiarização, os participantes serão avaliados quanto a medidas de estatura em cm (resolução de 1mm) e massa corporal em kg (resolução de 100g) em balança digital (WELMY W300A, São Paulo, Brasil) para posterior cálculo do IMC (kg/m^2). Ainda, serão realizadas as medidas das dobras cutâneas peitoral, axilar-média, supra ílfaca, abdominal, tricipital, subescapular e da coxa com uso de plicômetro (CESCORF, Porto Alegre, Brasil) e também da circunferência da cintura

no ponto de menor circunferência entre os arcos costais e a crista ilíaca com fita métrica (SANNY, São Bernardo do Campo, Brasil).

Qualidade de vida

Durante a visita de familiarização, a versão brasileira do *Medical Outcomes Study 36 – Short Form* (SF-36), será utilizado para avaliação da qualidade de vida dos participantes (CICONELLI et al., 1999; ANEXO IV). O SF-36 é um questionário auto aplicado composto por 36 itens divididos em 8 domínios, a saber: capacidade funcional, limitação por aspectos físicos, dor, estado geral de saúde, vitalidade, aspectos sociais, aspectos emocionais e saúde mental. O escore total será obtido através de fórmula própria e estará compreendido entre 0 e 100, sendo 0 e 100 o pior e o melhor estado geral de saúde, respectivamente.

Sintomas depressivos.

A Escala de Depressão Geriátrica em sua versão reduzida com 15 itens (GDS-15) será empregada para avaliação da presença de sintomas depressivos nos grupos de idosos (ALMEIDA; ALMEIDA, 1999; ANEXO V). Os participantes responderão ao questionário em uma sala reservada após a aplicação do SF-36.

Medidas cardiovasculares

As medidas de pressão arterial e frequência cardíaca de repouso serão realizadas através de um monitor de pressão automático (OMRON - HEM-7200, China) no início da sessão de familiarização. Prévio a realização das medidas, os participantes permanecerão sentados em repouso, sem conversar, durante 5 min com ambos os pés apoiados no chão e as costas apoiadas no encosto da cadeira. A braçadeira será ajustada de acordo com a circunferência do braço do participante e será realizada uma medida em cada braço com 1 min de intervalo entre elas. Em seguida, duas novas medidas serão realizadas no braço de maior valor. Para análise será utilizada a média dos três valores de pressão e frequência cardíaca.

Hábitos alimentares

Três recordatórios alimentares de 24h, dois dias de semana e outro de final de semana, serão aplicados por nutricionista antes e após o período de intervenção para determinação da ingestão calórica diária, dos percentuais de macronutrientes (i.e.,

carboidrato, gordura e proteína), assim como da quantidade de proteína relativa ao peso corporal, com auxílio do software Dietbox®. Adicionalmente, os participantes serão instruídos a não modificarem os seus hábitos alimentares durante o período do estudo.

3.9. Intervenção

Após as avaliações iniciais, os indivíduos participarão de um programa de TP nas dependências da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal de Pelotas, o qual se encontra descrito em detalhes na Figura 3. A intervenção terá 12 semanas de duração com duas sessões semanais em dias não consecutivos e será conduzida por instrutores capacitados e treinados. Após aquecimento de 10 min contendo atividades de aquecimento geral e específico com cargas submáximas (i.e., bicicleta horizontal e *leg press*), os participantes realizarão entre 1 e 3 séries de 8 a 10 repetições em 6 exercícios diferentes executados em aparelhos de musculação. Os exercícios serão *leg press*, extensão de joelhos bilateral, flexão de joelhos bilateral, flexão plantar sentado, supino horizontal e remada sentada. Todos serão instruídos a realizarem a fase concêntrica dos movimentos o mais rápido possível e a fase excêntrica em 2 s, sem comprometer a amplitude de movimento do exercício. A intensidade será prescrita com base no %1RM avaliado previamente para os exercícios de *leg press* e extensão de joelhos e no %1RM estimado para os demais exercícios (BRZYCKI, 1993), os quais serão determinados com base na sessão de familiarização (conforme proposto por RICHARDSON et al., 2018). As cargas de todos os exercícios serão reavaliadas na sexta semana a partir de um novo teste de 1RM para os exercícios de *leg press* e extensão de joelhos e de nova estimativa para os demais exercícios.

Especificamente, serão utilizadas cargas de 70, 40 e 20% de 1RM ao longo do programa de treino. A escolha destas intensidades de treino leva em consideração resultados prévios descritos na literatura (ALCAZAR et al., 2018a; DE VOS et al., 2005; GLENN; GRAY; BINNS, 2015; POTIAUMPAI et al., 2016; REID et al., 2015; RICHARDSON et al., 2018; SAYERS; GIBSON, 2014). Recentemente foi observado que os prejuízos na produção de potência máxima de idosos estão associados com déficits de força em alguns indivíduos e de velocidade em outros (ALCAZAR et al., 2018b). Dessa forma, cargas de 70% de 1RM, além de corresponderem a intensidades próximas da carga ótima para produção de potência nos exercícios de

leg press e extensão de joelhos (ALCAZAR et al., 2018a; POTIAUMPAI et al., 2016), oferecem um maior estímulo ao ganho de força (BORDE; HORTOBÁGYI; GRANACHER, 2015; BYRNE et al., 2016; DE VOS et al., 2005; HAFF; NIMPHIUS, 2012; STEIB; SCHOENE; PFEIFER, 2010). Por outro lado, cargas de 40% de 1RM permitem maiores velocidades de movimento devido a relação inversa entre carga e velocidade (GONZÁLEZ-BADILLO; SÁNCHEZ-MEDINA, 2010) e parecem resultar em ganhos similares de potência e menor percepção subjetiva de esforço quando comparados à 70% 1RM em idosos com limitação na mobilidade (ORSSATTO et al., 2018; REID et al., 2015). Além disso, a relação entre potência e desempenho funcional parece apresentar diferenças de acordo com o %1RM avaliado. Isto é, ao passo que a potência mensurada tanto em 40 e 70% 1RM explica de modo semelhante a variância em tarefas como subir escadas ($R^2 = 42$ vs. 43%) e levantar e sentar ($R^2 = 28$ vs. 24%), atividades como a velocidade de marcha parecem mais bem explicadas pela potência mensurada no menor percentual de 1RM ($R^2 = 35$ vs. 26% , respectivamente; CUOCO et al., 2004). Coletivamente, esses resultados dão apoio a sugestão de que oferecer estímulos ao longo da curva força-velocidade pode ser uma alternativa mais completa para impactar positivamente no desempenho funcional desses indivíduos.

Por fim, apesar do TP realizado à 20, 50 e 80% de 1RM resultar em incrementos muito parecidos de potência muscular (DE VOS et al., 2005), menores intensidades (i.e., 20% 1RM) parecem favorecer adaptações no equilíbrio (ORR et al., 2006). Visto que o equilíbrio pode moderar parcialmente a relação entre força e potência com tarefas mais complexas de marcha (FORTE et al., 2014) e o primeiro se encontra reduzido em idosos quando comparado à indivíduos de meia-idade (IZQUIERDO et al., 1999b), treinar nestas faixas menores de intensidade pode trazer benefícios adicionais, principalmente para os idosos com maiores limitações (MAYSON et al., 2008).

Quanto ao volume de treino, evidências atuais sugerem que durante as primeiras 12 semanas de TP os ganhos de força, potência e capacidade funcional em mulheres idosas são similares quando estas realizam uma ou três séries por exercício com intensidades entre 30-60% 1RM (RADAELLI et al., 2018). Com base nisto, durante as primeiras quatro semanas de treinamento será realizada apenas uma série por exercício. Especificamente, na primeira sessão da semana será realizada uma série com 40% de 1RM e na segunda sessão uma série de 70% 1RM. Contudo, devido

a inclusão de um grupo de adultos de meia-idade e a intenção de impactar de modo mais amplo na curva força-velocidade, optamos por progredir o volume de treino ao longo da intervenção. Assim, uma segunda série será adicionada em cada sessão a partir da quinta semana e uma terceira série na nona semana de treinamento, sendo esta última com carga de 20% de 1RM. Finalmente, tanto a carga quanto o número de repetições realizadas durante a sessão serão registrados.

Fase	Dia	Procedimentos
Familiarização	-	Familiarização com os exercícios utilizados nos testes e treino; PA e FC; Avaliação antropométrica; SF-36; GDS-15

Pré-intervenção			
Fase	Semana	Dia	Testes
Baseline	-1	1	Determinação de 1RM; Determinação da força, potência e velocidade em 40-90% 1RM
		2	Espessura e qualidade muscular; CIVM de extensão de joelhos + EMG; Testes funcionais
	0	1	Repetição dos testes do dia 1 para determinação da confiabilidade das medidas
		2	Repetição dos testes do dia 2 para determinação da confiabilidade das medidas

Intervenção (12 semanas)						
Exercícios	Semana	Dia	Volume (séries x reps) e Carga	Semana	Dia	Volume (séries x reps) e Carga
Leg press, extensão de joelhos, flexão de joelhos, flexão plantar, supino horizontal, remada sentado	1	1	1 x 8-10 a 40% 1RM*	7	1	2 x 8-10 a 40% 1RM
		2	1 x 8-10 a 70% 1RM		2	2 x 8-10 a 70% 1RM
	2	1	1 x 8-10 a 40% 1RM	8	1	2 x 8-10 a 40% 1RM
		2	1 x 8-10 a 70% 1RM		2	2 x 8-10 a 70% 1RM
	3	1	1 x 8-10 a 40% 1RM	9	1	2 x 8-10 a 40% 1RM
		2	1 x 8-10 a 70% 1RM		2	2 x 8-10 a 70% 1RM + 1 x 10 a 20% 1RM
	4	1	1 x 8-10 a 40% 1RM	10	1	2 x 8-10 a 40% 1RM
		2	1 x 8-10 a 70% 1RM		2	2 x 8-10 a 70% 1RM + 1 x 10 a 20% 1RM
	5	1	2 x 8-10 a 40% 1RM†	11	1	2 x 8-10 a 40% 1RM
		2	2 x 8-10 a 70% 1RM		2	2 x 8-10 a 70% 1RM + 1 x 10 a 20% 1RM
	6 [‡]	1	2 x 8-10 a 40% 1RM	12	1	2 x 8-10 a 40% 1RM
		2	2 x 8-10 a 70% 1RM		2	2 x 8-10 a 70% 1RM + 1 x 10 a 20% 1RM

Pós-intervenção			
Fase	Semana	Dia	Testes
Pós	13	1	Determinação de 1RM; Determinação da força, potência e velocidade em 40-90% 1RM (%1RM pós)
		2	CIVM de extensão de joelhos + EMG; Espessura e qualidade muscular; Testes funcionais
	14	3	Determinação da força, potência e velocidade em 40-90% 1RM (%1RM pré); PA e FC; Avaliação antropométrica; SF-36; GDS-15; IPAQ

Figura 3. Delineamento detalhado do período de avaliação e intervenção. **PA** = pressão arterial; **FC** = frequência cardíaca; **SF-36** = questionário de qualidade de vida; **GDS-15** = questionário de depressão geriátrica; **1RM** = teste de uma repetição máxima nos exercícios

de *leg press* e extensão de joelhos; **CIVM** = contração isométrica voluntária máxima de extensão de joelhos; **IPAQ** = questionário de atividade física. * = todas as repetições serão executadas com as fases concêntricas o mais rápido possível e as cargas dos exercícios que não foram testados no teste de 1RM serão determinadas a partir do %1RM predito (BRZYCKI, 1993) com base na sessão de familiarização; † = entre cada série haverá 2 min de recuperação; ‡ = as cargas serão reavaliadas durante a sexta semana.

3.10 Plano de análise

As análises serão conduzidas de acordo com cada experimento. Para o experimento 1, os dados serão primeiramente avaliados quanto à normalidade da sua distribuição e em caso de distribuição não-paramétrica, as medidas serão transformadas por meio de transformação logarítmica. Em seguida, as associações entre os desfechos neuromusculares e morfológicos com cada um dos testes funcionais serão testadas através da correlação linear de Pearson. Aqueles desfechos que apresentarem associações ao nível de $p < 0,2$ serão mantidos e incluídos em modelos de regressão multivariada, conforme proposto previamente (FOLDVARI et al., 2000; SUZUKI; BEAN; FIELDING, 2001). As análises serão realizadas a partir de modelos de regressão com toda a amostra, assim como modelos estratificados por grupo (i.e., adultos de meia-idade, idosos saudáveis e com limitação na mobilidade; POJEDNIC et al., 2012). Com base na literatura, idade, sexo, estado de saúde (nº de medicamentos) e IMC serão incluídos como covariáveis em todos os modelos (BEAN et al., 2002) e os resultados serão reportados através dos coeficientes de determinação (R^2) de maneira separada para cada teste funcional.

Com relação ao experimento 2, os desfechos serão apresentados em média $\pm$ desvio padrão e a comparação das respostas ao período de treinamento será realizada através da *Generalized Estimating Equations* (GEE) com *post hoc* de Bonferroni. Finalmente, o experimento 3 seguirá os mesmos procedimentos do experimento 1. Contudo, para análise serão utilizados os valores referentes às alterações provenientes do treinamento, isto é, as diferenças absolutas entre os valores pós-treinamento e os valores pré-treinamento. Nesse sentido, a normalidade da distribuição das medidas será testada e as diferenças nos desfechos neuromusculares e morfológicos serão correlacionadas com as diferenças em cada um dos testes funcionais. As medidas associadas ($p < 0,2$) serão incluídas em modelos de regressão multivariada com toda a amostra e estratificados por grupo, utilizando idade, sexo, estado de saúde e IMC como covariáveis. Para todos os três

experimentos será adotado um valor de significância de $\alpha = 0,05$ e as análises serão realizadas no pacote estatístico SPSS versão 20.0 (IBM Statistics, New York, USA).

4. DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados deste trabalho serão divulgados a partir da apresentação da tese necessária à conclusão do curso de Pós-Graduação em Educação Física, assim como da publicação de três artigos resultantes do trabalho de pesquisa e da elaboração de documento em linguagem não técnica para divulgação junto a mídia (e.g. jornal).

1. Relação entre medidas neuromusculares e morfológicas com o desempenho funcional e suas diferenças entre adultos de meia idade, idosos saudáveis e idosos com limitação na mobilidade.
2. Efeitos de 12 semanas de TP em desfechos neuromusculares e morfológicos e no desempenho funcional de adultos e idosos.
3. Mudanças em desfechos neuromusculares e morfológicos estão associadas às mudanças no desempenho funcional após 12 semanas de TP em adultos de meia idade e idosos?

5. ORÇAMENTO

Abaixo encontram-se as despesas relacionadas com a execução do projeto divididas em despesas de custeio, capital e total. O presente projeto atualmente conta com financiamento próprio do candidato.

Quadro 4. Orçamento detalhado

Despesas de custeio			
	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Folhas A4 - pacote	3	15,50	46,50
Algodão – pacote	5	5,00	25,00
Álcool gel – tubo	2	5,00	10,00
Eletrodos – unidade	900	1,00	900,00
Lâmina de barbear - unidade	63	1	62,00
Lâminas transparentes – unidade	63	0,50	31,00
Gel condutor - tubo	1	25,00	25,00
Subtotal de custeio: R\$ 1099,50			
Despesas de capital			
Transdutor de posição linear (T-FORCE System, Ergotech®, Murcia, Espanha)*	1	10.633,00	10.633,00
Subtotal de capital: 10.633,00			
Total			11.732,50

*Adquirido através do programa Importa Fácil Ciência com subsequente isenção dos impostos federais de importação.

6. CRONOGRAMA

	2019												2020												2021											
Atividade	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S			
Revisão de literatura																																				
Data provável de qualificação																																				
Submissão ao CEP																																				
Treinamento de equipe																																				
Recrutamento de sujeitos																																				
Avaliações e intervenções																																				
Digitação e análise de dados																																				
Período de sanduíche																																				
Discussão dos resultados																																				
Elaboração dos manuscritos																																				
Submissão de manuscritos																																				
Relatório ao CEP																																				
Data provável de defesa																																				
Submissão da versão final																																				

*Cronograma elaborado com base na aprovação do projeto de pesquisa submetido ao edital de bolsa para doutorado sanduíche do CNPq.

Referências

1. ACSM, *American College of Sports Medicine* Exercise and physical activity for older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 7, p. 1510–1530, 2009.
2. ALCAZAR, J. et al. Skeletal Muscle Power Measurement in Older People: A Systematic Review of Testing Protocols and Adverse Events. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 73, n. 7, p. 914–924, 2018a.
3. ALCAZAR, J. et al. Force-velocity profiling in older adults: An adequate tool for the management of functional trajectories with aging. **Experimental gerontology**, v. 108, p. 1–6, 2018b.
4. ALMEIDA, O. P.; ALMEIDA, S. A. Short Versions of the Geriatric Depression Scale: a Study of Their Validity for the Diagnosis of a Major Depressive Episode According To ICD-10 and DSM-IV. **International Journal of Geriatric Psychiatry**, v. 14, p. 858–865, 1999.
5. AOYAGI, Y.; SHEPHARD, R. J. Aging and Muscle Function. **Sports Medicine**, v. 14, n. 6, p. 376–396, 1992.
6. ARTS, I. M. P. et al. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. **Muscle and Nerve**, v. 41, n. 1, p. 32–41, 2010.
7. BAE, E.-J. et al. Handgrip Strength and All-Cause Mortality in Middle-Aged and Older Koreans. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 5, p. 740, 2019.
8. BALACHANDRAN, A. et al. High-speed circuit training vs hypertrophy training to improve physical function in sarcopenic obese adults: a randomized controlled trial. **Experimental Gerontology**, v. 60, p. 64–71, dez. 2014.
9. BALACHANDRAN, A. T. et al. Power training using pneumatic machines vs. plate-loaded machines to improve muscle power in older adults. **Experimental Gerontology**, v. 98, p. 134–142, 2017.
10. BASSEY, E. J. et al. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. **Clinical Science**, v. 82, p. 321–327, 1992.
11. BASSEY, E. J.; BENDALL, M. J.; PEARSON, M. Muscle strength in the triceps surae and objectively measured customary walking activity in men and women over 65 years of age. **Clinical Science**, v. 74, n. 1, p. 85–89, 1988.
12. BEAN, J. F. et al. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 50, n. 3, p. 461–467, 2002.

13. BEAN, J. F. et al. A Comparison of Leg Power and Leg Strength Within the InCHIANTI Study: Which Influences Mobility More? **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 58, n. 8, p. M728–M733, 2003.
14. BEAN, J. F. et al. Increased Velocity Exercise Specific to Task (InVEST) training: a pilot study exploring effects on leg power, balance, and mobility in community-dwelling older women. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 52, n. 5, p. 799–804, 2004.
15. BEAN, J. F. et al. Increased velocity exercise specific to task training versus the national institute on aging's strength training program: Changes in limb power and mobility. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 64, n. 9, p. 983–991, 2009.
16. BEAN, J. F. et al. Are changes in leg power responsible for clinically meaningful improvements in mobility in older adults? **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 58, n. 12, p. 2363–2368, 2010.
17. BEIJERSBERGEN, C. M. I. et al. The biomechanical mechanism of how strength and power training improves walking speed in old adults remains unknown. **Ageing Research Reviews**, v. 12, n. 2, p. 618–627, 2013.
18. BEIJERSBERGEN, C. M. I. et al. Hip mechanics underlie lower extremity power training-induced increase in old adults' fast gait velocity: The Potsdam Gait Study (POGS). **Gait & posture**, v. 52, p. 338–344, 2017a.
19. BEIJERSBERGEN, C. M. I. et al. Power Training-induced Increases in Muscle Activation during Gait in Old Adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 49, n. 11, p. 2025–2198, 2017b.
20. BLOOM, D. 7 Billion and Counting Tamanho da População e Crescimento. **Science**, v. 333, p. 562–569, 2011.
21. BOHANNON, R. W. Reference values for the timed up and go test: a descriptive meta-analysis. **Journal of Geriatric Physical Therapy**, v. 29, n. 2, p. 64–68, 2006.
22. BORDE, R.; HORTOBÁGYI, T.; GRANACHER, U. Dose–Response Relationships of Resistance Training in Healthy Old Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 45, n. 12, p. 1693–1720, 2015.
23. BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.
24. BOTTARO, M. et al. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 99, n. 3, p. 257–264, 2007.
25. BRACH, J. S. et al. A new approach of measuring muscle impairment during a functional task: Quadriceps muscle activity recorded during chair stand. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 56, n. 12,

p. 767–770, 2001.

26. BROWN, D. M. Y.; TESEO, A. J.; BRAY, S. R. Effects of autonomous motivational priming on motivation and affective responses towards High-Intensity interval training. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 16, p. 1491–1499, 2016.
27. BROWN, M.; SINACORE, D. R.; HOST, H. H. The relationship of strength to function in the older adult. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 50A, p. 55–59, 1995.
28. BRZYCKI, M. Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. **Journal of Physical Education, Recreation and Dance**, v. 64, n. 1, p. 88–90, 1993.
29. BUCHNER, D. M. et al. Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. **Age and Ageing**, v. 25, n. 5, p. 386–391, set. 1996.
30. BYRNE, C. et al. Ageing, Muscle Power and Physical Function: A Systematic Review and Implications for Pragmatic Training Interventions. **Sports Medicine**, v. 46, n. 9, p. 1311–1332, set. 2016.
31. CADORE, E. L. et al. Physiological Effects of Concurrent Training in Elderly Men. **International Journal of Sports Medicine**, p. 689–697, 2010.
32. CADORE, E. L. et al. Echo intensity is associated with skeletal muscle power and cardiovascular performance in elderly men. **Experimental Gerontology**, v. 47, n. 6, p. 473–478, 2012.
33. CADORE, E. L. et al. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. **Age**, v. 36, n. 2, p. 773–785, 2014a.
34. CADORE, E. L. et al. Positive effects of resistance training in frail elderly patients with dementia after long-term physical restraint. **Age**, v. 36, n. 2, p. 801–811, 2014b.
35. CADORE, E. L. et al. Strength and endurance training prescription in healthy and frail elderly. **Aging and Disease**, v. 5, n. 3, p. 183–195, 2014d.
36. CADORE, E. L. et al. Explosive type of contractions should not be avoided during resistance training in elderly. **Experimental Gerontology**, v. 102, p. 81–83, 2018.
37. CADORE, E. L.; IZQUIERDO, M. Muscle Power Training: A Hallmark for Muscle Function Retaining in Frail Clinical Setting. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 19, n. 3, p. 190–192, 2018.
38. CARABELLO, R. J. et al. Lower extremity strength and power asymmetry assessment in healthy and mobility-limited populations: Reliability and association with physical functioning. **Clinical and Experimental Research**, v. 22, n. 4, p. 324–329, 2010.
39. CASAS-HERRERO, A. et al. Functional Capacity, Muscle Fat Infiltration, Power

Output, and Cognitive Impairment in Institutionalized Frail Oldest Old. **Rejuvenation Research**, v. 16, n. 5, p. 396–403, 2013.

40. CASEROTTI, P. et al. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: Changes in rapid muscle force, strength and power. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 18, n. 6, p. 773–782, 2008.
41. CICONELLI, R. M. et al. Tradução para a língua portuguesa e validação do questionário genérico de avaliação de qualidade de vida SF-36 (Brasil SF-36). **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 39, n. 3, p. 143–150, 1999.
42. CLAFLIN, D. R. et al. Effects of high- and low-velocity resistance training on the contractile properties of skeletal muscle fibers from young and older humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 4, p. 1021–1030, 2011.
43. CLARK, D. J. et al. Impaired voluntary neuromuscular activation limits muscle power in mobility-limited older adults. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 65A, n. 5, p. 495–502, 2010.
44. CLARK, D. J. et al. Muscle performance and physical function are associated with voluntary rate of neuromuscular activation in older adults. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 66 A, n. 1, p. 115–121, 2011.
45. CLARK, D. J. et al. Longitudinal decline of neuromuscular activation and power in healthy older adults. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 68, n. 11, p. 1419–1425, 2013a.
46. CLARK, D. J. et al. Neuromuscular determinants of maximum walking speed in well-functioning older adults. **Experimental Gerontology**, v. 48, n. 3, p. 358–363, 2013b.
47. CLARK, D. J.; FIELDING, R. A. Neuromuscular contributions to age-related weakness. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 67 A, n. 1, p. 41–47, 2012.
48. CLÉMENÇON, M. et al. Potential role of optimal velocity as a qualitative factor of physical functional performance in women aged 72 to 96 years. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 89, n. 8, p. 1594–1599, 2008.
49. CONLON, J. A. et al. Periodization Strategies in Older Adults: Impact on Physical Function and Health. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 12, p. 2426–2436, 2016.
50. CONLON, J. A. et al. The efficacy of periodised resistance training on neuromuscular adaptation in older adults. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 6, p. 1181–1194, 2017.
51. CORREA, C. S. et al. 3 Different types of strength training in older women. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 12, p. 962–969, dez. 2012.
52. CUOCO, A. et al. Impact of muscle power and force on gait speed in disabled older

- men and women. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 59, n. 11, p. 1200–1206, 2004.
53. DE VITO, G. et al. Determinants of maximal instantaneous muscle power in women aged 50-75 years. **European journal of applied physiology**, v. 78, p. 59–64, 1998.
 54. DE VOS, N. J. et al. Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. **The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences**, v. 60, n. 5, p. 638–647, 2005.
 55. DESCHENES, M. R. Motor unit and neuromuscular junction remodeling with aging. **Current Aging Science**, v. 4, n. 3, p. 209–220, 2011.
 56. DREY, M. et al. Effects of strength training versus power training on physical performance in prefrail community-dwelling older adults. **Gerontology**, v. 58, n. 3, p. 197–204, 2012.
 57. DULAC, M. C. et al. Differences in muscle adaptation to a 12-week mixed power training in elderly men, depending on usual protein intake. **Experimental Gerontology**, v. 104, p. 78–85, 2018.
 58. EARLES, D. R.; JUDGE, J. O.; GUNNARSSON, O. T. Velocity training induces power-specific adaptations in highly functioning older adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 82, n. 7, p. 872–878, 2001.
 59. ENGLUND, D. A. et al. Resistance training performed at distinct angular velocities elicits velocity-specific alterations in muscle strength and mobility status in older adults. **Experimental Gerontology**, v. 91, p. 51–56, 2017.
 60. FIATARONE, M. A. et al. High-Intensity Strength Training in Nonagenarians. **JAMA: The Journal of the American Medical Association**, v. 263, n. 22, p. 3029, 1990.
 61. FIELDING, R. A. et al. High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 50, n. 4, p. 655–662, 2002.
 62. FOLDVARI, M. et al. Association of Muscle Power With Functional Status in Community-Dwelling Elderly Women. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, v. 55A, n. 4, p. M192–M199, 2000.
 63. FORTE, R. et al. Measures of static postural control moderate the association of strength and power with functional dynamic balance. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 26, n. 6, p. 645–653, 2014.
 64. FRAGALA, M. S. The Physiology of Aging and Exercise. In: SULLIVAN, G. M.; POMIDOR, A. K. (Eds.). . **Exercise for Aging Adults**. 1. ed. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 1-12.
 65. FRAGALA, M. S.; KENNY, A. M.; KUCHEL, G. A. Muscle Quality in Aging: a Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment. **Sports Medicine**, v. 45, n. 5, p. 641–658, 2015.

66. FUKUMOTO, Y. et al. Skeletal muscle quality assessed from echo intensity is associated with muscle strength of middle-aged and elderly persons. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 4, p. 1519–1525, 2012.
67. GARDENER, E. A. et al. Middle-aged and mobility-limited: Prevalence of disability and symptom attributions in a national survey. **Journal of General Internal Medicine**, v. 21, n. 10, p. 1091–1096, 2006.
68. GLENN, J. M.; GRAY, M.; BINNS, A. The effects of loaded and unloaded high-velocity resistance training on functional fitness among community-dwelling older adults. **Age and Ageing**, v. 44, n. 6, p. 926–931, 2015.
69. GONZÁLEZ-BADILLO, J.; SÁNCHEZ-MEDINA, L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training: applications for training load monitoring. **Internacional Journal Sports Medicine**, v. 31, p. 347–352, 2010.
70. GOODPASTER, B. H. et al. The Loss of Skeletal Muscle Strength, Mass, and Quality in Older Adults: The Health, Aging and Body Composition Study. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 61A, n. 10, p. 1059–1064, 2006.
71. GRAY, M. et al. Longitudinal comparison of low- and high-velocity resistance training in relation to body composition and functional fitness of older adults. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 30, n. 12, p. 1465–1473, 2018.
72. GURALNIK, J. M. et al. A Short Physical Performance Battery Assessing Lower Extremity Function: Association With Self-Reported Disability and Prediction of Mortality and Nursing Home Admission. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, v. 49, n. 2, p. M85–M94, 1994.
73. GURALNIK, J. M. et al. Lower-Extremity Function in Persons over the Age of 70 Years as a Predictor of Subsequent Disability. **New England Journal of Medicine**, v. 332, n. 9, p. 556–562, 1995.
74. GURALNIK, J. M. et al. Lower Extremity Function and Subsequent Disability: Consistency Across Studies, Predictive Models, and Value of Gait Speed Alone Compared With the Short Physical Performance Battery. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 55, n. 4, p. M221–M231, 2000.
75. HAFF, G. G.; NIMPHIUS, S. Training Principles for Power. **Strength and Conditioning Journal**, v. 34, n. 6, p. 2–12, 2012.
76. HÄKKINEN, K. et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. **Journal of Applied Physiology**, v. 84, n. 4, p. 1341–1349, 1998a.
77. HÄKKINEN, K. et al. Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical**

Sciences, v. 53, n. 6, p. 415–424, 1998b.

78. HÄKKINEN, K. et al. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. **European Journal of Applied Physiology**, v. 83, n. 1, p. 51–62, 2000.
79. HÄKKINEN, K. et al. 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 Physiologica Scandinavica**, v. 171, n. 1, p. 51–62, 2001a.
80. HÄKKINEN, K. et al. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. **Journal of Applied Physiology**, v. 91, p. 569–580, 2001b.
81. HENWOOD, T. R.; RIEK, S.; TAAFFE, D. R. Strength versus muscle power-specific resistance training in community-dwelling older adults. **The Journals of Gerontology - Series A Biological sciences and medical sciences**, v. 63, n. 1, p. 83–91, 2008.
82. HENWOOD, T. R.; TAAFFE, D. R. Improved physical performance in older adults undertaking a short-term programme of high-velocity resistance training. **Gerontology**, v. 51, n. 2, p. 108–115, 2005.
83. HENWOOD, T. R.; TAAFFE, D. R. Short-term resistance training and the older adult: the effect of varied programmes for the enhancement of muscle strength and functional performance. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 26, n. 5, p. 305–313, 2006.
84. HENWOOD, T. R.; TAAFFE, D. R. Detraining and retraining in older adults following long-term muscle power or muscle strength specific training. **The Journals of Gerontology - Series A Biological sciences and medical sciences**, v. 63, n. 7, p. 751–758, 2008.
85. HEPPLER, R. T. When motor unit expansion in aging muscle fails, atrophy ensues. **The Journal of Physiology**, 2018. [no prelo]
86. HEPPLER, R. T.; RICE, C. L. Innervation and neuromuscular control in ageing skeletal muscle. **Journal of Physiology**, v. 594, n. 8, p. 1965–1978, 2016.
87. HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361–374, 2000.
88. HOLMES, J. et al. Aging Differently: Physical Limitations Among Adults Aged 50 years and Over: United States, 2001–2007 **NCHS Data Brief**, n. 20, p. 2001–2007, 2009.
89. HOLVIALA, J. H. S. et al. Effects of strength training on muscle strength characteristics, functional capabilities, and balance in middle-aged and older women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 2, p. 336–344, 2006.

90. HORTOBÁGYI, T. et al. Old adults perform activities of daily living near their maximal capabilities. **The journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 58, n. 5, p. M453-60, 2003.
91. HRUDA, K. V.; HICKS, A. L.; MCCARTNEY, N. Training for Muscle Power in Older Adults: Effects on Functional Abilities. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 28, n. 2, p. 178–189, 2003.
92. HVID, L. G. et al. Voluntary muscle activation improves with power training and is associated with changes in gait speed in mobility-limited older adults - A randomized controlled trial. **Experimental Gerontology**, v. 80, p. 51–56, jul. 2016.
93. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população do Brasil por sexo e idade para o período 2000-2060**, 2013.
94. IWAMOTO, J. et al. Preventative effect of exercise against falls in the elderly: a randomized controlled trial. **Osteoporosis International**, v. 20, n. 7, p. 1233–1240, 2009.
95. IZQUIERDO, M. et al. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 167, n. 1, p. 57–68, 1999a.
96. IZQUIERDO, M. et al. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 79, n. 3, p. 260–7, 1999b.
97. IZQUIERDO, M. et al. Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle-aged and older men. **Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 4, p. 1497–1507, 2001.
98. JACOB, M. E. et al. Neuromuscular Attributes Associated With Lower Extremity Mobility Among Community-Dwelling Older Adults. **The Journals of Gerontology: Series A**, v. 74, n. 4, p. 544–549, 2018.
99. JANSSEN, I. et al. The healthcare costs of sarcopenia in the United S... [J Am Geriatr Soc. 2004] - PubMed result. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 52, n. 1, p. 80–5, 2004.
100. JETTE, A. M.; BRANCH, L. G. The Framingham Disability Study: II. Physical Disability among the Aging. **American Journal of Public Health**, v. 71, n. 11, p. 1121–1126, 1981.
101. KATSOUKLIS, K.; STATHOKOSTAS, L.; AMARA, C. E. The Effects of High Versus Low-Intensity Power Training on Muscle Power Outcomes in Healthy, Older Adults: A Systematic Review. **Journal of Aging and Physical Activity**, p. 1–59, 2018.
102. KENNIS, E. et al. Longitudinal impact of aging on muscle quality in middle-aged men. **Age**, v. 36, n. 4, 2014.

103. KORHONEN, M. T. et al. Biomechanical and Skeletal Muscle Determinants of Maximum Running Speed with Aging. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 4, p. 844–856, 2009.
104. KOZAKAI, R. et al. Age-Related Changes Elderly People in Gait Velocity and Leg Extension Power in Middle-Aged and Elderly People. **Journal of Epidemiology**, v. 10, n. 1, p. 77–81, 2000.
105. KUMAGAI, K. et al. Sprint performance is related with muscle fascicle length in male 100 m-sprinters. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, p. 811–816, 2000.
106. KUNG, T. A. et al. Motor unit changes seen with skeletal muscle sarcopenia in oldest old rats. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 69, n. 6, p. 657–665, 2014.
107. LAMOTTE, M. et al. Acute cardiovascular response to resistance training during cardiac rehabilitation: Effect of repetition speed and rest periods. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 17, n. 3, p. 329–336, 2010.
108. LANDI, F. et al. Impact of habitual physical activity and type of exercise on physical performance across ages in community-living people. **PLoS ONE**, v. 13, n. 1, p. 1–12, 2018.
109. LARSEN, A. H. et al. Biomechanical determinants of maximal stair climbing capacity in healthy elderly women. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 19, n. 5, p. 678–686, 2009.
110. LAVIN, K. M. et al. The Importance of Resistance Exercise Training to Combat Neuromuscular Aging. **Physiology**, v. 34, n. 2, p. 112–122, 2019.
111. LESZCZAK, T. J. et al. Early adaptations to eccentric and high-velocity training on strength and functional performance in community-dwelling older adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 2, p. 442–448, 2013.
112. LEXELL, J. et al. Distribution of different fiber types in human skeletal muscles: Effects of aging studied in whole muscle cross sections. **Muscle & Nerve**, v. 6, n. 8, p. 588–595, 1983.
113. LEXELL, J.; DOWNHAM, D.; SJÖSTRÖM, M. Distribution of different fibre types in human skeletal muscles: Fibre type arrangement in m. vastus lateralis from three groups of healthy men between 15 and 83 years. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 72, p. 211–222, 1986.
114. LEXELL, J.; TAYLOR, C. C.; SJÖSTRÖM, M. What is the cause of the ageing atrophy?. Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 84, n. 2–3, p. 275–294, 1988.
115. LEYVA, A.; BALACHANDRAN, A.; SIGNORILE, J. F. Lower-body torque and power declines across six decades in three hundred fifty-seven men and women: a cross-sectional study with normative values. **Journal of Strength and Conditioning**

Research, v. 30, n. 1, p. 141–158, 2016.

116. LOPES, P. B. et al. Strength and Power Training Effects on Lower Limb Force, Functional Capacity, and Static and Dynamic Balance in Older Female Adults. **Rejuvenation research**, 2016.
117. LOPEZ, P. et al. Echo intensity independently predicts functionality in sedentary older men. **Muscle & Nerve**, v. 55, n. 1, p. 9–15, 2017.
118. LOPEZ, P.; PINTO, M. D.; PINTO, R. S. Does Rest Time before Ultrasonography Imaging Affect Quadriceps Femoris Muscle Thickness, Cross-Sectional Area and Echo Intensity Measurements? **Ultrasound in Medicine and Biology**, v. 45, n. 2, p. 612–616, 2019.
119. LORD, S. R. et al. Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 57, n. 8, 2002.
120. MACALUSO, A.; DE VITO, G. Comparison between young and older women in explosive power output and its determinants during a single leg-press action after optimisation of load. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 5–6, p. 458–463, 2003.
121. MARSH, A. P. et al. Lower extremity strength and power are associated with 400-meter walk time in older adults: The InCHIANTI study. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 61, n. 11, p. 1186–1193, 2006.
122. MARSH, A. P. et al. Lower extremity muscle function after strength or power training in older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 17, n. 4, p. 416–443, 2009.
123. MATSUDO, S. et al. Physical activity questionnaire (IPAQ): study of validity and reliability in brazil. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 6, n. 2, p. 5–18, 2001.
124. MAYSON, D. J. et al. Leg Strength or Velocity of Movement: which is more influential on the balance of mobility limited elders? **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 87, n. 12, p. 969–976, 2008.
125. MCNEIL, C. J.; VANDERVOORT, A. A.; RICE, C. L. Peripheral impairments cause a progressive age-related loss of strength and velocity-dependent power in the dorsiflexors. **Journal of Applied Physiology**, v. 102, n. 5, p. 1962–1968, 2007.
126. MELO, D. M. DE; BARBOSA, A. J. G. O uso do Mini-Exame do Estado Mental em pesquisas com idosos no Brasil: uma revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, n. 12, p. 3865–3876, 2015.
127. METTER, E. J. et al. Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men. **Journals of Gerontology - Series A Biological**

Sciences and Medical Sciences, v. 52, n. 5, p. 267–276, 1997.

128. MISZKO, T. A. et al. Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. **The Journals of Gerontology - Series A Biological sciences and medical sciences**, v. 58, n. 2, p. 171–175, 2003.
129. MITCHELL, W. K. et al. Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. **Frontiers in Physiology**, v. 3, p. 1–18, 2012.
130. MIYAMOTO, T.; KAMADA, H.; MORITANI, T. Acute cardiovascular responses to multiple sets of high-velocity resistance exercise in healthy adults. **Research in Sports Medicine**, v. 25, n. 4, p. 495–504, 2017.
131. NARICI, M. V et al. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 59, n. 4, p. 310–319, 1989.
132. NEWMAN, A. B. et al. Sarcopenia: Alternative Definition and Associations with Lower Extremity Function. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 51, p. 1602–1609, 2003.
133. NEWMAN, A. B. et al. Strength, But Not Muscle Mass, Is Associated With Mortality in the Health, Aging and Body Composition Study Cohort. **The Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 61A, n. 1, p. 72–77, 2006.
134. NEWTON, R. U. et al. Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 8, p. 1367–1375, 2002.
135. NI, M.; SIGNORILE, J. F. High-Speed Resistance Training Modifies Load-Velocity and Load-Power Relationships in Parkinson's Disease. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 10, p. 2866–2875, 2017.
136. NILWIK, R. et al. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. **Experimental Gerontology**, v. 48, n. 5, p. 492–8, 2013.
137. NOGUEIRA, W. et al. Effects of power training on muscle thickness of older men. **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 3, p. 200–204, 2009.
138. OMS, Organização Mundial da Saúde. **Classificação Internacional da Funcionalidade Incapacidade e Saúde: Actividades e Participação Factores Ambientais**, 2008.
139. ORR, R. et al. Power training improves balance in healthy older adults. **The Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 61, n. 1, p. 78–85, 2006.

140. ORSSATTO, L. B. DA R. et al. Why Fast Velocity Resistance Training Should be Prioritized for Elderly People? **Strength and Conditioning Journal**, v. 41, n. 1, p. 105-114, 2018.
141. PAMUKOFF, D. N. et al. The effects of strength and power training on single-step balance recovery in older adults: a preliminary study. **Clinical Interventions in Aging**, v. 9, p. 697–704, 2014.
142. PEREIRA, A. et al. Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. **Experimental Gerontology**, v. 47, n. 3, p. 250–255, mar. 2012.
143. PETERSON, M. D. et al. Resistance exercise for muscular strength in older adults: A meta-analysis. **Ageing Research Reviews**, v. 9, n. 3, p. 226–237, 2010.
144. PETERSON, M. D.; SEN, A.; GORDON, P. M. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: a meta-analysis. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 2, p. 249–258, 2011.
145. PETRELLA, J. K.; MILLER, L. S.; CRESS, M. E. Leg extensor power, cognition, and functional performance in independent and marginally dependent older adults. **Age and Ageing**, v. 33, n. 4, p. 342–348, 2004.
146. PIASECKI, M. et al. Failure to expand the motor unit size to compensate for declining motor unit numbers distinguishes sarcopenic from non-sarcopenic older men. **The Journal of Physiology**, v. 596, n. 1, p. 1627-1637, 2018.
147. POJEDNIC, R. M. et al. The specific contributions of force and velocity to muscle power in older adults. **Experimental Gerontology**, v. 47, n. 8, p. 608–613, 2012.
148. POTIAUMPAI, M. et al. Optimal Loads for Power Differ by Exercise in Older Adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 10, p. 2703–2712, 2016.
149. POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance**. 10. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2018.
150. PUTHOFF, M. L.; NIELSEN, D. H. Relationships among impairments in lower-extremity strength and power, functional limitations, and disability in older adults. **Physical Therapy**, v. 87, p. 1334–1347, 2007.
151. RADAELLI, R. et al. Time course of low- and high-volume strength training on neuromuscular adaptations and muscle quality in older women. **Age**, v. 36, n. 2, p. 881–892, 2014.
152. RADAELLI, R. **Efeito do volume do treino de potência nas adaptações neuromusculares de mulheres idosas**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.
153. RADAELLI, R. et al. Higher muscle power training volume is not determinant for the magnitude of neuromuscular improvements in elderly women. **Experimental gerontology**, v. 110, p. 15–22, set. 2018.

154. RAJ, I. S.; BIRD, S. R.; SHIELD, A. J. Aging and the force-velocity relationship of muscles. **Experimental Gerontology**, v. 45, n. 2, p. 81–90, 2010.
155. RAMIREZ-CAMPILLO, R. et al. High-speed resistance training is more effective than low-speed resistance training to increase functional capacity and muscle performance in older women. **Experimental Gerontology**, v. 58, p. 51–57, 2014.
156. RAMIREZ-CAMPILLO, R. et al. Effects of different doses of high-speed resistance training on physical performance and quality of life in older women: a randomized controlled trial. **Clinical Interventions in Aging**, v. 11, p. 1797–1804, 2016.
157. RAMIREZ-CAMPILLO, R. et al. High-Speed Resistance Training in Older Women: The Role of Supervision. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 25, n. 1, p. 1–9, 2017.
158. RAMIREZ-CAMPILLO, R. et al. High-speed resistance training in elderly women: Effects of cluster training sets on functional performance and quality of life. **Experimental Gerontology**, v. 110, p. 216–222, 2018.
159. RANTANEN, T.; AVELA, J. Leg extension power and walking speed in very old people living independently. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 52, n. 4, p. 225–231, 1997.
160. RECH, A. et al. Echo intensity is negatively associated with functional capacity in older women. **Age**, v. 36, n. 5, 2014.
161. REID, K. F. et al. Lower extremity power training in elderly subjects with mobility limitations: a randomized controlled trial. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 20, n. 4, p. 337–343, 2008.
162. REID, K. F. et al. Longitudinal decline of lower extremity muscle power in healthy and mobility-limited older adults: Influence of muscle mass, strength, composition, neuromuscular activation and single fiber contractile properties. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 1, p. 29–39, 2014.
163. REID, K. F. et al. Comparative effects of light or heavy resistance power training for improving lower extremity power and physical performance in mobility-limited older adults. **The journals of gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 70, n. 3, p. 374–380, 2015.
164. REID, K. F.; FIELDING, R. A. Skeletal Muscle Power: A Critical Determinant of Physical Functioning in Older Adults. **Exerc Sport Sci Rev**, v. 40, n. 1, p. 4–12, 2012.
165. RICHARDSON, D. L. et al. Effects of movement velocity and training frequency of resistance exercise on functional performance in older adults: a randomised controlled trial. **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 2, p. 239–246, 2018.
166. ROSENBERG, I. H. Summary comments. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 50, n. 5, p. 1231–1233, 1989.
167. SAMSON, M. et al. Relationships between physical performance measures, age,

height and body weight in healthy adults. **Age and Ageing**, v. 29, n. 3, p. 235–242, 2000.

168. SAYERS, S. P. et al. Changes in function and disability after resistance training: does velocity matter?: a pilot study. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 82, n. 8, p. 605–613, 2003.
169. SAYERS, S. P. et al. Use of self-report to predict ability to walk 400 meters in mobility-limited older adults. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 52, n. 12, p. 2099–2103, 2004.
170. SAYERS, S. P. High-speed power training: a novel approach to resistance training in older men and women. A brief review and pilot study. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 518–526, 2007.
171. SAYERS, S. P.; GIBSON, K. A Comparison of High-Speed Power Training and Traditional Slow-Speed Resistance Training in Older Men and Women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 12, p. 3369–3380, 2010.
172. SAYERS, S. P.; GIBSON, K. Effects of high-speed power training on muscle performance and braking speed in older adults. **Journal of Aging Research**, v. 2012, p. 426278, 2012.
173. SAYERS, S. P.; GIBSON, K. High-speed power training in older adults: a shift of the external resistance at which peak power is produced. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 3, p. 616–621, mar. 2014.
174. SCHAAP, L. A.; KOSTER, A.; VISSER, M. Adiposity, muscle mass, and muscle strength in relation to functional decline in older persons. **Epidemiologic Reviews**, v. 35, n. 1, p. 51–65, 2013.
175. SCHAUN, G. Z. et al. Neuromuscular Adaptations to Sixteen Weeks of Whole-Body High-Intensity Interval Training Compared to Ergometer-Based Interval and Continuous Training. **Journal of Sports Sciences**, 2019. [no prelo]
176. SIGNORILE, J. F. et al. Differential increases in average isokinetic power by specific muscle groups of older women due to variations in training and testing. **The Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 57, n. 10, p. M683-90, 2002.
177. SKELTON, D. A. et al. Strength, Power and Related Functional Ability of Healthy People Aged 65–89 Years. **Age and Ageing**, v. 23, n. 5, p. 371–377, 1994.
178. SKELTON, D. A.; KENNEDY, J.; RUTHERFORD, O. M. Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. **Age and Ageing**, v. 31, n. 2, p. 119–125, 2002.
179. SRIKANTHAN, P.; KARLAMANGLA, A. S. Muscle mass index as a predictor of longevity in older adults. **American Journal of Medicine**, v. 127, n. 6, p. 547–553, 2014.

180. STEIB, S.; SCHOENE, D.; PFEIFER, K. Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 5, p. 902–914, 2010.
181. STENROTH, L. et al. Plantarflexor muscle-tendon properties are associated with mobility in healthy older adults. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 70, n. 8, p. 996–1002, 2015.
182. STESSMAN, J. et al. Handgrip Strength in Old and Very Old Adults: Mood, Cognition, Function, and Mortality. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 65, n. 3, p. 526–532, 2017.
183. STRAIGHT, C. R. et al. Comparison of laboratory- and field-based estimates of muscle quality for predicting physical function in older women. **Journal of Aging Research and Clinical Practice**, v. 2, n. 3, p. 276–279, 2013.
184. STRAIGHT, C. R. et al. Effects of Resistance Training on Lower-Extremity Muscle Power in Middle-Aged and Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **Sports Medicine**, v. 46, n. 3, p. 353–364, 2016.
185. STRAIGHT, C. R.; BRADY, A. O.; EVANS, E. M. Muscle Quality in Older Adults. **American Journal of Lifestyle Medicine**, v. 9, n. 2, p. 130–136, 2013.
186. STUDENSKI, S. et al. Gait Speed and Survival in Older Adults. **JAMA: The Journal of the American Medical Association**, v. 305, n. 1, p. 50–58, 2011.
187. SURAKKA, J. et al. Feasibility of power-type strength training for middle aged men and women: self-perception, musculoskeletal symptoms, and injury rates. **British Journal of Sports Medicine**, v. 37, p. 131–136, 2003.
188. SUZUKI, T.; BEAN, J. F.; FIELDING, R. A. Muscle Power of the Ankle Flexors Predicts Functional Performance in Community-Dwelling Older Women. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 49, p. 1161–1167, 2001.
189. TAN, Q. L. L. et al. Feasibility of a community-based Functional Power Training program for older adults. **Clinical Interventions in Aging**, v. 13, p. 309–316, 2018.
190. TIGGEMANN, C. L. et al. Effect of traditional resistance and power training using rated perceived exertion for enhancement of muscle strength, power, and functional performance. **Age**, v. 38, n. 2, p. 42, 2016.
191. TOMBAUGH, T. N.; MCINTYRE, N. J. The Mini-Mental State Examination: a comprehensive review. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 40, p. 922–935, 1992.
192. TSCHOPP, M.; SATTELMAYER, M. K.; HILFIKER, R. Is power training or conventional resistance training better for function in elderly persons? A meta-analysis. **Age and Ageing**, v. 40, n. 5, p. 549–556, 2011.
193. UEMATSU, A. et al. A behavioral mechanism of how increases in leg strength improve old adults' gait speed. **PLoS ONE**, v. 9, n. 10, p. 1–7, 2014.

194. UEMATSU, A. et al. Lower extremity power training improves healthy old adults' gait biomechanics. **Gait and Posture**, v. 62, p. 303–310, 2018.
195. VASUNILASHORN, S. et al. Use of the short physical performance battery score to predict loss of ability to walk 400 meters: Analysis from the InCHIANTI study. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 64, n. 2, p. 223–229, 2009.
196. VERBRUGGE, L. M.; JETTE, A. M. The disablement process. **Social Science and Medicine**, v. 38, n. 1, p. 1–14, 1994.
197. VISSER, M. et al. Leg Muscle Mass and Composition in Relation to Lower Extremity Performance in Men and Women Aged 70 to 79: The Health, Aging and Body Composition Study. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 50, p. 897–904, 2002.
198. VISSER, M. et al. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 60, n. 3, p. 324–333, 2005.
199. WEBBER, S. C.; PORTER, M. M. Effects of ankle power training on movement time in mobility-impaired older women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 7, p. 1233–1240, jul. 2010.
200. WHO, *World Health Organization*. **World report on ageing and health**. 2015.
201. WHO, *World Health Organization*. **Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases** World Health Organization. 2013.
202. WILHELM, E. N. et al. Relationship between quadriceps femoris echo intensity, muscle power, and functional capacity of older men. **Age**, v. 36, n. 3, p. 1113–1122, 2014.
203. YATES, T. et al. Association of walking pace and handgrip strength with all-cause, cardiovascular, and cancer mortality: A UK Biobank observational study. **European Heart Journal**, v. 38, n. 43, p. 3232–3240, 2017.
204. ZECH, A. et al. Residual effects of muscle strength and muscle power training and detraining on physical function in community-dwelling prefrail older adults: a randomized controlled trial. **BMC geriatrics**, v. 12, p. 68, 2012.

RELATÓRIO DE CAMPO

O projeto de pesquisa qualificado em abril de 2019 descreve um estudo experimental que tinha como objetivo identificar os efeitos de um programa de treino de potência em desfechos neuromusculares, morfológicos e de desempenho funcional em adultos de meia-idade, idosos e idosos com limitação de mobilidade. Conforme será descrito no presente relatório, o projeto foi realizado conforme proposto. No entanto, a oportunidade de realização de estágio de doutoramento-sanduíche na *The University of Alabama at Birmingham* (EUA), juntamente com a pandemia de COVID-19, fizeram com que o cronograma necessitasse ser reajustado, assim como os produtos principais advindos da tese. A seguir, descrevo os principais eventos relacionados ao projeto em ordem temporal.

Conforme mencionado, a qualificação do projeto foi realizada em abril de 2019 e, após a aprovação do mesmo, o período de recrutamento iniciou-se à partir de 15 de maio de 2019. Esse processo foi realizado prioritariamente de modo online, através da divulgação de material (anexo VI) em redes sociais (e.g., Facebook e Instagram) e através da publicação de matéria sobre o tema em parceria com o Diário Popular, jornal impresso de maior circulação da cidade de Pelotas (anexo VII). A publicação do jornal foi essencial para o recrutamento dos grupos de meia-idade e de idosos, porém o recrutamento do terceiro grupo não ocorreu conforme esperado. Através do contato de um dos membros da nossa equipe, nos reunimos com a então secretária de saúde da cidade para discutirmos possibilidades de alcançarmos esses indivíduos com limitação de mobilidade. Tendo em vista a localização geográfica da Escola e a dificuldade de acesso à ela, a sugestão obtida foi a divulgação da pesquisa no entorno da Escola Superior de Educação Física, visto que é uma região composta por moradores majoritariamente idosos. Flyers foram confeccionados com base no mesmo material divulgado online e distribuídos nas casas das regiões próximas à faculdade. Apesar disso, não conseguimos alcançar o tamanho amostral pretendido e, por essa razão, previmos a realização de uma nova onda de recrutamento específica para esses participantes após meu retorno do período de doutorado sanduíche, descrito em detalhes mais adiante. A implementação dessa onda, entretando, foi posteriormente impossibilitada pela pandemia do novo coronavírus (COVID-19) e as medidas adotadas pela UFPel e é a razão pela qual apresentamos os resultados desse grupo com um tamanho amostral menor que o pretendido.

Em 17 de junho de 2019 foi iniciado a primeira bateria de testes do período controle, os quais foram realizados em dois dias conforme detalhado no artigo 2 da presente tese. As coletas foram organizadas de acordo com a ordem de recrutamento e divididas em aproximadamente quatro ondas de coletas. A realização adequada das coletas só pôde ser alcançada através da colaboração de um grupo extenso de alunos, sendo eles 6 alunos de doutorado, 2 alunos de mestrado e 1 aluno de graduação, além do auxílio de mais 4 alunas de iniciação científica. Além disso, diferente do proposto no projeto inicial e com base na sugestão do Prof. Dr. Eduardo Cadore durante a banca de qualificação, optamos pela aquisição do sistema Chronojump® para realização das medidas de potência muscular.

Após os testes do momento pré-intervenção, teve início o programa de treino dos participantes entre os dias 22 e 23 de julho de 2019. Essa atividade contou com a participação de 12 alunos, sendo 1 aluno de doutorado, 1 aluno de mestrado e 10 alunos de graduação, dos quais 5 eram bolsistas e 5 voluntários, responsáveis pelo acompanhamento das sessões de treino e orientação dos participantes. De modo geral o programa de treino se mostrou seguro e poucos eventos adversos foram registrados (ver material suplementar do artigo 2). Com relação ao protocolo proposto no momento da qualificação, duas alterações foram realizadas. Primeiro, por sugestão da própria banca a carga utilizada no segundo dia de treino foi alterada de 70% de 1RM para 60% de 1RM e as séries com carga de 20% de 1RM foram retiradas da progressão de treino (ver Projeto de Pesquisa). Segundo, por problemas técnicos do equipamento de flexão de joelho detectados durante o processo de familiarização dos participantes e pela impossibilidade de substituição do mesmo, optou-se por retirar esse exercício do programa de treino.

Da mesma forma que os testes prévios à intervenção, os testes pós foram realizados de acordo com o inicialmente pretendido no período entre os dias 14 de outubro e 11 de dezembro. No dia 13 de dezembro foi realizada uma confraternização entre os participantes da pesquisa e os membros do laboratório (Anexo VIII), onde todos os participantes foram convidados para participar e na qual foi apresentado a eles uma análise parcial dos principais achados da pesquisa em linguagem não técnica e com a intenção de orientá-los à manterem um estilo de vida ativo. Especificamente, foram apresentados dados de potência, força e desempenho funcional, enfatizando os efeitos

positivos da intervenção realizada, a capacidade dos mesmos em responderem ao treino e a importância desses resultados para a saúde e independência dos mesmos. Ainda, foi oportunizado um espaço para que os participantes pudessem apresentar relatos sobre a intervenção e a experiência de participar da pesquisa. Esse momento foi bastante emocionante para nós e evidenciou que existem mudanças na vida desses indivíduos que artigos nem sempre conseguem demonstrar. Me lembro de um dos participantes do grupo com limitação de mobilidade nos mostrando movimentos que antes não conseguia realizar e dançando com as professoras do projeto. São momentos como esse que fazem tudo valer a pena.

Apenas dois dias após o encerramento das atividades, isto é, em 15 de dezembro de 2019, me dirigi para a *The University of Alabama at Birmingham* em Birmingham (UAB), AL para a realização de estágio de doutoramento-sanduíche sob a orientação do professor Dr. Marcos M. Bamman, então diretor do *Center for Exercise Medicine*, com bolsa oriunda do programa CAPES-PrInt. O *Center for Exercise Medicine* da UAB, vinculado à escola de Medicina, representa uma referência em pesquisa interdisciplinar baseada em exercício. Atualmente recebe financiamento de diferentes órgãos, incluindo o National Institute of Health (NIH), o departamento de defesa (DoD), além de financiamento da própria instituição para realização de diferentes ensaios clínicos randomizados multicêntricos, alguns dos quais serão mencionados posteriormente. A proposta inicial era a de colaboração entre os dois laboratórios para a análise dos dados e a escrita dos artigos produtos da tese em questão, além da experimentação por minha parte das técnicas e análises realizadas pelo grupo do Dr. Bamman, com enfoque nas técnicas de biologia molecular.

Contudo, em decorrência da pandemia de COVID-19, a UAB, assim como a própria UFPel, foi obrigada a aderir às medidas de segurança, as quais incluíram a interrupção dos ensaios clínicos e suas avaliações correspondentes, assim como a implementação de um limite (~50%) de membros da equipe nas atividades clínicas e laboratoriais. Tais decisões, apesar de necessárias, acabaram por prejudicar a realização de diversas das atividades planejadas e, portanto, foi necessária uma adaptação às possibilidades disponíveis dentro do contexto da COVID-19. Nesse sentido, foi acordado entre os orientadores que o meu direcionamento seria para a aquisição das técnicas de biologia molecular, também foco de pesquisa do laboratório,

as quais têm sido bastante utilizadas na investigação dos efeitos do exercício em diversas populações como as de interesse em minha tese. Essa decisão se deu com base na possibilidade de utilização de materiais (i.e., tecidos) já coletados e armazenados no UCEM, assim como na possibilidade de prática com número reduzido de colegas/mentores envolvidos e, portanto, redução da exposição dentro do ambiente laboratorial. Apesar de todas essas barreiras e algumas ideias frustradas, consegui ser exposto a diversas novas técnicas. Conforme sugestão do Dr. Bamman, o processo iniciou pelas técnicas de imunohistoquímica, com destaque para a aquisição e processamento das amostras de biópsia muscular e sua coloração para identificação de diferentes tipos de fibra, de capilares, mionúcleos e células-satélite. Após isso, passamos à prática das técnicas de isolamento/extração de RNA e proteína, assim como suas quantificações, seu controle de qualidade e emprego das técnicas de reação em cadeia da polimerase em tempo real (RT-qPCR) e de Western blotting por capilar. Ainda tive a oportunidade de acompanhar, apesar de não ter praticado, técnicas relacionadas com biópsia de tecido adiposo, extração e processamento de microRNAs, cultura de células, entre outras.

A partir do conhecimento estabelecido e tendo em vista a importância da massa muscular para a população idosa, também tive a oportunidade de propor um projeto para meu mentor com base em dados do estudo STRIVE II, um ensaio clínico randomizado que objetivou investigar o efeito de diferentes modelos de treino resistido para maximizar mecanismos de hipertrofia muscular e combater a sarcopenia em idosos. Especificamente, o estudo avaliou os efeitos de quatro protocolos: HH, HL, HHH e HLH, com duas (HH, HL) e três sessões semanais (HHH, HLH) incluindo sessões de alta (H) e baixa (L) intensidade, esta última realizada de modo muito semelhante ao treino de potência empregado em minha tese. Minha proposta busca, de modo geral, investigar os efeitos do volume de treino nas respostas de biogênese ribossomal a partir da investigação da expressão de diferentes genes relacionados a esse processo, assim como da associação dessas respostas com marcadores de hipertrofia. O projeto se encontra em andamento e os dados da primeira parte estão atualmente sendo analisados. A proposta atual é de, caso os resultados observados confirmem nossa hipótese de relação entre volume de treino e biogênese ribossomal com as respostas de hipertrofia, realizarmos experimentos adicionais a partir da determinação da concentração de proteínas, confirmando os achados à nível de expressão gênica.

Além do projeto acima mencionado, próximo ao fim do período de estágio também tive a possibilidade de me envolver com a prescrição das sessões de treino de outro ensaio clínico, o *Precision High-Intensity Training Through Epigenetics* (PHITE), estudo financiado pelo DoD para explorar o link entre o exercício físico e mecanismos epigenéticos. Também pude acompanhar a organização e planejamento de outro estudo multicêntrico em andamento chamado *Molecular Transducers of Physical Activity Consortium* (MoTrPAC). O MoTrPAC é um consórcio de pesquisa nacional nos Estados Unidos que busca(rá) avaliar as mudanças moleculares que ocorrem em resposta ao exercício físico em diversos modelos, tanto humanos (crianças, adultos e idosos, n=~2600), assim com em modelo animal (ratos, n=820) e em diferentes modelos de exercício (aeróbio, resistido e “não-exercício”) e aptidão (sedentários e altamente ativos) com base em diversos tipos de tecido (músculoesquelético, gordura e sangue em humanos; 19+ “*biospecimens*” em ratos) e conta com financiamento de mais de 200 milhões de dólares do NIH para sua realização. Em outras palavras, o estudo corresponde, até o presente momento, na mais ampla iniciativa de mapear as respostas dinâmicas do exercício, contando com a colaboração de mais de 20 universidades e institutos de pesquisa de renome. Apesar de meu envolvimento ter sido tangencial visto meu retorno ao Brasil, a possibilidade de acompanhar o planejamento de um estudo dessa magnitude logística se traduziu em uma experiência válida e única.

Junto das oportunidades mencionadas anteriormente, uma porção considerável de meu tempo no sanduíche foi destinada a colaborar com ambos meus orientadores para análise dos dados provenientes da minha tese de doutorado. Essa colaboração resultou, até então, na redação de três artigos. O primeiro, intitulado “*Maximal Oxygen Uptake Is Underestimated during Incremental Testing in Hypertensive Older Adults: Findings from the HAEL Study*” se encontra publicado na revista *Medicine & Science in Sports & Exercise*. O segundo artigo, intitulado “*High-velocity resistance training as a tool to improve functional performance and muscle power in older adults*” se encontra publicado na revista *Experimental Gerontology* e representa o Estudo 1 da presente tese. O artigo corresponde a uma revisão narrativa e analisa os efeitos do treino de potência em indivíduos idosos saudáveis e com limitações de mobilidade, além de apresentar um apanhado dos principais efeitos do envelhecimento neuromuscular, com ênfase na potência muscular, na capacidade funcional desses indivíduos. O terceiro

artigo, intitulado “*High-velocity resistance training mitigates physiological and functional impairments in middle-aged and older adults with and without mobility-limitation*” por sua vez, representa o Estudo 2 desta tese e apresenta os principais resultados provenientes da intervenção aplicada. Nela são apresentados os dados dos principais desfechos neuromusculares, morfológicos e de capacidade funcional, os quais são acompanhados por um extenso conjunto de materiais suplementares. Após parecer bastante favorável, esse artigo está atualmente na segunda rodada da revisão por pares na revista *GeroScience (AGE)* e nossa expectativa é de que seja aprovado dentro das próximas semanas.

Além destes, mais oito artigos estão planejados para serem redigidos com base nos dados provenientes da atual pesquisa. Destes, quatro se encontram em processo de preparação e/ou análise de dados. São eles, (i) meta-análise com o objetivo de avaliar o efeito do treino de potência na capacidade funcional e potência muscular em comparação à condição sem exercício e ao treino de força tradicional (CRD42021260872); (ii) estudo de correlação entre os desfechos funcionais e demais desfechos analisados, resultado da união dos artigos 1 e 3 propostos no projeto de pesquisa inicial; (iii) análise de confiabilidade teste-reteste com base nos dados do período controle; e (iv) estudo dos efeitos do treino de potência na função cognitiva de adultos de meia-idade e idosos com e sem limitação na mobilidade, realizado em parceria com o Grupo de Estudos em Fisiologia do Exercício da ESEF/UFPel. Este último aguarda aceite do artigo principal da tese para poder ser submetido para publicação. Os outros quatro estudos pretendidos estão relacionados com (v) análise de desfechos secundários da tese; (vi) análise específica das adaptações na relação força-velocidade e/ou carga-velocidade em parceria com pesquisadores da *Universidad de Castilla-La Mancha*; (vii) análise de dados de potência coletados durante as sessões de treino; e (viii) comparação do uso das médias e da análise por bandas da eco intensidade para avaliação dos efeitos de treino.

Somados aos artigos oriundos da tese, diversos outros trabalhos foram produzidos com base na presente tese. Entre eles, destaco o trabalho oral aceito para apresentação no 2020 *American College of Sports Medicine Annual Meeting*, intitulado “*High-velocity Resistance Training Improves Power Output Across the Entire 1RM Percentage Spectrum in Elderly Individuals*” (Abstract #1340, *Med Sci Sports Exerc*,

52(7S):352-353, 2020). Esses trabalhos oportunizaram com que alunos de graduação que auxiliaram no acompanhamento das sessões de treino pudessem experienciar a apresentação de trabalho acadêmico através de cinco pôsteres apresentados no 38º Simpósio Nacional de Educação Física, além de dois trabalhos que ainda serão apresentados por bolsistas do nosso grupo no Congresso de Iniciação Científica e um trabalho apresentado por mim no Encontro de Pós-Graduação do VII SIIPE da UFPel. Um último trabalho também foi submetido para a categoria Destaque Científico do VIII Congresso Brasileiro de Metabolismo, Nutrição e Exercício que ocorrerá em novembro de 2021 e atualmente aguarda parecer do do comitê científico do evento.

A participação nas atividades acima citadas ao longo de meu doutoramento propiciaram um ambiente de formação rico, em que também tive oportunidade de co-orientar bolsistas de Iniciação Científica e trabalhos de conclusão de curso, pelo menos nos últimos 2 anos. Ainda, também tive a oportunidade de me envolver na elaboração de projetos de fomento e, inclusive, obter a aprovação de financiamento para meu estudo de doutorado através do edital “Pesquisador Gaúcho” da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do SUL (FAPERGS) - Código de Financiamento 19/2551-0001979-3, concedido à professora Dra. Stephanie Santana Pinto.

A seguir passamos à apresentação dos artigos referentes à presente tese.

ARTIGO 1

Artigo intitulado “**High-velocity resistance training as a tool to improve functional performance and muscle power in older adults**”, aceito para publicação no periódico *Experimental Gerontology*.

Artigo aceito em 08/10/2021.

High-velocity resistance training as a tool to improve functional performance and muscle power in older adults

Gustavo Z. Schaun^{1,2}, Marcos M. Bamman^{2,3}, Cristine L. Alberton¹

¹Neuromuscular Assessment Laboratory, Physical Education School, Federal University of Pelotas, Pelotas, RS, Brazil.

²UAB Center for Exercise Medicine, University of Alabama at Birmingham, Birmingham, AL.

³Florida Institute for Human and Machine Cognition, Pensacola, FL.

Corresponding author

Gustavo Z. Schaun

E-mail: gustavoschaun@hotmail.com

Tel: +55 53 3273-2752

Address: Rua Luís de Camões, 625; Tablada, Pelotas-RS, Brazil. 96055-630.

ORCID

Gustavo Z. Schaun: 0000-0003-3339-714X

Marcos M. Bamman: 0000-0002-5017-5453

Cristine L. Alberton: 0000-0002-5258-9406

Running heading: High-velocity resistance training as a tool to counteract aging

Funding

This study was financed in part by the Fundação de Amparo à Pesquisa do estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), Brazil – 19/2551-0001979-3

Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Author's contribution

Gustavo Z. Schaun: Conceptualization, Methodology, Writing – Original Draft; Cristine L. Alberton: Conceptualization, Methodology, Writing – Review & Editing, Supervision;

Marcas M. Bamman: Conceptualization, Writing – Review & Editing, Supervision. All authors read and approved the final manuscript.

Data availability

All data pertinent to the present review is included in the manuscript.

Abstract

The aging process results in several physiological impairments that, in turn, may predispose older individuals to a series of restrictions on their functional capacity. These impairments are important to understand so that suitable conditions for healthier aging can be pursued. In this review, we first summarize the effects of aging on the neuromuscular system, as well as on the relation between the main age-associated physiological impairments and functional performance with an emphasis on muscle power output. We then proceed to discuss the effects of resistance training, specifically high-velocity resistance training (HVRT), on the aforementioned neuromuscular impairments, and on functional performance in healthy and mobility-limited older adults. Collectively, available evidence suggests that HVRT seems to be a safe and effective intervention for improving muscle power, functional performance, and mobility of older individuals. It also seems that mobility-limited older adults may improve power and functional performance to a greater extent than their healthy counterparts after HVRT, which is in line with the principle of diminishing returns. Considering that only a very limited number of investigations directly compared the effects of HVRT in more than one of the aforementioned groups, studies comparing the adaptations to HVRT of middle-aged adults and older adults with distinct functional capacities would be valuable to determine whether there are differences in neuromuscular adaptations, functional performance, and functional reserve among these groups.

Key words: exercise; resistance training; power training; function; aged

Highlights

- Aging negatively impacts the neuromuscular system, which, in turn, may impair older adults' functional capacity and put these individuals at greater risk for limitations in mobility, independence, and even disability.
- Of these, reductions observed in muscle power seem to have an important influence on the performance of tasks related to the daily life of older adults.
- High-velocity resistance training is highly recommended for older adults and results in considerable muscle power and physical function improvements.
- These benefits may be achieved using only low to moderate loads (40-60% 1RM), which may be advantageous for naïve exercisers and those with greater limitations, such as mobility-limited older adults.
- Investigations directly comparing high-velocity resistance training adaptations between different groups (e.g., middle-aged adults and older adults with and without mobility limitations) are lacking, which makes it difficult to compare how these individuals respond to exercise and, most importantly, whether the mechanisms behind these adaptations are similar.

1. Introduction

The world's population aging rate is increasing in both absolute and relative terms (World Health Organization, 2015). According to estimates from the World Health Organization, in 2015 there were approximately 900 million people aged 60 and over, and that number is expected to reach the 2 billion mark by 2050 (World Health Organization, 2015). Except for the African continent, this means approximately a quarter of the remaining worldwide population will be over 60 years old. Far beyond a simple demographic transition, population aging results in a heavy economic and health burden on society (Janssen et al., 2004), as aging is an important risk factor for the development of chronic, non-communicable diseases, which are collectively responsible for almost 70% of deaths worldwide (World Health Organization, 2013). More recently, the coronavirus pandemic posed a major threat to older individuals and those with chronic diseases, considered as a high-risk group and most vulnerable to the disease (Williamson et al., 2020). In all these cases, the increase in risk stems from a myriad of physiological processes that occur during aging. Ultimately, these processes are important to understand so that suitable conditions for healthier aging can be pursued. In this review, we focus on neuromuscular aging and functional consequences. We first summarize the effects of aging on the neuromuscular system, and the relation between age-associated physiological impairments and functional performance with an emphasis on muscle power output. We then discuss the effects of resistance training, specifically high-velocity resistance training (HVRT), on the aforementioned neuromuscular impairments and functional performance in healthy and mobility-limited older adults.

2. Aging and its effects on the neuromuscular system

Aging can, from a biological perspective, be defined as the result of the cumulative impact of a wide variety of molecular and cellular damage over time (Fragala, 2015a; World Health Organization, 2015). This process results in the natural deterioration of several body systems, such as the neuromuscular, cardiovascular, respiratory and bone systems (Hunter et al., 2016; Jakovljevic, 2018; Powers and Howley, 2018; Roberts et al., 2016; Roman et al., 2016; van den Beld et al., 2018). Although relevant, addressing all these systems is outside the scope of the present review and, therefore, only the main physiological changes related to the neuromuscular system are highlighted.

From the fifth decade of life and more significantly from the age of 60 onwards there is a considerable loss of muscle mass (Aoyagi and Shephard, 1992), classically termed sarcopenia (Rosenberg, 1989). This reduction seems to be linked to decreases in both the total number of muscle fibers (Lexell et al., 1988, 1986, 1983; Roberts et al., 2018), and the size of type II fibers (Hepple, 2018; Hepple and Rice, 2016; Nilwik et al., 2013; Piasecki et al., 2018; Roberts et al., 2018). The reduction in muscle strength is also a hallmark of aging, being considered for a long time as a direct result of the loss of muscle mass. Nevertheless, it is now well established that the annual reduction in muscle strength is more pronounced than that of muscle mass (~ 3% vs. 1%) (Goodpaster et al., 2006; Mitchell et al., 2012), indicating age-related declines in muscle strength are multifactorial and only partially driven by muscle atrophy.

In fact, the complex etiology, with overlapping and interdependent mechanisms, hinders a definitive understanding of the processes behind the losses of muscle mass and strength. Yet, some mechanisms are suggested to be important in the development of these phenotypes, such as neural changes and reductions in protein synthesis (Dobrowolny et al., 2021; Graham et al., 2021; Lavin et al., 2019). The progressive loss of alpha motoneurons leads to denervation of the fibers innervated by it and predisposes them to apoptosis. In order to combat these events, aging muscle goes through extensive motor unit remodeling where adjacent motor neurons begin to innervate these fibers, expanding the size of individual motor units (Piasecki et al., 2018). The success of this process, known as the denervation-reinnervation cycle, contributes to the reduction of atrophy and progression of sarcopenia. However, at older ages there seems to be a compromise in this reinnervation process (Deschenes, 2011; Dobrowolny et al., 2021; Kung et al., 2014; Mitchell et al., 2012; Piasecki et al., 2018). Even when successful, denervation-related motor unit remodeling also tends to lead to the clustering of type I fibers, known as myofiber grouping, which is related to disrupted motor unit recruitment (Kelly et al., 2018). The loss of motor neurons also lowers the number of motor units; thus a greater proportion of myofibers will be activated at any given intensity (Graham et al., 2021).

Furthermore, there also appears to be a reduction in neuromuscular activation of agonist muscles (Kelly et al., 2018; Reid et al., 2014; Reid and Fielding, 2012). That is, an impairment in the process by which the nervous system produces muscle strength

through the recruitment and firing frequency of the motor units, often accompanied by an increase in co-activation of the antagonistic muscles (Clark et al., 2010; Clark and Fielding, 2012; K. Häkkinen et al., 1998). As for the muscle itself, there seems to be a reduction in muscle quality, usually related to an increase in the infiltration of fat and non-contractile fibrous tissue in the skeletal muscle, which is negatively associated with strength production and movement velocity in older individuals (Fukumoto et al., 2012). For these and countless other factors, what is observed is a slower contractile phenotype in these individuals (Leyva et al., 2016; Reid et al., 2014). Accordingly, previous studies have shown a reduction in movement velocity in older versus younger adults (De Vito et al., 1998; Leyva et al., 2016; Raj et al., 2010) and in healthy versus mobility-limited older adults (Reid et al., 2014).

Considering its direct relationship with strength and movement velocity, it is expected that muscle power (i.e., the amount of work done in a given time interval) will also be affected. In fact, both cross-sectional and longitudinal studies have observed lower muscle power outputs in older individuals (Izquierdo et al., 1999; Leyva et al., 2016; McNeil et al., 2007; Metter et al., 1997; Reid et al., 2014; Roberts et al., 2018; Skelton et al., 1994). In addition, when compared to strength, power seems to decline earlier and at higher rates (~2x more) with advancing age (Kennis et al., 2014; Skelton et al., 1994). Analysis of knee extension power output in 357 men and women aged 18 to 80 years identified that reductions begin between the fourth and fifth decade of life and are more severe when analyzed at higher movement velocities (Leyva et al., 2016). A recent longitudinal study (Kennis et al., 2014) measured isometric and dynamic strength, muscle quality and power output of 105 men aged between 45 and 49 years, who were assessed again 10 years later. The authors identified a reduction in strength measurements close to 1% per year and almost 2% in power output and muscle quality, supporting the results observed by Leyva et al. (Leyva et al., 2016).

Collectively, these and other physiological and structural changes that occur during aging impact, for example, the performance of activities of daily living and the mobility of these older individuals (Reid and Fielding, 2012; Visser et al., 2005). These impairments can also lead to limitations, impairments in functional performance, loss of independence, disability and, eventually, death (e.g., Brown et al., 2016; Guralnik et al., 1995; Newman et al., 2006; Srikanthan and Karlamangla, 2014). The main challenge is, therefore, to

make these losses “as close as possible to rectangular so that the function is maintained to the extent possible throughout the lifespan” (Rosenberg, 1989).

3. Neuromuscular aging and functional performance

The disablement process model suggests that both acute and chronic conditions lead to impairment or dysfunction in specific body systems. These impairments lead to limitations in the functions of the system or organism and, consequently, preclude it to act in the necessary or expected way (Verbrugge and Jette, 1994). Through this prism, we can view the aging process as a condition that results in several physiological impairments that, in turn, predispose older individuals to a series of restrictions on their functional capacity (Figure 1). Thus, the ability to perform activities such as climbing stairs, getting up from a chair or walking becomes impaired until, in some cases, they are no longer able to perform them (Reid and Fielding, 2012). Maintenance of functional performance is, therefore, important for the preservation of mobility, independence and performance of activities of daily living (Guralnik et al., 2000).

3.1 Muscle mass and strength

Based on this premise several studies in the last decades have sought to identify the main physiological impairments most strongly associated with functional performance in older individuals (Byrne et al., 2016). Associations between muscle mass and functional performance were observed (Casas-Herrero et al., 2013; Newman et al., 2003; Reid et al., 2008; Visser et al., 2002), however, there is evidence to suggest that this association appears to be, at least in part, dependent or mediated by muscle strength in the healthy elderly population (Visser et al., 2005). Likewise, meta-analysis of prospective studies did not find a significant relationship between lower muscle mass and higher risk of functional decline in adults over 55 years (Schaap et al., 2013). On the other hand, lower muscle strength significantly increased the risk of functional decline (OR = 1.86; 95% CI 1.32-2.64). In fact, the impact of muscle strength loss and its association with functional capacity seems well established (Bassey et al., 1988; Bean et al., 2003, 2002; Brown et al., 1995; Buchner et al., 1996; Casas-Herrero et al., 2013; Fiatarone et al., 1990; Lord et al., 2002).

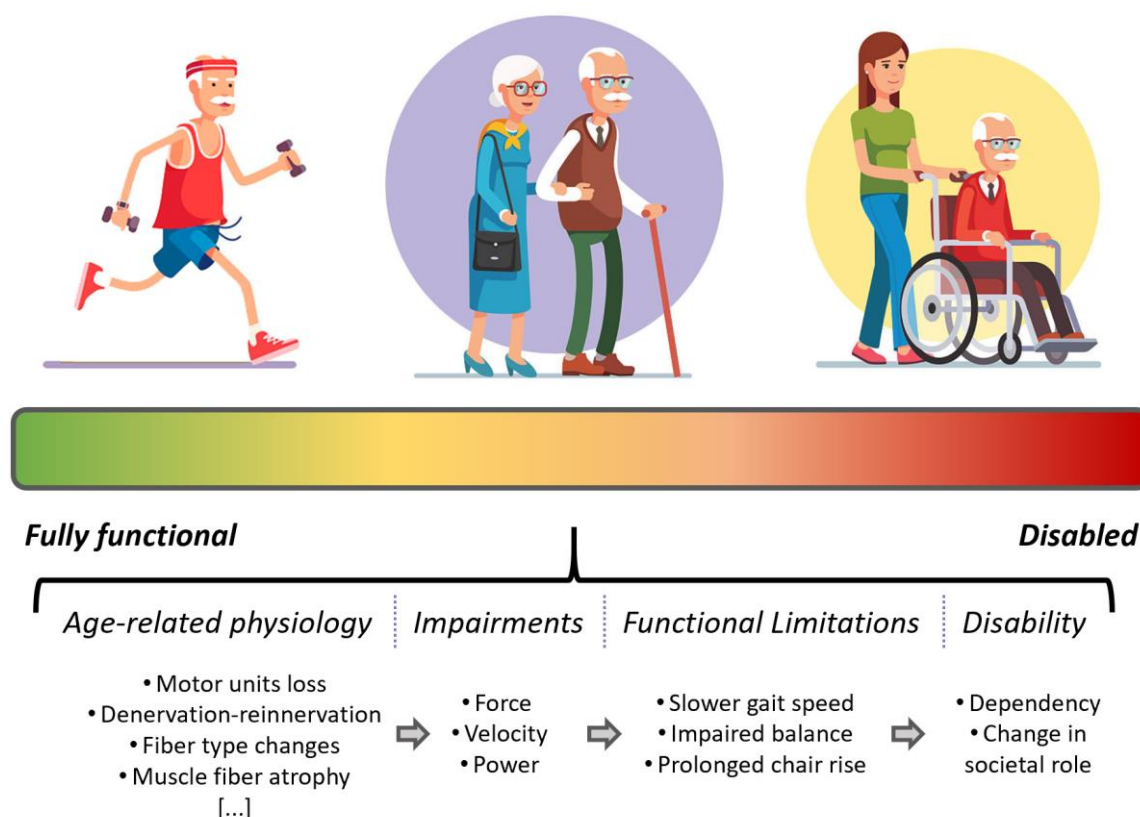


Fig. 1 Disablement process model applied to aging (Adapted from REID; FIELDING, 2012 with permission)

3.2 Muscle power

More recently, muscle power has been suggested as a determining factor for functional performance in this population (Reid and Fielding, 2012). As highlighted before, although strongly associated with strength, both do not represent the same phenomenon (Bean et al., 2002; Sayers, 2007), considering that power is determined by strength (i.e., the ability to exert force to overcome resistance), but also by movement velocity (i.e., $\text{power} = \text{force} \times \text{velocity}$). The relationship between power and functional performance is observed in different groups of older individuals, from those apparently healthy (Kozakai et al., 2000; Larsen et al., 2009; Petrella et al., 2004; Samson et al., 2000; Skelton et al., 1994) and with limited mobility (Bean et al., 2002; Foldvari et al., 2000; Suzuki et al., 2001) to those institutionalized and frail (Bassey et al., 1992; Casas-Herrero et al., 2013; Cl  men  on et al., 2008). The reduction in muscle power with aging is also associated with a reduction in mobility (Bassey et al., 1992; Bean et al., 2003, 2002) and an increase in the incidence of falls (Casas-Herrero et al., 2013; Skelton et al., 2002).

Among the first studies to investigate this relationship in healthy older adults, Skelton et al. (Skelton et al., 1994) identified negative correlations between lower limb muscle power and chair rise time ($r = -0.38$ to -0.56) in elderly men and women (65-89 years). Similar results had also been observed in institutionalized older adults (80-99 years) for the sit-to-stand ($r = 0.65$), stair climb ($r = 0.81$) and habitual gait speed tests ($r = 0.80$) (Bassey et al., 1992). The difference in the direction of the associations between the two studies is because while Skelton et al. used the time to perform the tests, Bassey et al. used the actual speed to get up from the chair. These results were confirmed and positive associations were also observed between lower limb muscle power and gait speed ($r = 0.38$ - 0.62) in middle-aged and older adults (Casas-Herrero et al., 2013; Kozakai et al., 2000; Rantanen and Avela, 1997) and in different functional tests, such as the Short Physical Performance Battery (SPPB) (Bean et al., 2003, 2002), sit-to-stand (Carabello et al., 2010; Casas-Herrero et al., 2013; Suzuki et al., 2001), stair climb (Larsen et al., 2009; Suzuki et al., 2001), timed up and go (TUG) (Stenroth et al., 2015) and the 6-minute or 400 m walk tests (Marsh et al., 2006; Stenroth et al., 2015).

3.3 Muscle power or strength?

Clearly, both strength and power are important predictors of functional performance in these individuals (Byrne et al., 2016), however, is it possible that one is more associated than the other? The current literature seems to suggest that power is in fact more strongly associated with functional capacity than muscle strength (ACSM, 2009). Furthermore, power seems to be a better predictor of performance in tasks related to mobility and ambulation capacity (Bassey et al., 1992; Bean et al., 2003, 2002; Cuoco et al., 2004; Foldvari et al., 2000; Reid et al., 2014; Suzuki et al., 2001), explaining between 2-8% more of the variability in functional performance measured in a range of different tests (Bean et al., 2003), including in mobility-limited older adults (Bean et al., 2002). Corroborating these results, Cuoco et al. (Cuoco et al., 2004) observed higher coefficients of determination between power at 40% and 70% of 1RM and sit-to-stand ($R^2 = 0.12$ - 0.15 vs. 0.09), stair climb ($R^2 = 0.14$ - 0.18 vs. 0.10) and gait speed tests performance ($R^2 = 0.26$ - 0.35 vs. 0.07) when compared to muscle strength. Moreover, lower power levels are associated with a three times greater risk of impaired mobility than the risk related to lower muscle strength (Bean et al., 2010) and it is possible to observe

an improvement in physical functioning due to an increase in muscle power independent of changes in strength (Bean et al., 2010, 2002).

3.4 But which muscle power?

Although the importance of muscle power for functional performance is well established in the literature (Byrne et al., 2016; Orssatto et al., 2018; Reid and Fielding, 2012), the association between these two outcomes is likely influenced by different factors, such as the relative load at which power is measured. As an example, even though power measured at 40% and 70% of the one repetition maximum (1RM) load explained a portion of the variance in both the sit-to-stand ($R^2 = 0.28$ vs. 0.24) and stair climb ($R^2 = 0.42$ vs. 0.43) tests to a similar degree, power output at 40% explained a greater proportion of the variance in gait speed ($R^2 = 0.59$ vs. 0.51) when compared to the 70% load (Cuoco et al., 2004). A similar result was observed by Puthoff and Nielsen (Puthoff and Nielsen, 2007). Specifically, these authors observed that power at 40% 1RM explained a higher proportion of the variance in the gait speed test ($R^2 = 0.31$ vs. 0.24), while power at 90% explained a higher proportion of variance in the sit-to-stand test ($R^2 = 0.20$ vs. 0.34). But why?

A possible explanation may be related to the fact that different functional tasks, such as raising from a chair, walking down a hallway or quickly repositioning the lower limb after losing balance likely depend on different contributions from muscle power determinants, that is, strength and velocity (Byrne et al., 2016). The action of raising from a chair, for example, seems to require a higher percentage of the maximum knee extension torque (Hortobágyi et al., 2003), while the relative effort during walking has a lower demand (~30%) (Beijersbergen et al., 2013). Recovery after an imbalance or the act of quickly crossing an intersection also require lower percentages of maximal strength, but which need to be produced quickly (Sayers, 2007).

In addition to differences between functional tasks, aging may also predispose individuals to rely more or less on these aforementioned parameters. This notion was experimentally verified in middle-aged adults and older individuals with and without mobility limitations (Pojednic et al., 2012) by cross-sectionally looking into the inter-individual variation in muscle power that was explained by strength and movement velocity. It was shown that only strength significantly explained the variance in muscle

power in the middle-aged participants (partial $R^2 = 0.30$), whereas both strength and velocity contributed in healthy older adults (partial $R^2 = 0.36$ and 0.40) and only velocity explained muscle power in those with mobility limitations (partial $R^2 = 0.13$), suggesting that the importance of movement velocity for power production likely increases with advancing age or as functional performance decreases. More recently, Alcazar et al. (2018) divided a group of older adults aged 70 or over into strength and velocity tertiles. Those in the lowest strength or velocity tertiles had significantly lower power values compared to the remaining participants, but not between them, suggesting that the lower power output may occur due to deficits in strength for some older individuals and due to deficits in velocity in others. In fact, Alcazar et al. proposed that the results observed by Pojednic et al. (Pojednic et al., 2012) could indicate a higher prevalence of individuals with velocity deficits in the latter mobility-limited older adults' sample.

3.5 To muscle power and beyond (it)

It is important to note that, although muscle power explains between one third and half of the variance in several functional performance outcomes (Byrne et al., 2016), a portion of this variance still remains unexplained. Thus, other impairments related to the aging process, such as reductions in neuromuscular activation and muscle quality, also seem to be associated with functional performance in these individuals and could possibly explain an additional portion of this remaining variance (Clark et al., 2013, 2011; Lopez et al., 2017; Rech et al., 2014; Reid et al., 2014; Wilhelm et al., 2014).

According to Clark et al. (2011), few studies to date have investigated the association between impairments in neuromuscular activation and functional decline during aging. Among the studies identified, neuromuscular activation of the quadriceps muscles seems to be positively associated ($r = 0.56$) with SPPB scores in a joint analysis of older adults with and without mobility limitations (Clark et al., 2011), whereas significant associations were observed between the rate of increase in neuromuscular activation of the medial gastrocnemius and maximal gait speed ($r = 0.54$) in healthy older adults (Clark et al., 2013). Quadriceps neuromuscular activation also seems capable of differentiating older women with higher or lower habitual gait speed (Brach et al., 2001). Recently, however, we were unable to identify an association between quadriceps neuromuscular activation and SPPB performance in a sample of middle-aged and older adults with and without limitation (unpublished data), and even though neuromuscular activation was associated

with sit-to-stand performance, both strength and power were found to be more associated with the former ($r = 0.30$ vs. $r = 0.51$ to 0.66).

As for muscle quality, the literature seems to agree that it is reduced in older individuals when compared to their younger counterparts (Fragala et al., 2015; Chad R. Straight et al., 2013). That is true even though there is currently no consensus definition of muscle quality, so that different techniques and measures are applied (Fragala et al., 2015). Nevertheless, reductions in muscle quality are commonly related to an increase in intramuscular fat and connective tissue infiltration (Arts et al., 2010) and are also associated with an impairment in the capacity to produce both strength and power (Cadore et al., 2012; Fragala et al., 2015; Fukumoto et al., 2012; C R Straight et al., 2013; Chad R. Straight et al., 2013; Wilhelm et al., 2014). When it comes to functional performance, previous studies demonstrated significant correlations between quadriceps muscle quality, measured through ultrasound echo intensity values, and the performance in the sit-to-stand test in elderly men and women ($r = -0.502$ to -0.493) (Rech et al., 2014; Wilhelm et al., 2014). The same research group observed later that the quadriceps echo intensity values were also independent predictors of functional performance, explaining close to 30% of the variance in the sit-to-stand test in sedentary older men (Lopez et al., 2017). Muscle quality analyzes using computed tomography identified that lower signal attenuation values in the thigh muscles, indicative of lower density and greater intramuscular fat infiltration, were associated with worse performances in the gait speed and sit-to-stand tests in a sample of 3075 men and women aged 70 to 79 years (Visser et al., 2002). More importantly, these lower muscle quality results were also independent predictors of mobility limitations after a period of almost three years of follow-up in these same participants (Visser et al., 2005).

In summary, several physiological impairments are associated to a greater or lesser extent with the functional decline observed during aging. Of these, the reductions observed in power, whether through mechanisms related to strength or movement velocity, seem to have an important influence on the performance of tasks related to the daily life of the older population. This relationship also seems to be influenced by the age group analyzed (e.g., older compared to middle-aged adults), as well as by the functional capacity of these individuals (e.g., older adults with and without mobility limitations). Despite the recent advancements in the understanding of these associations, most

investigations to date are restricted (i) to the comparison between a limited number of measures (e.g., strength vs. power or neuromuscular outcomes only), (ii) a small number of functional tests and (iii) evaluation of only a set of individuals (e.g., only healthy older adults or only mobility-limited older adults). Coupled with common methodological differences between studies (e.g., testing mode, exercise employed, %1RM in which the outcomes were measured, among others), it is difficult to compare and understand how these relationships behave between different aging and functional groups and, therefore, further investigation is required. A better understanding of these aspects can help guide the training and exercise prescription process, which will be covered in detail below.

4. Physical exercise in aging

Senescence can be classified into primary and secondary. The first involves the inevitable decline in cellular structure and function, while the second comprises the damage resulting from environmental and lifestyle exposures (Fragala, 2015b). Therefore, although it is not possible to prevent aging, it is evident that there are possibilities to intervene positively in the process. Physical exercise is a modifiable lifestyle factor and widely recognized as capable of improving several of the age-related physiological impairments discussed so far (ACSM, 2009; Byrne et al., 2016; Graham et al., 2021; Lavin et al., 2019; Paterson et al., 2007). Among the different exercise modes that have been investigated, traditional resistance training, i.e. that in which exercises are performed in a controlled manner (concentric and eccentric phases ~2 s each), is an effective and safe way to promote muscle hypertrophy and improve strength (Borde et al., 2015; Cadore et al., 2010; Eduardo Lusa Cadore et al., 2014; Radaelli et al., 2014), as well as power (Straight et al., 2016) and functional performance (Steib et al., 2010; Tschopp et al., 2011) in older individuals, including in those very old (~90 years) (Fiatarone et al., 1990). In fact, results from a study with 6242 individuals aged 18 to 98 years showed that those individuals who reported being regularly engaged in resistance exercises had a better performance on the sit-to-stand test when compared to sedentary individuals (Landi et al., 2018). Interestingly enough, results were also the same when those who reported being engaged in resistance exercises were compared to individuals who reported walking at their leisure time or who engaged regularly in aerobic exercise.

4.1 High-velocity resistance training

Currently, the main therapeutic strategies for improving functional capacity include some form of resistance exercise (Byrne et al., 2016; Cadore and Izquierdo, 2018). As previously discussed, power is strongly associated with functional performance and the maintenance of mobility, autonomy and independence in older people (Bean et al., 2010, 2002). It is not surprising, therefore, that there is an increase in attention aimed at identifying strategies capable of increasing muscle power among these individuals. As the responses to training are usually specific to the stimulus provided, it was suggested that performing the exercises in an explosive manner, that is, with the concentric portion of the exercises performed as quickly as possible, would favor muscle power adaptations (Bottaro et al., 2007; Reid and Fielding, 2012).

This form of resistance training, known as high-velocity resistance training (HVRT), is highly recommended for older adults (Fragala et al., 2019) and seems to result in greater muscle power and physical function improvements than traditional resistance training protocols in this population (Cadore et al., 2018; Eduardo Lusa Cadore et al., 2014; Reid and Fielding, 2012). This is demonstrated by both systematic reviews and meta-analyses (Byrne et al., 2016; Orssatto et al., 2018; Steib et al., 2010; Tschopp et al., 2011). Indeed, Byrne et al. (Byrne et al., 2016) observed that 10 of the 14 studies included in their systematic review supported HVRT as more effective than traditional resistance training to improve muscle power, while Straight et al. (Straight et al., 2016) showed that resistance training mode moderated the exercise training effect on lower limb muscle power gains, with effect sizes being significantly greater for HVRT (0.62, 95% CI 0.42-0.82) than for traditional resistance training (0.20, 95% CI 0.04-0.35). In line with these previous studies, meta-analyses of randomized clinical trials that directly compared both training modes also concluded that HVRT led to superior power and functional capacity adaptations (Steib et al., 2010; Tschopp et al., 2011). Most interestingly, these results in HVRT can be achieved using only low to moderate loads (40-60% 1RM) (Fragala et al., 2019), which may be advantageous for naïve exercisers and those with greater limitations. A summary of some known performance and functional outcomes improved by HVRT is illustrated in Figure 2.

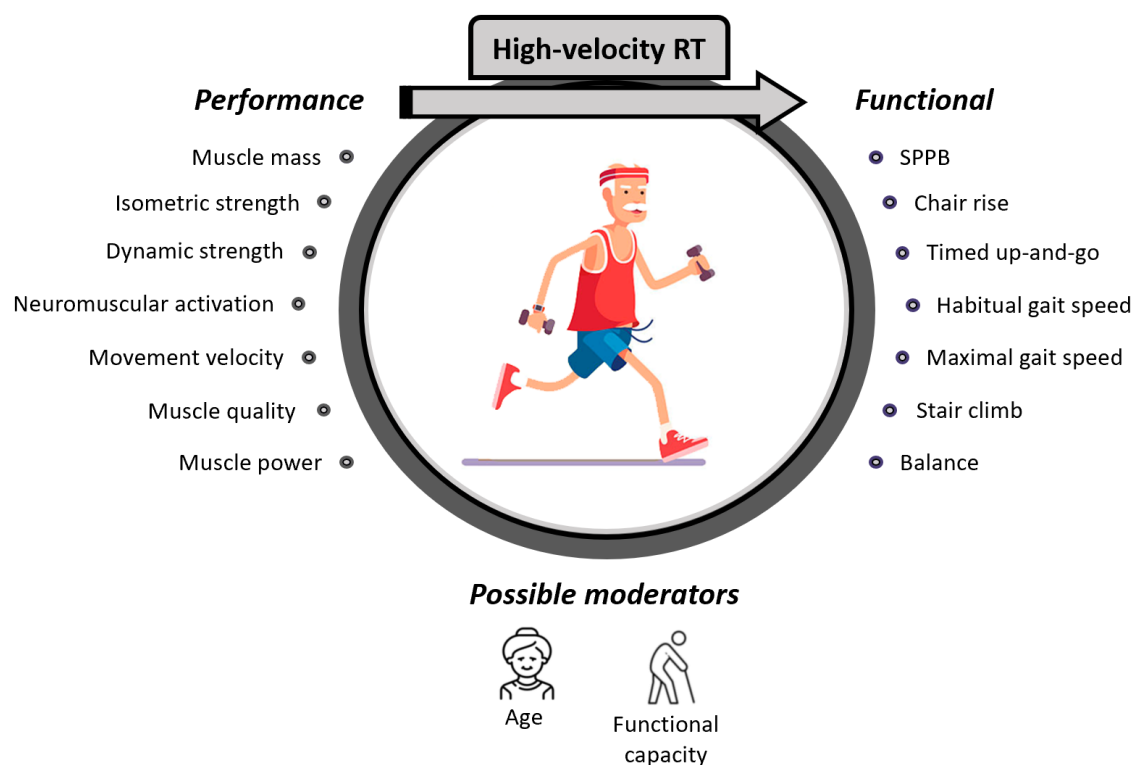


Fig. 2 Performance and functional outcomes that seem to be improved by high-velocity resistance training (RT) interventions in older adults. SPPB = *Short Physical Performance Battery*

4.2 High-velocity resistance training in apparently healthy older adults

Initial investigations, mainly by Scandinavian researchers, helped to determine the importance of using explosive movements during resistance training (Häkkinen et al., 2000; K. Häkkinen et al., 2001, 1998; Keijo Häkkinen et al., 2001, 1998; Newton et al., 2002). Using a traditional resistance training program with a portion of its volume consisting of explosive exercises, these authors observed important increases in maximal and explosive strength, muscle cross-sectional area, neuromuscular activation, as well as in muscle power, in middle-aged and older men and women after periods between 16 and 24 weeks of training.

Among the first investigators to look into the responses of an exclusive HVRT program, Earles and collaborators (Earles et al., 2001) showed an ~20% increase in lower limb peak power and maximal dynamic strength after 12 weeks of training in apparently healthy older adults. These results were accompanied by improvements in the SPPB score and in the 6-min walk test performance. Indeed, several subsequent studies

confirmed HVRT capacity to improve muscle power in elderly individuals (Balachandran et al., 2017; Bottaro et al., 2007; de Vos et al., 2005; Glenn et al., 2015; Henwood et al., 2008; Henwood and Taaffe, 2005; Radaelli et al., 2018; Sayers et al., 2012; Sayers and Gibson, 2014; Signorile et al., 2002; Tiggemann et al., 2016) and meta-analysis data observed a moderate effect size (0.62, 95% CI 0.42-0.82) of HVRT to improve leg press and knee extension power in individuals over 50 years (Straight et al., 2016).

In line with the muscle power results and its association with functional capacity discussed in the previous sections, several of the aforementioned studies also observed improvements in physical functioning. Henwood and Taaffe (Henwood and Taaffe, 2005) trained apparently healthy older adults for 8 weeks and found improvements in gait speed, chair rise and floor rise to stand tests. In a group of sedentary elderly people, increments in the 8 feet up and go, as well as in the sit-to-stand tests were also observed after 10 weeks of training (Bottaro et al., 2007). More recently, healthy older women improved their performance in both the TUG and stair climb tests after 12 weeks of HVRT (Radaelli et al., 2018). Again, these results are corroborated by several other studies (e.g., Balachandran et al., 2017; Correa et al., 2012; Henwood et al., 2008; Pereira et al., 2012; Ramirez-Campillo et al., 2014; Richardson et al., 2018), although it is worth mentioning that, in some cases, not all functional tests improved statistically (Dulac et al., 2018; Henwood and Taaffe, 2006). A summary of the studies identified that assessed power and functional performance outcomes in apparently healthy older adults is available in Table 1.

It is also important to highlight that in addition to adaptations in muscle power and functional performance, studies have also demonstrated improvements in other important outcomes. As an example, both maximal dynamic and isometric strength seem to respond positively to HVRT (Orssatto et al., 2018), however, different from muscle power gains which may be optimized with low to moderate loads (de Vos et al., 2005; Katsoulis et al., 2019; Reid et al., 2015), higher intensities seem to favor strength gains in HVRT (Byrne et al., 2016; Orssatto et al., 2018). Adaptations in muscle mass (i.e. hypertrophy), commonly associated with traditional resistance training, are also observed after HVRT (Conlon et al., 2017; Correa et al., 2012; Henwood et al., 2008; Radaelli et al., 2018; Reid et al., 2015). In this regard, even though functional performance seems more associated to muscle strength and power, low levels of muscle mass are found to

be related with impairments in functional performance (Orssatto et al., 2018). Considering that muscle mass also has an important role as a secretory organ, interacting with a wide array of tissues in the human body (Pedersen, 2013), this adaptation should not be neglected in this population even if one's focus is on physical function. Other responses include improvement of qualitative aspects impaired during aging, such as muscle quality or specific strength, for example (Casas-Herrero et al., 2013; Radaelli et al., 2019).

4.3 High-velocity resistance training in mobility-limited older adults

According to the International Classification of Functioning, Disability and Health (World Health Organization, 2001), mobility comprises movements related to changes in body position (e.g., standing up), body's center of gravity (e.g., changing the support of one foot to the other when walking) and displacement (e.g., walking and climbing steps). In the United States, for example, limitations on the ability to perform tasks like the ones mentioned above, which will be referred to as mobility limitations, affect approximately one in four older individuals, reaching close to three quarters of those who live institutionalized (Bean et al., 2003; Jette and Branch, 1981). A British study noted further that the prevalence of middle-aged adults (50-64 years) who reported some kind of difficulty in walking 400 m was close to 20%, increasing considerably in older age groups (Gardener et al., 2006). This is important, as limitations in mobility can lead to the loss of independence of these individuals and are related to functional decline and an increased risk of disability, institutionalization and mortality (Guralnik et al., 1995).

The number of studies that investigated the effects of HVRT in older people with limited mobility is relatively smaller when compared to healthy individuals. A portion of these investigations, yet, did not employ an objective mobility limitation assessment, but rather included subjects who reported having limitations in activities such as walking certain distances, climbing a variable number of flights of stairs, among others (e.g., Fielding et al., 2002; Marsh et al., 2009). Self-report and perception of limitation are important factors (Sayers et al., 2004), however, they make it difficult to compare studies because participants may underestimate or overestimate their functional capacity (Reid et al., 2008). Thus, objective measures seem advantageous from a validity and reproducibility perspective (Guralnik et al., 1994; Reid et al., 2008). Whatever the case, both studies that considered mobility limitations by self-report or measured it objectively seem to

indicate that HVRT is capable of increasing muscle power and functional performance in these individuals. Indeed, even older adults with neurodegenerative diseases that impact mobility and movement quality can tolerate and benefit from HVRT. Older individuals with Parkinson's disease, for example, have showed improvements in upper and lower limb bradykinesia, muscle power and functional capacity, and no adverse events, in response to HVRT (Lima and Rodrigues-de-Paula, 2012; Ni et al., 2016a, 2016b).

Among the studies that investigated subjects with self-reported limitation, Fielding and co-workers (Fielding et al., 2002) observed significant increases in the leg press and knee extension peak power after 16 weeks of HVRT. These results were accompanied by a reduction in the time to climb a flight of stairs and an improvement in a dynamic balance test, but no differences were found in the sit-to-stand and gait speed tests (Sayers et al., 2003). Marsh et al. (2009) also observed an increase in leg press peak power and knee extension coupled with a marked improvement in the SPPB score after 12 weeks. Sayers and Gibson (2010), in turn, measured peak power at 40, 50, 60, 70, 80 and 90% 1RM and found improvements over the entire intensity range analyzed. These authors also measured peak power at these same intensities but using workloads relative to the pre-intervention 1RM and significant increases were also found. This last result is quite interesting, as in many cases the overloads faced by older individuals during their various daily tasks do not change significantly through time (e.g., one's own body mass when rising from a chair).

Table 5. Summary of the power and functional performance outcomes in the high-velocity resistance training studies that investigated apparently health older adults.

Author	Study type (Comparator)	Subjects	Weeks	Freq	Intensity	Volume	Rest	Changes in power	Changes in functional performance
Earles et al. (2001)	RCT (Walking group)	18 men and women (77 ± 5 years)	12	3	50-70% 1RM	2-3 x 10 reps	90 s	LP PP (22%); LP PP 40-70% 1RM (28-150%)	SPPB (7%); TC6 (5%); PPT (ns)
Signorile et al. (2002)	RCT (Control + PRT)	19 women (68 ± 1 years)	12	3	3,14 and 4,73 rad/s	2 x 6-10 reps	120 s	KE AP 1.05 rad/s (ns), 3.14 rad/s (31%); 5.24 rad/s (38%)	-
Macaluso et al. (2003)	Non-RCT (Single arm)	31 women (68 ± 1 years)	16	3	40-80% 2RM	8 x 8-16 reps	120 s	LP PP (11-20%); CMJ (13-16%)	MGS (16%)
Henwood e Taffee (2005)	Non-RCT (Control)	15 men and women (70 ± 7 years)	8	2	35, 55 and 75% 1RM	3 x 8 reps	-	KE PP 60°/s (17%); 120°/s (17%); KE AP 60°/s (33%); 120°/s (23%)	CR (10%); HGS (7%); MGS (ns); BGS (ns); Floor rise time (10%)
De Vos et al. (2005)	RCT (Control)	28 men and women (68 ± 5 years)	12	2	20% 1RM	3 x 8 reps	-	PP (14%)	-
		28 men and women (69 ± 6 years)			50% 1RM			PP (15%)	
		28 men and women (69 ± 6 years)			80% 1RM			PP (14%)	
Henwood et al. (2006)	RCT (Control + PRT + Mixed)	23 men and women (71 ± 6 years)	8	2	45, 60 and 75% 1RM	3 x 8 reps	60 s	SC power (ns)	CR (12%); SC (8%); Floor rise time (ns); HGS (ns); MGS (ns); BGS (ns); 400mW (ns)
Orr et al. (2006)	RCT (Control)	28 men and women (68 ± 5 years)	12	2	20% 1RM	3 x 8 reps	-	-	Balance (11%)
		28 men and women (69 ± 6 years)			50% 1RM				Balance (2%)

		28 men and women (69 ± 6 years)			80% 1RM				Balance (0.3%)
Bottaro et al. (2007)	RCT (PRT)	11 men and women (67 ± 6 years)	10	2	40-60%1RM	3 x 8-10 reps	90 s	LP PP (31%); PP bench press (37%)	8ftUG (15%); CR (43%)
Caserotti et al. (2008)	RCT (Control + Dif. age cohorts)	20 women (63 ± 2 years)	12	2	75-80% 1RM	4 x 8-10 reps	-	PP (12%); CMJ (4- 5%)	-
		12 women (82 ± 3 years)						PP (28%); CMJ (6- 9%)	
Henwood et al. (2008)	RCT (Control + PRT)	19 men and women (71 ± 1 years)	24	2	45, 60 and 75% 1RM	3 x 8 reps	60 s	PP (51%)	CR (13%); SC (7%); HGS (ns); MGS (4%); BGS (16%); 400mW (8%)
Henwood et al. (2008 b)	RCT (PRT)	15 men and women (72 ± 2 years)	12	2	45, 60 and 75% 1RM	3 x 8 reps	60 s	PP (26%)	CR (ns); SC (ns); HGS (ns); MGS (ns); BGS (ns); 400mW (ns)
Retraining data from previous study									
Nogueira et al. (2009)	RCT (PRT)	11 men (67 ± 6 years)	10	2	40-60%	3 x 8 reps	90 s	LP PP (31%); CP PP (37%)	-
Clafin et al. (2011)	RCT (Control + Dif. age cohorts)	15 men and women (75 ± 4 years)	14	3	~120°/s-350°/s	3 x 10	-	Type II fiber peak power (12%)	-
Correa et al. (2012)	RCT (Control + PRT + Functional)	13 women (67 ± 5 years)	6	2	8-12 RM	3-4 x 8- 12 reps	120 s	CMJ (8%)	CR (8%)
Sayers e Gibson (2012)	RCT (Control + PRT)	25 men and women (71 ± 7 years)	12	3	40% 1RM	3 x 12-14 reps		LP PP 40-90% (191- 229 W) (% was not possible to calculate)	Braking reaction time (ns); Breaking speed (15%)
Pereira et al. (2012)	RCT (Control)	28 women (63 ± 5 years)	12	3	40, 60 and 75% 1RM	3 x 4-12 reps	120 s	CMJ (40%); Medball Throw (17%)	CR (18%); MGS (14%); 8ftUG (16%)
Leszczak et al. (2013)	RCT (Eccentric training)	9 men and women (74 ± 9 years)	8	2	50% 1RM	3 x 8-12 reps	-	-	CR (17%); HGS (7%); 8ftUG (6%);
Ramirez-Campillo et al. (2014)	RCT (Control + PRT)	15 women (66 ± 4 years)	12	3	40, 60 and 75% 1RM	3 x 8 reps	60 s	CMJ (23%); Medball Throw (20%)	CR (21%); MGS (14%); 8ftUG (18%)

Sayers e Gibson (2014)	RCT (Control + PRT)	24 men and women (71 ± 7 years)	12	3	40% 1RM	3 x 12-14 reps	-	LP PP (26%)	-
Pamukoff et al. (2014)	RCT (PRT)	10 men and women (73 ± 4 years)	6	3	50% 1RM	3 x 8-10	120-180 s	LP PP (27%); KE PP (26%)	Frontal balance (15%); Lateral balance (26%)
Uematsu et al. (2014)	RCT (Control)	15 men and women (74 ± 4 years)	8	2	30-40% 1RM	3 x 10 reps	120 s	-	HGS (11%); MGS (18%)
Glenn et al. (2015)	RCT (Non-weighted)	30 men and women (78 ± 1 years)	20	2	70% 1RM	3 x 10 reps	-	PP (9%); AP (17%)	CR (20%); 8ftUG (19%); HGS (25%); TC6 (ns)
Tiggeman et al. (2016)	RCT (PRT)	15 women (65 ± 4 years)	12	2	~45-75% 1RM	2-3 x 8- 15 reps	120 s	CMJ (28%); SJ (34%)	CR (12%); SC (19%); TUG (5%); TC6 (9%)
Lopes et al. (2016)	RCT (Control + PRT)	12 women (67 ± 7 years)	12	3	40-80% 1RM	3-4 x 8- 10 reps	180 s	-	CR (22%); TUG (10%); TC6 (ns)
Ramirez-Campillo et al. (2016)	RCT (Control)	24 women (63 ± 7 years)	12	2	75% 1RM	2-3 x 8 reps	-	Medball Throw (19%)	CR (24%); 8ftUG (10%); MGS (9%)
				3	75% 1RM			Medball Throw (15%)	CR (27%); 8ftUG (10%); MGS (8%)
Englund et al. (2017)	RCT (PRT)	13 men and women (65 ± 2 years)	6	3	240°/s	3 x 8 reps	180 s	AP 75°/s (8%); AP 180°/s (14%); AP 240°/s (19%)	SPPB (3%); 8ftUG (17%)
Beijersbergen et al. (2017b)	RCT (Control)	15 men and women (73 ± 5 years)	10	3	40-60% 1RM	3 x 6-10 reps	-	KE PP 60°/s (26%); KE PP 120°/s (27%); KE PP 180°/s (23%); PP knee flexors at the same %'s (30-13%)	SC (ns); HGS (ns); MGS (6%); TC6 (ns)
Beijersbergen et al. (2017a)	RCT (Control)	15 men and women (73 ± 5 years)	10	3	40-60% 1RM	3 x 6-10 reps	-	Plantar flexors PP 20°/s (48%); 40°/s (40%); 60°/s (42%)	-
Balachandran et al. (2017)	RCT (Dif. training machines)	17 men and women (69 ± 5 years)	12	2	OMNI 6-8 (Plate-loaded)	3 x 8-10 reps	60 s	PP (31%); Medball Throw (6%)	CR (18-22%); HGS (ns); 8ftUG (9%); Gallon jug transfer (10%); Balance (ns)
		19 men and women (69 ± 5 years)			OMNI 6-8 (Pneumatic)			PP (19%); Medball Throw (ns)	CR (16-18%); HGS (11%); 8ftUG (9%);

Conlon et al. (2017, 2016)	RCT (Dif. periodization schemes)	10 men and women (70 ± 6 years)	22	3	10 RM (Non-periodized)	3 x 10 reps	90-120 s	CMJ (9%)	Gallon jug transfer (8%); Balance (13%) CR (25%); SC (11%)
		13 men and women (72 ± 5 years)			15, 10, 5 RM (Block periodization)			CMJ (5%)	CR (18%); SC (9%)
		10 men and women s (71 ± 4 years)			15. 10, 5 RM (Wave periodization)			CMJ (5%)	CR (20%); SC (10%)
Ramirez-Campillo et al. (2017)	RCT (Control)	30 women (68 ± 5 years)	12	3	45, 60 and 75% 1RM (superv. 1:1)	3 x 8 reps	60 s	CMJ (18%); Medball Throw (15%)	CR (20%) MGS (11%); 8ftUG (14%)
Ramirez-Campillo et al. (2018)	RCT (Control)	28 women (66 ± 4 years)			45, 60 and 75% 1RM (superv. 1:10)			CMJ (1%); Medball Throw (1%)	CR (19%) MGS (3%); 8ftUG (11%)
		20 women (68 ± 5 years)	12	3	45,60 and 75% 1RM	3 x 8 reps	120 s	-	CR (14%); MGS (7%); 8ftUG (9%)
		15 women (68 ± 5 years)					30 s (every 2 rep)		CR (20%); MGS (15%); 8ftUG (15%)
Dulac et al. (2018)	Non-RCT (Dif. protein intake)	10 men - prot. < 1,1g (73 ± 3 years)	12	3	50 e 80% 1RM	1-3 x 10 rep	60 s	-	CR (ns); HGS (ns); MGS (ns); TUG (12%); Balance (ns); HGS (ns); MGS (ns)
		11 men - prot. > 1,2g (73 ± 3 years)							CR (ns); HGS (10%); MGS (ns); TUG (8%); Balance (ns)
Gray et al. (2018)	RCT (Control + PRT)	20 men and women (82 ± 6 years)	48	2	50%	3 x 10 rep	-	CR PP (ns)	CR (38%); 8ftUG (6%)
Radaelli et al. (2018)	RCT	13 women (65 ± 3 years)	12	2	30, 45 and 60% 1RM	1 x 8-12	180 s	CMJ (15%)	SC (4%); TUG (5%)

		13 women (66 ± 2 years)				3 x 8-12		CMJ (16%)	SC (7%); TUG (4%)
Richardson et al. (2018)	RCT (Control + PRT)	11 men and women (66 ± 5 years)	10	1	40% 1RM	3 x 14 rep	90 s	-	CR (13%); 8ftUG (ns); TC6 (ns)
		11 men and women (67 ± 3 years)		2					
Uematsu et al. (2018)	RCT (Control)	15 men and women (74 ± 3 years)	8	2	30-40% 1RM	3 x 10 rep	120 s	-	CR (10%); 8ftUG (8%); TC6 (7%) HGS (11%); MGS (18%);

RCT = randomized controlled trial; **PRT** = traditional progressive resistance training; **1RM** = one repetition maximum test; **RM** = intensity based on maximal repetitions; **LP** = *leg press*; **KE** = knee extension; **PP** = peak power; **AP** = average power; **CMJ** = countermovement jump; **SPPB** = *Short Physical Performance Battery*; **CR** = chair rise test and variations; **SC** = stair climb; **HGS** = habitual gait speed; **MGS** = maximal gait speed; **BGS** = backwards gait speed; **TUG** = *timed up and go*; **8ftUG** = *8 feet up and go*; **TC6** = 6-min walk test; **400mW** = 400-m walk test; Note: when percentage changes were not presented in the original manuscripts they were estimated based on the pre-post values for the outcomes that showed significant effects ($p < 0,05$); sample size correspond only to the participants in the high-velocity resistance training groups; different manuscripts from the same study were only included if novel results were reported.

Among the experimental studies that used objective measures to classify individuals as having mobility limitations, the most frequent criterion was a score equal to or lower than 9 points on the SPPB test (Balachandran et al., 2014; Bean et al., 2009, 2004; Reid et al., 2015, 2008). Habitual gait speed values in distances ranging from three (Hvid et al., 2016) to six meters were also employed (Hruda et al., 2003). In general, improvements in muscle power and functional performance were found using both high (~70-80% 1RM) (Hvid et al., 2016; Reid et al., 2015, 2008) and low loads (~40% 1RM) (Miszko et al., 2003; Reid et al., 2015) and even using one's own body weight, weighted vests and elastic bands (Bean et al., 2009, 2004; Hruda et al., 2003). After 12 weeks of training, older participants showed an increase in leg press and knee extension peak power measured at both 40 and 70% 1RM (Reid et al., 2008). In a later experiment, the same research group compared the effects of 12 weeks of HVRT between two groups that exercised using either 40% or 70% 1RM (Reid et al., 2015). They found no significant differences in muscle power gains between groups when evaluated at 40% and 70% 1RM, nor in SPPB increments.

Using a HVRT program composed of exercises such as chair raising, climbing steps and stair climbing with weighted vests as overload, results from Bean et al. (Bean et al., 2009) agree with previous studies. The participants increased muscle power at 70% 1RM by 10% and SPPB score by 20% after 16 weeks of training. Secondary analysis of the aforementioned study by Bean et al. (2009) divided the mobility-limited older adults into two groups, namely, those who achieved a clinically significant change in their SPPB score or habitual gait speed (defined as 1 point or 0.1 m.s⁻¹, respectively) and those who did not. Using multivariate logistic regression models, the authors observed that changes in muscle power were significantly associated with clinically important increases in SPPB scores and gait speed, regardless of changes in muscle strength (Bean et al., 2010). Thus, HVRT seems to be a relevant strategy for improving the functional performance of older adults with limited mobility, as well as for maintaining the independence of these individuals, however, more information is still needed regarding the responses of these individuals to this training mode. Table 2 presents a list of the studies identified that investigated power and functional performance outcomes in mobility-limited older adults.

Table 6. Summary of the power and functional performance outcomes in the high-velocity resistance training studies that investigated mobility-limited older adults.

Author	Study type (Comparator)	Subjects	Week	Freq	Intensity	Volume	Rest	Changes in power	Changes in functional performance
Self-reported mobility limitation									
Fielding et al. (2002)	RCT (PRT)	15 women (73 ± 1 years)	16	3	70% 1RM	3 x 8-10 reps	-	LP PP (97%); KE PP (33%)	-
Sayers et al. (2003)	RCT (PRT)	15 women (73 ± 1 years)	16	3	70% 1RM	3 x 8 reps	-	-	CR (ns); SC (13%); HGS (ns); MGS (ns); Dynamic balance (5%);
Sayers (2007)	RCT (Control + PRT)	5 men and women (71 ± 6 years)	12	3	40% 1RM	3 x 12- 14 reps	60 s	KE PP 40-90% 1RM (19-28%) KE FPP 40-90% (11- 14%); VPP (3-18%)	-
Marsh et al. (2009)	RCT (Control + PRT)	12 men and women (77 ± 6 years)	12	3	70%1RM	3 x 8-10 reps	Circuit	LP PP (42%); KE PP (34%)	SPPB (10%); Lateral mobility (73%)
Sayers e Gibson (2010)	RCT (Control + PRT)	13 men (74 ± 6 years)	12	3	40% 1RM	3 x 12- 14 reps	-	<i>Relative to post- exercise 1RM:</i> LP PP 40-90% (9- 29%); FPP (20- 23%); VPP (-7 a 7%) <i>Relative to pre- exercise 1RM:</i> LP PP 40-90% (22- 58%); FPP (5-8%); VPP (18-50%)	-

Webber e Porter (2010)	RCT (Control)	17 women (77 [70-88])	12	3	80% 1RM	3 x 8-10 reps	120 s	Plantar flexors PP (17%); dorsal flexors PP (27%)	-
		17 women (74 [70-88])			Elastic bands			Plantar flexors PP (12%); Dorsal flexores PP (29%)	

Objectively-measured mobility limitation

Miszko et al. (2003) CS-PFP = ~55	RCT (Control + PRT)	18 men and women (72 ± 7 years)	16	3	40% 1RM	3 x 6-8 reps	-	Wingate PP (8%), Wingate AP (6%)	CS-PFP (15%)
Bean et al. (2004) SPPB ≤ 9	RCT (Control)	10 women (69 ± 6 years)	12	2	Body weight + weighted vest	3 x 10 reps	60-120 s	LP PP 40-90% 1RM (12-36%)	SPPB (35%); CR (44%); HGS (14%); Unilateral balance (50%)
Reid et al. (2008) SPPB ≤ 9	RCT (Control + PRT)	23 men and women (73 ± 7 years)	12	3	70% 1RM	3 x 8 reps	-	LP PP 40-70% 1RM (62-66%); KE PP 40-70% 1RM (28- 32%)	-
Bean et al. (2009) SPPB ≤ 9	RCT (PRT)	72 men and women (75 ± 7 years)	16	3	Body weight + weighted vest	2 x 10 reps	-	PP (10%)	SPPB (20%)
Balachandran et al. (2014) SPPB ≤ 9	RCT (PRT)	9 women (72 ± 8 years)	15	2	50-80% 1RM	3 x 10- 12 reps	Circuit	LP PP (41%); CP PP (24%)	CR (15%); SPPB (20%);
Reid et al. (2015) SPPB ≤ 9	Non-RCT	25 women (78 ± 5 years)	12	3	40% 1RM	3 x 10 reps		PP 40 (34%) e 70% 1RM (32%); VPP 40 (18%) e 70% 1RM (15%)	SPPB (16%) SPPB (22%)
		27 women (78 ± 4 years)			70% 1RM			PP 40 (42%) e 70% 1RM (42%); VPP 40 (25%) e 70% 1RM (21%)	

Hvid et al. (2016) 3-m HGS < 0,9 m/s	RCT (Control)	16 men and women (82 ± 1 years)	12	2	70-80% 1RM	3 x 8-10 reps	-	-	MGS (9%)
--	------------------	------------------------------------	----	---	------------	------------------	---	---	----------

Frail, pre-frail and/or institutionalized

Hruda et al. (2003) 6-m HGS baixa	RCT (Control)	18 men and women (85 ± 5 years)	10	3	Body weight + elastic bands	3 x 8 reps	-	AP 180°/s (60%)	CR (66%); HGS (36%); 8ftUG (32%)
Iwamoto et al. (2009) Institutionalized	RCT (Control)	34 men and women (75 ± 6 years)	20	3	Body weight	3 x 10 reps	-	-	CR (19%); HGS (13%); TUG (24%); Unilateral balance (~100%)
Drey et al. (2012) Pre-frail (Fried)	RCT (Control + PRT)	24 men and women (78 [72-80] years)	12	2	BORG 10-16	2 x 6-15	120	PP CR (ns)	SPPB (8%);
Zech et al. (2012) Pre-frail (Fried)	RCT (Control + PRT)	18 men and women (77 ± 6 years)	12	2	BORG 12-16	2 x 6-15 reps	120	PP CR (ns)	SPPB (12%)
Cadore et al. (2014a) Frail (Fried)	RCT (Control)	11 men and women (93 ± 3 years)	12	2	40-60% 1RM	1 x 8-10 reps	-	PP 30 (97%) e 60% 1RM (117%)	CR (58%); HGS (ns); TUG (6%);
Cadore et al. (2014b) Frail (Fried) and cognitively impaired	Non-RCT (Single arm)	18 men and women (88 ± 5 years)	8	2	20-50% 1RM	2 x 8-12 reps	-	-	CR (ns); HGS (ns); TUG (28%); Balance (~167%)
Tan et al. (2018) Pre-frail and frail (Freid)	Non-RCT (Single arm)	8 men and women (74 ± 10 years)	12	2	Body weight + elastic bands	2 x 10 reps	-	-	SPPB (14%); CR (ns); TUG (9%)

RCT = randomized controlled trial; **PRT** = traditional progressive resistance training; **1RM** = one repetition maximum test; **LP** = *leg press*; **KE** = knee extension; **PP** = peak power; **AP** = average power; **SPPB** = *Short Physical Performance Battery*; **CR** = chair rise test and variations (5x, 10x, 30 s); **SC** = stair climb; **HGS** = habitual gait speed; **MGS** = maximal gait speed; **BGS** = backwards gait speed; **TUG** = *timed up and go*; **8ftUG** = *8 feet up and go*; **6minW** = 6-min walk test; **400mW** = 400-m walk test; Note: when percentage changes were not presented in the original manuscripts they were estimated based on the pre-post values for the outcomes that showed significantly effects ($p < 0,05$); sample size correspond only to the participants in the high-velocity resistance training groups; studies that combined aerobic training with the high-velocity resistance training intervention were not included.

4.4 Comparing the effects of high-velocity resistance training in different aging cohorts

It is important to bear in mind that not all older individuals possess the same functional and neuromuscular capacities. Understanding the possible differences in the way these individuals responded to HVRT can, therefore, assist in the development of training programs more closely related to the specific needs of these individuals. Moreover, unlike older individuals who typically already present deficits in the parameters discussed so far (Alcazar et al., 2018), middle-aged individuals represent a portion of the population in which several of the age-related impairments begin to show a more accelerated decline (Kennis et al., 2014; Kozakai et al., 2000; Landi et al., 2018; Leyva et al., 2016) and, thus, represent an important target for intervention in order to prevent or mitigate the most significant losses that would occur later in life. Although literature investigating the effects of HVRT on healthy older adults and mobility-limited older adults is somewhat large (the reader is referred to Tables 1 and 2), not much attention has been given to middle-aged adults. In addition, investigations directly comparing HVRT adaptations between groups like these are lacking, which makes it difficult to compare how they respond to exercise and, most importantly, if the mechanisms behind these adaptations are similar.

Indeed, it has recently been suggested that the mechanisms involved in the reductions of muscle power may differ to some degree between healthy and mobility-limited older adults (Reid et al., 2014). Study by the same group had already demonstrated differences in the associations between lower limb muscle power and its determinants between middle-aged adults and older adults with and without mobility-limitations (Pojednic et al., 2012). According to the authors, these results point to the growing importance of contraction velocity for power production with age (Pojednic et al., 2012) and, collectively, allow us to suggest the possibility of differences in adaptations between these individuals when submitted to the same HVRT program or, at least, that these results could be determined by different mechanisms.

As already mentioned, only a limited number of investigations compared the adaptations to HVRT among these groups. Häkkinen and colleagues (K. Häkkinen et al., 1998) identified significantly and similar improvements in isometric and maximal dynamic

strength in middle-aged and healthy older men and women, who completed 24 weeks of high intensity resistance training with ~20% of the total volume comprised of exercises performed in an explosive manner. These results were accompanied by an increase in the knee extensors cross-sectional area, neuromuscular activation of these same muscles measured during isometric and dynamic knee extensions contractions and during a vertical jump test, rate of force development and vertical jump power output. Interestingly, they also reported reductions in the coactivation of the antagonist biceps femoris muscle in the older, but not in the middle-aged adults. Such findings were pioneering in demonstrating the maintenance of the capacity of older individuals to respond to the training stimulus when compared to a younger group (ACSM, 2009), in addition to highlighting the relevance of adaptations beyond muscle mass. However, these results do not allow one to determine the exclusive effects of HVRT in these individuals, its contributions to different strength expressions (e.g., different percentages of 1RM), nor the impact of these results on functional performance, since only 20% of the total training volume was performed explosively (i.e., as fast as possible).

Systematic review with meta-analysis analyzed the effects of resistance training on lower limb muscle power in middle-aged and older adults (Straight et al., 2016). When testing the effect of possible moderators on muscle power gains, the authors did not observe a significant age effect, reinforcing the notion that older individuals maintain the ability to gain muscle power. However, it is important to note that only 2 of the included studies evaluated individuals under 60 years of age. In a separate analysis of the power-load curves of their previous study, Izquierdo et al. (Izquierdo et al., 2001) evidenced that increments differed between the middle-aged and older adults' groups in some of the loads investigated. That is, while middle-aged individuals increased muscle power at intensities ranging from 0- 70% of 1RM, older adults improved only between 15-60%. Considering that power produced at different loads (e.g., 40 and 70% 1RM) may be more or less associated with the performance in distinct functional tasks (Cuoco et al., 2004), the assessment of power adaptations in a wide spectrum of loads can also be important to understand the relationship between neuromuscular and functional adaptations and the differences between how these groups respond to training.

Through the analysis of the results in the studies presented in Tables 1 and 2, it is possible to suggest that there may be some differences in the adaptations of healthy and mobility-limited older adults to HVRT. When averaged, healthy older adults' studies demonstrate an ~20% increase in muscle power, which is lower than the almost 36% observed in the studies that trained older participants with mobility limitations. Of course, the differences between how power was measured in each study preclude a direct comparison between these percentages, but, nevertheless, they suggest that mobility-limited individuals may have a greater response to training than those without limitations. It is also important to highlight that only two studies in each group did not find significant increases in power, that is, 96% and 93% of the studies found positive adaptations on this outcome in older adults with and without mobility limitations, respectively.

On the other hand, the comparison of functional performance tests' results can offer a more adequate comprehensive perspective on the possible differences in responses between these two groups, especially because the protocols for most tests show minor to no changes across studies (e.g., SPPB protocol, for example, remains constant). Considering only the tests that were applied in both the healthy and mobility-limited older adults, the latter group had greater improvements in the SPPB (20% vs. 5%), sit-to-stand (30% vs. 19%), TUG (17% vs. 7%) and 8 feet up and go (32 vs. 12%) tests when compared to the healthy older adults after HVRT, while closer results between the groups were observed for the stair climb (13% vs. 9%), habitual (14% vs. 11%) and maximal gait speed (9% vs. 11%) tests, respectively. Of note, all studies in both groups found an improvement in SPPB and TUG performance. For the sit-to-stand test, only two studies in the healthy and one study in the mobility-limited older adults did not show an increase in the test and just one study in each group found no improvements in the 8-feet up and go.

Collectively, these results suggest the possibility that mobility-limited older adults may improve power and functional performance to a greater extent than their healthy counterparts after a HVRT program. They are also in line with the principle of diminishing

returns, as recently proposed in the context of mobility by Brahms et al. (Brahms et al., 2021). As argued by the authors, individuals with greater mobility would have to invest more time to induce adaptations compared to those with a lower mobility status. Notwithstanding, it is important to highlight that these results do not clarify if these greater adaptations are able to bring these mobility-limited older adults back to the function and/or performance levels of (untrained) healthy individuals, nor if the mechanisms related to these adaptations are the same. As an example, it may be that the first group has a higher anabolic resistance and, therefore, while healthy older individuals can improve power and functional performance through hypertrophy, mobility-limited older adults may require a different adaptation to reach the same benefits. Whatever the case it may be, what is clear is that the adaptations can contribute to increase the functional reserve of the less functional groups (and not just them) and, thereby, protect these individuals against future deleterious events, such as diseases, hospitalizations, etc.

Considering that only a very limited number of investigations compared the effects of a HVRT intervention in more than one of the aforementioned groups, differences in protocols (i.e. exercises, number of sets, training frequency, intensities used), in the way in which outcomes were assessed (e.g., equipment used, load or velocity employed), among other aspects, make it difficult to compare the results observed between the studies (Orssatto et al., 2018). As such, studies are needed comparing the adaptations of middle-aged adults and older adults of distinct functional capacities submitted to the same HVRT program, as well as determining the impact that these adaptations on functional performance or functional reserve. This information could help to better understand the effects of HVRT on aging-related processes and improve the prescription of this important training mode according to the needs of each of these individual groups. Such investigations could also contribute on the identification of the most responsive outcomes to training according to the analyzed group, contributing to the design of future studies.

5. Conclusion

Collectively, the available evidence suggests that high-velocity resistance training seems to be a safe and effective training paradigm for improving muscle power, functional performance, and mobility of older individuals. It also seems that mobility-limited older adults may improve power and functional performance to a greater extent than that of their healthy counterparts after a high-velocity resistance training program, which is in line with the principle of diminishing returns. Considering that only a very limited number of investigations directly compared the effects of HVRT intervention in more than one of the aforementioned groups, studies comparing the adaptations of middle-aged adults and older adults of distinct functional capacities submitted to comparable HVRT programs are needed to determine the differences in neuromuscular adaptations and their impact on functional performance and functional reserve in these individuals.

Acknowledgements

G.Z.S. is supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), whereas C.L.A is supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

References

- ACSM, 2009. American College of Sports Medicine. Exercise and physical activity for older adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 41, 1510–1530.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c>
- Alcazar, J., Rodriguez-Lopez, C., Ara, I., Alfaro-Acha, A., Rodriguez-Gomez, I., Navarro-Cruz, R., Losa-Reyna, J., Garcia-Garcia, F.J., Alegre, L.M., 2018. Force-velocity profiling in older adults: An adequate tool for the management of functional trajectories with aging. *Exp. Gerontol.* 108, 1–6.
<https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.03.015>
- Aoyagi, Y., Shephard, R.J., 1992. Aging and Muscle Function. *Sport. Med.* 14, 376–396.
- Arts, I.M.P., Pillen, S., Schelhaas, H.J., Overeem, S., Zwarts, M.J., 2010. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle and Nerve* 41, 32–41.
<https://doi.org/10.1002/mus.21458>
- Balachandran, A., Krawczyk, S.N., Potiaumpai, M., Signorile, J.F., 2014. High-speed circuit training vs hypertrophy training to improve physical function in sarcopenic obese adults: a randomized controlled trial. *Exp. Gerontol.* 60, 64–71.
<https://doi.org/10.1016/j.exger.2014.09.016>
- Balachandran, A.T., Gandia, K., Jacobs, K.A., Streiner, D.L., Eltoukhy, M., Signorile, J.F., 2017. Power training using pneumatic machines vs. plate-loaded machines to improve muscle power in older adults. *Exp. Gerontol.* 98, 134–142.
<https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.08.009>
- Bassey, E.J., Bendall, M.J., Pearson, M., 1988. Muscle strength in the triceps surae and objectively measured customary walking activity in men and women over 65 years of age. *Clin. Sci.* 74, 85–89. <https://doi.org/10.1042/cs0740085>
- Bassey, E.J., Fiatarone, M.A., O'Neill, E.F., Kelly, M., Evans, W.J., Lipsitz, L.A., 1992. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin. Sci.* 82, 321–327. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100091>
- Bean, J.F., Herman, S., Kiely, D.K., Frey, I.C., Leveille, S.G., Fielding, R.A., Frontera, W.R., Bean, J.F., Herman, S., Kiely, D.K., Frey, I.C., Leveille, S.G., Fielding, R.A., Frontera, W.R., 2004. Increased Velocity Exercise Specific to Task (InVEST)

- training: a pilot study exploring effects on leg power, balance, and mobility in community-dwelling older women. *J. Am. Geriatr. Soc.* 52, 799–804.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2004.52222.x>
- Bean, J.F., Kiely, D.K., Herman, S., Leveille, S.G., Mizer, K., Frontera, W.R., Fielding, R.A., 2002. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J. Am. Geriatr. Soc.* 50, 461–467.
- Bean, J.F., Kiely, D.K., Larose, S., Goldstein, R., Frontera, W.R., Leveille, S.G., 2010. Are changes in leg power responsible for clinically meaningful improvements in mobility in older adults? *J. Am. Geriatr. Soc.* 58, 2363–2368.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2010.03155.x>
- Bean, J.F., Kiely, D.K., LaRose, S., O'Neill, E., Goldstein, R., Frontera, W.R., 2009. Increased velocity exercise specific to task training versus the national institute on aging's strength training program: Changes in limb power and mobility. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 64, 983–991.
<https://doi.org/10.1093/gerona/glp056>
- Bean, J.F., Leveille, S.G., Kiely, D.K., Bandinelli, S., Guralnik, J.M., Ferrucci, L., 2003. A Comparison of Leg Power and Leg Strength Within the InCHIANTI Study: Which Influences Mobility More? *Journals Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 58, M728–M733. <https://doi.org/10.1093/gerona/58.8.M728>
- Beijersbergen, C.M.I., Granacher, U., Gabler, M., Devita, P., Hortobagyi, T., 2017a. Power Training-induced Increases in Muscle Activation during Gait in Old Adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 49, 2025–2198.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001345>
- Beijersbergen, C.M.I., Granacher, U., Gabler, M., DeVita, P., Hortobagyi, T., 2017b. Hip mechanics underlie lower extremity power training-induced increase in old adults' fast gait velocity: The Potsdam Gait Study (POGS). *Gait Posture* 52, 338–344.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.12.024>
- Beijersbergen, C.M.I., Granacher, U., Vandervoort, A.A., DeVita, P., Hortobágyi, T., 2013. The biomechanical mechanism of how strength and power training improves walking speed in old adults remains unknown. *Ageing Res. Rev.* 12, 618–627.
<https://doi.org/10.1016/j.arr.2013.03.001>

- Borde, R., Hortobágyi, T., Granacher, U., 2015. Dose–Response Relationships of Resistance Training in Healthy Old Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport. Med.* 45, 1693–1720. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0385-9>
- Bottaro, M., Machado, S.N., Nogueira, W., Scales, R., Veloso, J., 2007. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 99, 257–264. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0343-1>
- Brach, J.S., Kriska, A.M., Newman, A.B., Vanswearingen, J.M., 2001. A new approach of measuring muscle impairment during a functional task: Quadriceps muscle activity recorded during chair stand. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 56, 767–770. <https://doi.org/10.1093/gerona/56.12.M767>
- Brahms, C.M., Hortobágyi, T., Kressig, R.W., Granacher, U., 2021. The Interaction between Mobility Status and Exercise Specificity in Older Adults. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 49, 15–22. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000237>
- Brown, D.M.Y., Teseo, A.J., Bray, S.R., 2016. Effects of autonomous motivational priming on motivation and affective responses towards High-Intensity interval training. *J. Sports Sci.* 34, 1491–1499. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1119301>
- Brown, M., Sinacore, D.R., Host, H.H., 1995. The relationship of strength to function in the older adult. *Journals Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 50A, 55–59.
- Buchner, D.M., Larson, E.B., Wagner, E.H., Koepsell, T.D., de Lateur, B.J., 1996. Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. *Age Ageing* 25, 386–391. <https://doi.org/10.1093/ageing/25.5.386>
- Byrne, C., Faure, C., Keene, D.J., Lamb, S.E., 2016. Ageing, Muscle Power and Physical Function: A Systematic Review and Implications for Pragmatic Training Interventions. *Sports Med.* 46, 1311–1332. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0489-x>
- Cadore, Eduardo L., Casas-Herrero, A., Zambom-Ferraresi, F., Idoate, F., Millor, N., Gómez, M., Rodriguez-Mañas, L., Izquierdo, M., 2014a. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age (Omaha)*. 36, 773–

785. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9586-z>
- Cadore, E.L., Izquierdo, M., 2018. Muscle Power Training: A Hallmark for Muscle Function Retaining in Frail Clinical Setting. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 19, 190–192. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2017.12.010>
- Cadore, E.L., Izquierdo, M., Conceição, M., Radaelli, R., Pinto, R.S., Baroni, B.M., Vaz, M.A., Alberton, C.L., Pinto, S.S., Cunha, G., Bottaro, M., Kruel, L.F.M., 2012. Echo intensity is associated with skeletal muscle power and cardiovascular performance in elderly men. *Exp. Gerontol.* 47, 473–478. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2012.04.002>
- Cadore, Eduardo L., Moneo, A.B.B., Mensat, M.M., Muñoz, A.R., Casas-Herrero, A., Rodriguez-Mañas, L., Izquierdo, M., 2014b. Positive effects of resistance training in frail elderly patients with dementia after long-term physical restraint. *Age (Omaha)*. 36, 801–811. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9599-7>
- Cadore, Eduardo Lusa, Pinto, R.S., Bottaro, M., Izquierdo, M., 2014. Strength and endurance training prescription in healthy and frail elderly. *Aging Dis.* 5, 183–195. <https://doi.org/10.14336/AD.2014.0500183>
- Cadore, E.L., Pinto, R.S., Lhullier, F.L.R., Correa, C.S., Alberton, C.L., Pinto, S.S., Almeida, A.P. V, Tartaruga, M.P., Silva, E.M., Kruel, L.F.M., 2010. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *Int. J. Sports Med.* 31, 689–697. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1261895>
- Cadore, E.L., Pinto, R.S., Reischak-Oliveira, Á., Izquierdo, M., 2018. Explosive type of contractions should not be avoided during resistance training in elderly. *Exp. Gerontol.* 102, 81–83. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.12.003>
- Carabello, R.J., Reid, K.F., Clark, D.J., Phillips, E.M., Fielding, R.A., 2010. Lower extremity strength and power asymmetry assessment in healthy and mobility-limited populations: Reliability and association with physical functioning. *Clin. Exp. Res.* 22, 324–329. <https://doi.org/10.3275/6676>
- Casas-Herrero, A., Cadore, E.L., Zambom-Ferraresi, F., Idoate, F., Millor, N., Martínez-Ramirez, A., Gómez, M., Rodriguez-Mañas, L., Marcellán, T., de Gordo, A.R., Marques, M.C., Izquierdo, M., 2013. Functional Capacity, Muscle Fat Infiltration, Power Output, and Cognitive Impairment in Institutionalized Frail Oldest Old.

- Rejuvenation Res. 16, 396–403. <https://doi.org/10.1089/rej.2013.1438>
- Caserotti, P., Aagaard, P., Buttrup Larsen, J., Puggaard, L., 2008. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: Changes in rapid muscle force, strength and power. *Scand. J. Med. Sci. Sport.* 18, 773–782.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00732.x>
- Claflin, D.R., Larkin, L.M., Cederna, P.S., Horowitz, J.F., Alexander, N.B., Cole, N.M., Galecki, A.T., Chen, S., Nyquist, L. V, Carlson, B.M., Faulkner, J.A., Ashton-Miller, J.A., 2011. Effects of high- and low-velocity resistance training on the contractile properties of skeletal muscle fibers from young and older humans. *J. Appl. Physiol.* 111, 1021–1030. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01119.2010>
- Clark, D.J., Fielding, R.A., 2012. Neuromuscular contributions to age-related weakness. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 67 A, 41–47.
<https://doi.org/10.1093/gerona/glr041>
- Clark, D.J., Manini, T.M., Fielding, R.A., Patten, C., 2013. Neuromuscular determinants of maximum walking speed in well-functioning older adults. *Exp. Gerontol.* 48, 358–363. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2013.01.010>
- Clark, D.J., Patten, C., Reid, K.F., Carabello, R.J., Phillips, E.M., Fielding, R.A., 2011. Muscle performance and physical function are associated with voluntary rate of neuromuscular activation in older adults. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 66 A, 115–121. <https://doi.org/10.1093/gerona/glq153>
- Clark, D.J., Patten, C., Reid, K.F., Carabello, R.J., Phillips, E.M., Fielding, R.A., 2010. Impaired voluntary neuromuscular activation limits muscle power in mobility-limited older adults. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 65 A, 495–502.
<https://doi.org/10.1093/gerona/glq012>
- Clémençon, M., Hautier, C.A., Rahmani, A., Cornu, C., Bonnefoy, M., 2008. Potential role of optimal velocity as a qualitative factor of physical functional performance in women aged 72 to 96 years. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 89, 1594–1599.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.11.061>
- Conlon, J.A., Newton, R.U., Tufano, J.J., Banyard, H.G., Hopper, A.J., Ridge, A.J., Haff, G.G., 2016. Periodization Strategies in Older Adults: Impact on Physical Function and Health. *Med. Sci. Sports Exerc.* 48, 2426–2436.

<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001053>

- Conlon, J.A., Newton, R.U., Tufano, J.J., Peñailillo, L.E., Banyard, H.G., Hopper, A.J., Ridge, A.J., Haff, G.G., 2017. The efficacy of periodised resistance training on neuromuscular adaptation in older adults. *Eur. J. Appl. Physiol.* 117, 1181–1194. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3605-1>
- Correa, C.S., LaRoche, D.P., Cadore, E.L., Reischak-Oliveira, A., Bottaro, M., Kruel, L.F.M., Tartaruga, M.P., Radaelli, R., Wilhelm, E.N., Lacerda, F.C., Gaya, A.R., Pinto, R.S., 2012. 3 Different types of strength training in older women. *Int. J. Sports Med.* 33, 962–969. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1312648>
- Cuoco, A., Callahan, D.M., Sayers, S., Frontera, W.R., Bean, J., Fielding, R.A., 2004. Impact of muscle power and force on gait speed in disabled older men and women. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 59, 1200–1206. <https://doi.org/10.1093/gerona/59.11.1200>
- De Vito, G., Bernardi, M., Forte, R., Pulejo, C., Macaluso, A., Figura, F., 1998. Determinants of maximal instantaneous muscle power in women aged 50-75 years. *Eur. J. Appl. Physiol.* 78, 59–64.
- de Vos, N.J., Singh, N.A., Ross, D.A., Stavrinou, T.M., Orr, R., Fiatarone Singh, M.A., 2005. Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 60, 638–647.
- Deschenes, M.R., 2011. Motor unit and neuromuscular junction remodeling with aging. *Curr. Aging Sci.* 4, 209–220. <https://doi.org/10.2174/1874609811104030209>
- Dobrowolny, G., Barbiera, A., Sica, G., Scicchitano, B.M., 2021. Age-Related Alterations at Neuromuscular Junction: Role of Oxidative Stress and Epigenetic Modifications. *Cells* 10. <https://doi.org/10.3390/cells10061307>
- Drey, M., Zech, A., Freiburger, E., Bertsch, T., Uter, W., Sieber, C.C., Pfeifer, K., Bauer, J.M., 2012. Effects of strength training versus power training on physical performance in prefrail community-dwelling older adults. *Gerontology* 58, 197–204. <https://doi.org/10.1159/000332207>
- Dulac, M.C., Pion, C.H., Lemieux, F., Boutros El Hajj, G., Belanger, M., Gaudreau, P., Chevalier, S., Morais, J.A., Gouspillou, G., Aubertin-Leheudre, M., 2018. Differences in muscle adaptation to a 12-week mixed power training in elderly men,

- depending on usual protein intake. *Exp. Gerontol.* 104, 78–85.
<https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.02.001>
- Earles, D.R., Judge, J.O., Gunnarsson, O.T., 2001. Velocity training induces power-specific adaptations in highly functioning older adults. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 82, 872–878. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.23838>
- Englund, D.A., Sharp, R.L., Selsby, J.T., Ganesan, S.S., Franke, W.D., 2017. Resistance training performed at distinct angular velocities elicits velocity-specific alterations in muscle strength and mobility status in older adults. *Exp. Gerontol.* 91, 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.02.072>
- Fiatarone, M.A., Marks, E.C., Ryna, N.D., Meredith, C.N., Lipsitz, L.A., Evans, W.J., 1990. High-Intensity Strength Training in Nonagenarians. *Jama* 263, 3029. <https://doi.org/10.1001/jama.1990.03440220053029>
- Fielding, R.A., LeBrasseur, N.K., Cuoco, A., Bean, J., Mizer, K., Fiatarone Singh, M.A., 2002. High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J. Am. Geriatr. Soc.* 50, 655–662.
- Foldvari, M., Clark, M., Laviolette, L.C., Bernstein, M.A., Kaliton, D., Castaneda, C., Pu, C.T., Hausdorff, J.M., Fielding, R.A., Singh, M.A.F., 2000. Association of Muscle Power With Functional Status in Community-Dwelling Elderly Women. *J. Gerontol. Med. Sci.* 55A, M192–M199.
- Fragala, M.S., 2015a. The Physiology of Aging and Exercise, in: Sullivan, G.M., Pomidor, A.K. (Eds.), *Exercise for Aging Adults*. Springer International Publishing, Cham, p. 155. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16095-5>
- Fragala, M.S., 2015b. The Physiology of Aging and Exercise, in: Sullivan, G.M., Pomidor, A.K. (Eds.), *Exercise for Aging Adults*. Springer International Publishing, pp. 1–12.
- Fragala, M.S., Cadore, E.L., Dorgo, S., Izquierdo, M., Kraemer, W.J., Peterson, M.D., Ryan, E.D., 2019. Resistance training for older adults: Position statement from the national strength and conditioning association, *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003230>
- Fragala, M.S., Kenny, A.M., Kuchel, G.A., 2015. Muscle Quality in Aging: a Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment.

- Sport. Med. 45, 641–658. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0305-z>
- Fukumoto, Y., Ikezoe, T., Yamada, Y., Tsukagoshi, R., Nakamura, M., Mori, N., Kimura, M., Ichihashi, N., 2012. Skeletal muscle quality assessed from echo intensity is associated with muscle strength of middle-aged and elderly persons. *Eur. J. Appl. Physiol.* 112, 1519–1525. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2099-5>
- Gardener, E.A., Huppert, F.A., Guralnik, J.M., Melzer, D., 2006. Middle-aged and mobility-limited: Prevalence of disability and symptom attributions in a national survey. *J. Gen. Intern. Med.* 21, 1091–1096. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1497.2006.00564.x>
- Glenn, J.M., Gray, M., Binns, A., 2015. The effects of loaded and unloaded high-velocity resistance training on functional fitness among community-dwelling older adults. *Age Ageing* 44, 926–931. <https://doi.org/10.1093/ageing/afv081>
- Goodpaster, B.H., Park, S.W., Harris, T.B., Kritchevsky, S.B., Nevitt, M., Schwartz, A. V., Simonsick, E.M., Tylavsky, F.A., Visser, M., Newman, A.B., 2006. The Loss of Skeletal Muscle Strength, Mass, and Quality in Older Adults: The Health, Aging and Body Composition Study. *Journals Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 61A, 1059–1064. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.10.1059>
- Graham, Z.A., Lavin, K.M., O'Bryan, S.M., Thalacker-Mercer, A.E., Buford, T.W., Ford, K.M., Broderick, T.J., Bamman, M.M., 2021. Mechanisms of exercise as a preventative measure to muscle wasting. *Am. J. Physiol. - Cell Physiol.* 321, C40–C57. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00056.2021>
- Gray, M., Powers, M., Boyd, L., Garver, K., 2018. Longitudinal comparison of low- and high-velocity resistance training in relation to body composition and functional fitness of older adults. *Aging Clin. Exp. Res.* 30, 1465–73. <https://doi.org/10.1007/s40520-018-0929-6>
- Guralnik, J.M., Ferrucci, L., Pieper, C.F., Leveille, S.G., Markides, K.S., Ostir, G. V., Studenski, S., Berkman, L.F., Wallace, R.B., 2000. Lower Extremity Function and Subsequent Disability: Consistency Across Studies, Predictive Models, and Value of Gait Speed Alone Compared With the Short Physical Performance Battery. *Journals Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 55, M221–M231. <https://doi.org/10.1093/gerona/55.4.m221>

- Guralnik, J.M., Ferrucci, L., Simonsick, E.M., Salive, M.E., Wallace, R.B., 1995. Lower-Extremity Function in Persons over the Age of 70 Years as a Predictor of Subsequent Disability. *N. Engl. J. Med.* 332, 556–562.
<https://doi.org/10.1056/nejm199503023320902>
- Guralnik, J.M., Simonsick, E.M., Ferrucci, L., Glynn, R.J., Berkman, L.F., Blazer, D.G., Scherr, P.A., Wallace, R.B., 1994. A Short Physical Performance Battery Assessing Lower Extremity Function: Association With Self-Reported Disability and Prediction of Mortality and Nursing Home Admission. *J. Gerontol. Med. Sci.* 49, M85–M94.
<https://doi.org/10.1093/geronj/49.2.m85>
- Häkkinen, K., Alen, M., Kallinen, M., Newton, R.U., Kraemer, W.J., 2000. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur. J. Appl. Physiol.* 83, 51–62. <https://doi.org/10.1007/s004210000248>
- Häkkinen, K., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Mälkiä, E., Kraemer, W.J., Newton, R.U., Alen, M., 1998. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J. Appl. Physiol.* 84, 1341–1349. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.84.4.1341>
- Häkkinen, K., Kraemer, W.J., Newton, R.U., Alen, M., 2001. 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. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.2001.00781.x>
- Häkkinen, Keijo, Newton, R.U., Gordon, S.E., McCormick, M., Volek, J.S., Nindl, B.C., Gotshalk, L.A., Campbell, W.W., Evans, W.J., Häkkinen, A., Humphries, B.J., Kraemer, W.J., 1998. Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 53, 415–424.
<https://doi.org/10.1093/gerona/53A.6.B415>
- Häkkinen, Keijo, Pakarinen, A., Kraemer, W.J., Häkkinen, A., Valkeinen, H., Alen, M., 2001. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. *J. Appl. Physiol.* 91, 569–580.

<https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.2.569>

- Henwood, T.R., Riek, S., Taaffe, D.R., 2008. Strength versus muscle power-specific resistance training in community-dwelling older adults. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 63, 83–91.
- Henwood, T.R., Taaffe, D.R., 2008. Detraining and retraining in older adults following long-term muscle power or muscle strength specific training. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 63, 751–758.
- Henwood, T.R., Taaffe, D.R., 2006. Short-term resistance training and the older adult: the effect of varied programmes for the enhancement of muscle strength and functional performance. *Clin. Physiol. Funct. Imaging* 26, 305–313.
<https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2006.00695.x>
- Henwood, T.R., Taaffe, D.R., 2005. Improved physical performance in older adults undertaking a short-term programme of high-velocity resistance training. *Gerontology* 51, 108–115. <https://doi.org/10.1159/000082195>
- Hepple, R.T., 2018. When motor unit expansion in aging muscle fails, atrophy ensues. *J. Physiol.* <https://doi.org/10.1113/JP275981>
- Hepple, R.T., Rice, C.L., 2016. Innervation and neuromuscular control in ageing skeletal muscle. *J. Physiol.* 594, 1965–1978. <https://doi.org/10.1113/JP270561>
- Hortobágyi, T., Mizelle, C., Beam, S., DeVita, P., 2003. Old adults perform activities of daily living near their maximal capabilities. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 58, M453-60.
- Hruda, K. V., Hicks, A.L., McCartney, N., 2003. Training for Muscle Power in Older Adults: Effects on Functional Abilities. *Can. J. Appl. Physiol.* 28, 178–189.
<https://doi.org/10.1139/h03-014>
- Hunter, S.K., Pereira, H.M., Keenan, K.G., 2016. The aging neuromuscular system and motor performance. *J. Appl. Physiol.* 121, 982–995.
<https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00475.2016>
- Hvid, L.G., Strotmeyer, E.S., Skjodt, M., Magnussen, L. V, Andersen, M., Caserotti, P., 2016. Voluntary muscle activation improves with power training and is associated with changes in gait speed in mobility-limited older adults - A randomized controlled trial. *Exp. Gerontol.* 80, 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2016.03.018>

- Iwamoto, J., Suzuki, H., Tanaka, K., Kumakubo, T., Hirabayashi, H., Miyazaki, Y., Sato, Y., Takeda, T., Matsumoto, H., 2009. Preventative effect of exercise against falls in the elderly: a randomized controlled trial. *Osteoporos. Int.* 20, 1233–1240.
<https://doi.org/10.1007/s00198-008-0794-9>
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Ibañez, J., Garrues, M., Antón, A., Zúñiga, A., Larrión, J.L., Gorostiaga, E.M., 2001. Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle-aged and older men. *J. Appl. Physiol.* 90, 1497–1507.
<https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.4.1497>
- Izquierdo, M., Ibañez, J., Gorostiaga, E., Garrues, M., Zúñiga, A., Antón, A., Larrión, J.L., Häkkinen, K., 1999. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol. Scand.* 167, 57–68. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.1999.00590.x>
- Jakovljevic, D.G., 2018. Physical activity and cardiovascular aging: Physiological and molecular insights. *Exp. Gerontol.* 109, 67–74.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.05.016>
- Janssen, I., Shepard, D.S., Katzmarzyk, P.T., Roubenoff, R., 2004. The healthcare costs of sarcopenia in the United States. *J. Am. Geriatr. Soc.* 52, 80–5.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2004.52014.x>
- Jette, A.M., Branch, L.G., 1981. The Framingham Disability Study: II. Physical Disability among the Aging. *Am. J. Public Health* 71, 1121–1126.
- Katsoulis, K., Stathokostas, L., Amara, C.E., 2019. The Effects of High Versus Low-Intensity Power Training on Muscle Power Outcomes in Healthy, Older Adults: A Systematic Review. *J. Aging Phys. Act.* 27, 422–39.
<https://doi.org/10.1123/japa.2018-0054>
- Kelly, N.A., Hammond, K.G., Bickel, C.S., Windham, S.T., Tuggle, S.C., Bamman, M.M., 2018. Effects of aging and Parkinson's disease on motor unit remodeling: Influence of resistance exercise training. *J. Appl. Physiol.* 124, 888–898.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00563.2017>
- Kennis, E., Verschueren, S., Van Roie, E., Thomis, M., Lefevre, J., Delecluse, C., 2014. Longitudinal impact of aging on muscle quality in middle-aged men. *Age (Omaha).*

- 36, 9689. <https://doi.org/10.1007/s11357-014-9689-1>
- Kozakai, R., Tsuzuku, S., Yabe, K., Ando, F., Niino, N., Shimokata, H., 2000. Age-Related Changes Elderly People in Gait Velocity and Leg Extension Power in Middle-Aged and Elderly People. *J. Epidemiol.* 10, S77-81.
- Kung, T.A., Cederna, P.S., Van Der Meulen, J.H., Urbanchek, M.G., Kuzon, W.M., Faulkner, J.A., 2014. Motor unit changes seen with skeletal muscle sarcopenia in oldest old rats. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 69, 657–665. <https://doi.org/10.1093/gerona/glt135>
- Landi, F., Calvani, R., Picca, A., Tosato, M., Martone, A.M., D'Angelo, E., Serafini, E., Bernabei, R., Marzetti, E., 2018. Impact of habitual physical activity and type of exercise on physical performance across ages in community-living people. *PLoS One* 13, 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191820>
- Larsen, A.H., Sørensen, H., Puggaard, L., Aagaard, P., 2009. Biomechanical determinants of maximal stair climbing capacity in healthy elderly women. *Scand. J. Med. Sci. Sport.* 19, 678–686. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00845.x>
- Lavin, K.M., Roberts, B.M., Fry, C.S., Moro, T., Rasmussen, B.B., Bamman, M.M., 2019. The Importance of Resistance Exercise Training to Combat Neuromuscular Aging. *Physiology* 34, 112–122. <https://doi.org/10.1152/physiol.00044.2018>
- Leszczak, T.J., Olson, J.M., Stafford, J., Brezzo, R. Di, 2013. Early adaptations to eccentric and high-velocity training on strength and functional performance in community-dwelling older adults. *J. strength Cond. Res.* 27, 442–448. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825423c6>
- Lexell, J., Downham, D., Sjöström, M., 1986. Distribution of different fibre types in human skeletal muscles: Fibre type arrangement in m. vastus lateralis from three groups of healthy men between 15 and 83 years. *J. Neurol. Sci.* 72, 211–222. [https://doi.org/10.1016/0022-510x\(83\)90164-8](https://doi.org/10.1016/0022-510x(83)90164-8)
- Lexell, J., Henriksson-Larsén, K., Winblad, B., Sjöström, M., 1983. Distribution of different fiber types in human skeletal muscles: Effects of aging studied in whole muscle cross sections. *Muscle Nerve* 6, 588–595. <https://doi.org/10.1002/mus.880060809>
- Lexell, J., Taylor, C.C., Sjöström, M., 1988. What is the cause of the ageing atrophy?.

- Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J. Neurol. Sci.* 84, 275–294.
[https://doi.org/10.1016/0022-510X\(88\)90132-3](https://doi.org/10.1016/0022-510X(88)90132-3)
- Leyva, A., Balachandran, A., Signorile, J.F., 2016. Lower-body torque and power declines across six decades in three hundred fifty-seven men and women: a cross-sectional study with normative values. *J. Strength Cond. Res.* 30, 141–158.
- Lima, L.O., Rodrigues-de-Paula, F., 2012. Muscular power training: a new perspective in physical therapy approach of Parkinson's disease. *Brazilian J. Phys. Ther.* 16, 173–174. <https://doi.org/10.1590/s1413-35552012000200014>
- Lopes, P.B., Pereira, G., Lodovico, A., Bento, P.C.B., Rodacki, A.L.F., 2016. Strength and Power Training Effects on Lower Limb Force, Functional Capacity, and Static and Dynamic Balance in Older Female Adults. *Rejuvenation Res.*
<https://doi.org/10.1089/rej.2015.1764>
- Lopez, P., Wilhelm, E.N., Rech, A., Minozzo, F., Radaelli, R., Pinto, R.S., 2017. Echo intensity independently predicts functionality in sedentary older men. *Muscle and Nerve* 55, 9–15. <https://doi.org/10.1002/mus.25168>
- Lord, S.R., Murray, S.M., Chapman, K., Munro, B., Tiedemann, A., 2002. Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 57, M539–M543. <https://doi.org/10.1093/gerona/57.8.M539>
- Macaluso, A., De Vito, G., 2003. Comparison between young and older women in explosive power output and its determinants during a single leg-press action after optimisation of load. *Eur. J. Appl. Physiol.* 90, 458–463.
<https://doi.org/10.1007/s00421-003-0866-7>
- Marsh, A.P., Miller, M.E., Rejeski, W.J., Hutton, S.L., Kritchevsky, S.B., 2009. Lower extremity muscle function after strength or power training in older adults. *J. Aging Phys. Act.* 17, 416–443.
- Marsh, A.P., Miller, M.E., Saikin, A.M., Rejeski, W.J., Hu, N., Lauretani, F., Bandinelli, S., Guralnik, J.M., Ferrucci, L., 2006. Lower extremity strength and power are associated with 400-meter walk time in older adults: The InCHIANTI study. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 61, 1186–1193.

- McNeil, C.J., Vandervoort, A.A., Rice, C.L., 2007. Peripheral impairments cause a progressive age-related loss of strength and velocity-dependent power in the dorsiflexors. *J. Appl. Physiol.* 102, 1962–1968.
<https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01166.2006>
- Metter, E.J., Conwit, R., Tobin, J., Fozard, J.L., 1997. Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 52, 267–276. <https://doi.org/10.1093/gerona/52A.5.B267>
- Miszko, T.A., Cress, M.E., Slade, J.M., Covey, C.J., Agrawal, S.K., Doerr, C.E., 2003. Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 58, 171–175.
- Mitchell, W.K., Williams, J., Atherton, P., Larvin, M., Lund, J., Narici, M., 2012. Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. *Front. Physiol.* 3, 1–18.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00260>
- Newman, A.B., Kupelian, A.V., Visser, A.M., Simonsick, E., Goodpaster, B., Nevitt, A.M., Kritchevsky, S.B., Tylavsky, F.A., Rubin, S.M., 2003. Sarcopenia: Alternative Definition and Associations with Lower Extremity Function. *J. Am. Geriatr. Soc.* 51, 1602–1609.
- Newman, A.B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E.M., Goodpaster, B.H., Kritchevsky, S.B., Tylavsky, F.A., Rubin, S.M., Harris, T.B., 2006. Strength, But Not Muscle Mass, Is Associated With Mortality in the Health, Aging and Body Composition Study Cohort. *Journals Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 61A, 72–77. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.1.72>
- Newton, R.U., Hakkinen, K., Hakkinen, A., McCormick, M., Volek, J.S., Kraemer, W.J., 2002. Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34, 1367–1375.
- Ni, M., Signorile, J.F., Balachandran, A., Potiaumpai, M., 2016a. Power training induced change in bradykinesia and muscle power in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat. Disord.* 23, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2015.11.028>
- Ni, M., Signorile, J.F., Mooney, K., Balachandran, A., Potiaumpai, M., Luca, C., Moore, J.G., Kuenze, C.M., Eltoukhy, M., Perry, A.C., 2016b. Comparative Effect of Power

- Training and High-Speed Yoga on Motor Function in Older Patients With Parkinson Disease. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 97, 345-354.e15.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.10.095>
- Nilwik, R., Snijders, T., Leenders, M., Groen, B.B.L., van Kranenburg, J., Verdijk, L.B., van Loon, L.J.C., 2013. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. *Exp. Gerontol.* 48, 492–8.
<https://doi.org/10.1016/j.exger.2013.02.012>
- Nogueira, W., Gentil, P., Mello, S.N.M., Oliveira, R.J., Bezerra, A.J.C., Bottaro, M., 2009. Effects of power training on muscle thickness of older men. *Int. J. Sports Med.* 30, 200–204. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1104584>
- Orr, R., de Vos, N.J., Singh, N.A., Ross, D.A., Stavrinou, T.M., Fiatarone-Singh, M.A., 2006. Power training improves balance in healthy older adults. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 61, 78–85.
- Orssatto, L.B. da R., Cadore, E.L., Andersen, L.L., Diefenthaler, F., 2018. Why Fast Velocity Resistance Training Should be Prioritized for Elderly People? *Strength Cond. J.* 41, 105–14. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000407>
- Pamukoff, D.N., Haakonssen, E.C., Zaccaria, J.A., Madigan, M.L., Miller, M.E., Marsh, A.P., 2014. The effects of strength and power training on single-step balance recovery in older adults: a preliminary study. *Clin. Interv. Aging* 9, 697–704.
<https://doi.org/10.2147/CIA.S59310>
- Paterson, D.H., Jones, G.R., Rice, C.L., 2007. [Aging and physical activity data on which to base recommendations for exercise in older adults]. *Appl. Physiol. Nutr. Metab. = Physiol. Appl. Nutr. Metab.* 32 Suppl 2, S75–S171.
<https://doi.org/10.1139/H07-165>
- Pedersen, B.K., 2013. Muscle as a secretory organ. *Compr. Physiol.* 3, 1337–1362.
<https://doi.org/10.1002/cphy.c120033>
- Pereira, A., Izquierdo, M., Silva, A.J., Costa, A.M., Bastos, E., Gonzalez-Badillo, J.J., Marques, M.C., 2012. Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Exp. Gerontol.* 47, 250–255.
<https://doi.org/10.1016/j.exger.2011.12.010>
- Petrella, J.K., Miller, L.S., Cress, M.E., 2004. Leg extensor power, cognition, and

- functional performance in independent and marginally dependent older adults. *Age Ageing* 33, 342–348. <https://doi.org/10.1093/ageing/afh055>
- Piasecki, M., Ireland, A., Piasecki, J., Stashuk, D.W., Swiecicka, A., Rutter, M.K., Jones, D.A., McPhee, J.S., 2018. Failure to expand the motor unit size to compensate for declining motor unit numbers distinguishes sarcopenic from non-sarcopenic older men. *J. Physiol.* 596, 1627–1637. <https://doi.org/10.1113/JP275520>
- Pojednic, R.M., Clark, D.J., Patten, C., Reid, K., Phillips, E.M., Fielding, R.A., 2012. The specific contributions of force and velocity to muscle power in older adults. *Exp. Gerontol.* 47, 608–613. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2012.05.010>
- Powers, S.K., Howley, E.T., 2018. *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance*, 10th ed. McGraw-Hill Education, New York.
- Puthoff, M.L., Nielsen, D.H., 2007. Relationships among impairments in lower-extremity strength and power, functional limitations, and disability in older adults. *Phys. Ther.* 87, 1334–1347.
- Radaelli, R., Botton, C.E., Wilhelm, E.N., Bottaro, M., Brown, L.E., Lacerda, F., Gaya, A., Moraes, K., Peruzzolo, A., Pinto, R.S., 2014. Time course of low- and high-volume strength training on neuromuscular adaptations and muscle quality in older women. *Age (Omaha)*. 36, 881–892. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9611-2>
- Radaelli, R., Brusco, C.M., Lopez, P., Rech, A., Machado, C.L.F., Grazioli, R., Muller, D.C., Cadore, E.L., Pinto, R.S., 2018. Higher muscle power training volume is not determinant for the magnitude of neuromuscular improvements in elderly women. *Exp. Gerontol.* 110, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.04.015>
- Radaelli, R., Brusco, C.M., Lopez, P., Rech, A., Machado, C.L.F., Grazioli, R., Müller, D.C., Tufano, J.J., Cadore, E.L., Pinto, R.S., 2019. Muscle quality and functionality in older women improve similarly with muscle power training using one or three sets. *Exp. Gerontol.* 128, 110745. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2019.110745>
- Raj, I.S., Bird, S.R., Shield, A.J., 2010. Aging and the force-velocity relationship of muscles. *Exp. Gerontol.* 45, 81–90. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2009.10.013>
- Ramirez-Campillo, R., Alvarez, C., Garcia-Hermoso, A., Celis-Morales, C., Ramirez-Velez, R., Gentil, P., Izquierdo, M., 2018. High-speed resistance training in elderly women: Effects of cluster training sets on functional performance and quality of life.

- Exp. Gerontol. 110, 216–222. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.06.014>
- Ramirez-Campillo, R., Castillo, A., de la Fuente, C.I., Campos-Jara, C., Andrade, D.C., Alvarez, C., Martinez, C., Castro-Sepulveda, M., Pereira, A., Marques, M.C., Izquierdo, M., 2014. High-speed resistance training is more effective than low-speed resistance training to increase functional capacity and muscle performance in older women. *Exp. Gerontol.* 58, 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2014.07.001>
- Ramirez-Campillo, R., Diaz, D., Martinez-Salazar, C., Valdes-Badilla, P., Delgado-Floody, P., Mendez-Rebolledo, G., Canas-Jamet, R., Cristi-Montero, C., Garcia-Hermoso, A., Celis-Morales, C., Moran, J., Buford, T.W., Rodriguez-Manas, L., Alonso-Martinez, A.M., Izquierdo, M., 2016. Effects of different doses of high-speed resistance training on physical performance and quality of life in older women: a randomized controlled trial. *Clin. Interv. Aging* 11, 1797–1804. <https://doi.org/10.2147/CIA.S121313>
- Ramirez-Campillo, R., Martinez, C., de La Fuente, C.I., Cadore, E.L., Marques, M.C., Nakamura, F.Y., Loturco, I., Caniuqueo, A., Canas, R., Izquierdo, M., 2017. High-Speed Resistance Training in Older Women: The Role of Supervision. *J. Aging Phys. Act.* 25, 1–9. <https://doi.org/10.1123/japa.2015-0122>
- Rantanen, T., Avela, J., 1997. Leg extension power and walking speed in very old people living independently. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 52, 225–231. <https://doi.org/10.1093/gerona/52A.4.M225>
- Rech, A., Radaelli, R., Goltz, F.R., da Rosa, L.H.T., Schneider, C.D., Pinto, R.S., 2014. Echo intensity is negatively associated with functional capacity in older women. *Age (Omaha)*. 36. <https://doi.org/10.1007/s11357-014-9708-2>
- Reid, K.F., Callahan, D.M., Carabello, R.J., Phillips, E.M., Frontera, W.R., Fielding, R.A., 2008. Lower extremity power training in elderly subjects with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Aging Clin. Exp. Res.* 20, 337–343.
- Reid, K.F., Fielding, R. a, 2012. Skeletal Muscle Power: A Critical Determinant of Physical Functioning in Older Adults. *Exerc Sport Sci Rev* 40, 4–12. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e31823b5f13>
- Reid, K.F., Martin, K.I., Doros, G., Clark, D.J., Hau, C., Patten, C., Phillips, E.M.,

- Frontera, W.R., Fielding, R.A., 2015. Comparative effects of light or heavy resistance power training for improving lower extremity power and physical performance in mobility-limited older adults. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 70, 374–380. <https://doi.org/10.1093/gerona/glu156>
- Reid, K.F., Pasha, E., Doros, G., Clark, D.J., Patten, C., Phillips, E.M., Frontera, W.R., Fielding, R.A., 2014. Longitudinal decline of lower extremity muscle power in healthy and mobility-limited older adults: Influence of muscle mass, strength, composition, neuromuscular activation and single fiber contractile properties. *Eur. J. Appl. Physiol.* 114, 29–39. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2728-2>
- Richardson, D.L., Duncan, M.J., Jimenez, A., Juris, P.M., Clarke, N.D., 2018. Effects of movement velocity and training frequency of resistance exercise on functional performance in older adults: a randomised controlled trial. *Eur. J. Sport Sci.* 1–13. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1497709>
- Roberts, B.M., Lavin, K.M., Many, G.M., Thalacker-Mercer, A., Merritt, E.K., Bickel, C.S., Mayhew, D.L., Tuggle, S.C., Cross, J.M., Kosek, D.J., Petrella, J.K., Brown, C.J., Hunter, G.R., Windham, S.T., Allman, R.M., Bamman, M.M., 2018. Human neuromuscular aging: Sex differences revealed at the myocellular level. *Exp. Gerontol.* 106, 116–124. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.02.023>
- Roberts, S., Colombier, P., Sowman, A., Mennan, C., Rölfling, J.H.D., Guicheux, J., Edwards, J.R., 2016. Ageing in the musculoskeletal system. *Acta Orthop.* 87, 15–25. <https://doi.org/10.1080/17453674.2016.1244750>
- Roman, M.A., Rossiter, H.B., Casaburi, R., 2016. Exercise, ageing and the lung. *Eur. Respir. J.* 48, 1471 LP – 1486. <https://doi.org/10.1183/13993003.00347-2016>
- Rosenberg, I.H., 1989. Summary comments. *Am. J. Clin. Nutr.* 50, 1231–1233. <https://doi.org/10.1093/ajcn/50.5.1231>
- Samson, M., Meeuwse, I.B.A.E., Crowe, A., Dessens, J.A.G., Duursma, S.A., Verhaar, H.J.J., 2000. Relationships between physical performance measures, age, height and body weight in healthy adults. *Age Ageing* 29, 235–242. <https://doi.org/10.1093/ageing/29.3.235>
- Sayers, S.P., 2007. High-speed power training: a novel approach to resistance training in older men and women. A brief review and pilot study. *J. Strength Cond. Res.* 21,

- 518–526. <https://doi.org/10.1519/R-20546.1>
- Sayers, S.P., Bean, J., Cuoco, A., LeBrasseur, N.K., Jette, A., Fielding, R.A., 2003. Changes in function and disability after resistance training: does velocity matter?: a pilot study. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 82, 605–613. <https://doi.org/10.1097/01.PHM.0000078225.71442.B6>
- Sayers, S.P., Brach, J.S., Newman, J.S., Heeren, T.C., Guralnik, J.M., Fielding, R.A., 2004. Use of self-report to predict ability to walk 400 meters in mobility-limited older adults. *J. Am. Geriatr. Soc.* 52, 2099–2103. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2004.52571.x>
- Sayers, S.P., Gibson, K., 2014. High-speed power training in older adults: a shift of the external resistance at which peak power is produced. *J. Strength Cond. Res.* 28, 616–621. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a361b8>
- Sayers, S.P., Gibson, K., 2012. Effects of high-speed power training on muscle performance and braking speed in older adults. *J. Aging Res.* 2012, 426278. <https://doi.org/10.1155/2012/426278>
- Sayers, S.P., Gibson, K., 2010. A comparison of high-speed power training and traditional slow-speed resistance training in older men and women. *J. strength Cond. Res.* 24, 3369–3380. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f00c7c>
- Sayers, S.P., Gibson, K., Cook, C.R., 2012. Effect of high-speed power training on muscle performance, function, and pain in older adults with knee osteoarthritis: a pilot investigation. *Arthritis Care Res. (Hoboken)*. 64, 46–53. <https://doi.org/10.1002/acr.20675>
- Schaap, L.A., Koster, A., Visser, M., 2013. Adiposity, muscle mass, and muscle strength in relation to functional decline in older persons. *Epidemiol. Rev.* 35, 51–65. <https://doi.org/10.1093/epirev/mxs006>
- Signorile, J.F., Carmel, M.P., Czaja, S.J., Asfour, S.S., Morgan, R.O., Khalil, T.M., Ma, F., Roos, B.A., 2002. Differential increases in average isokinetic power by specific muscle groups of older women due to variations in training and testing. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 57, M683-90.
- Skelton, D.A., Greig, C.A., Davies, J.M., Young, A., 1994. Strength, Power and Related Functional Ability of Healthy People Aged 65–89 Years. *Age Ageing* 23, 371–377.

- <https://doi.org/10.1093/ageing/23.5.371>
- Skelton, D.A., Kennedy, J., Rutherford, O.M., 2002. Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age Ageing* 31, 119–125. <https://doi.org/10.1093/ageing/31.2.119>
- Srikanthan, P., Karlamangla, A.S., 2014. Muscle mass index as a predictor of longevity in older adults. *Am. J. Med.* 127, 547–553. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2014.02.007>
- Steib, S., Schoene, D., Pfeifer, K., 2010. Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. *Med. Sci. Sports Exerc.* 42, 902–914. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c34465>
- Stenroth, L., Sillanpää, E., McPhee, J.S., Narici, M. V., Gapeyeva, H., Pääsuke, M., Barnouin, Y., Hogrel, J.Y., Butler-Browne, G., Bijlsma, A., Meskers, C.G.M., Maier, A.B., Finni, T., Sipilä, S., 2015. Plantarflexor muscle-tendon properties are associated with mobility in healthy older adults. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 70, 996–1002. <https://doi.org/10.1093/gerona/glv011>
- Straight, Chad R., Brady, A.O., Evans, E.M., 2013. Muscle Quality in Older Adults. *Am. J. Lifestyle Med.* 9, 130–136. <https://doi.org/10.1177/1559827613510681>
- Straight, C R, Brady, A.O., Schmidt, M.D., Evans, E.M., 2013. Comparison of laboratory- and field-based estimates of muscle quality for predicting physical function in older women. *J Aging Res Clin Pr.* 2, 276–279.
- Straight, C.R., Lindheimer, J.B., Brady, A.O., Dishman, R.K., Evans, E.M., 2016. Effects of Resistance Training on Lower-Extremity Muscle Power in Middle-Aged and Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Med.* 46, 353–364. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0418-4>
- Suzuki, T., Bean, J.F., Fielding, R.A., 2001. Muscle Power of the Ankle Flexors Predicts Functional Performance in Community-Dwelling Older Women. *J. Am. Geriatr. Soc.* 49, 1161–1167. <https://doi.org/10.1007/BF00635870>
- Tan, Q.L.L., Chye, L.M.Y., Ng, D.H.M., Chong, M.S., Ng, T.P., Wee, S.L., 2018. Feasibility of a community-based Functional Power Training program for older adults. *Clin. Interv. Aging* 13, 309–316. <https://doi.org/10.2147/CIA.S157911>
- Tiggemann, C.L., Dias, C.P., Radaelli, R., Massa, J.C., Bortoluzzi, R., Schoenell,

- M.C.W., Noll, M., Alberton, C.L., Krueger, L.F.M., 2016. Effect of traditional resistance and power training using rated perceived exertion for enhancement of muscle strength, power, and functional performance. *Age (Dordr)*. 38, 42.
<https://doi.org/10.1007/s11357-016-9904-3>
- Tschopp, M., Sattelmayer, M.K., Hilfiker, R., 2011. Is power training or conventional resistance training better for function in elderly persons? A meta-analysis. *Age Ageing* 40, 549–556. <https://doi.org/10.1093/ageing/afr005>
- Uematsu, A., Hortobágyi, T., Tsuchiya, K., Kadono, N., Kobayashi, H., Ogawa, T., Suzuki, S., 2018. Lower extremity power training improves healthy old adults' gait biomechanics. *Gait Posture* 62, 303–310.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.03.036>
- Uematsu, A., Tsuchiya, K., Kadono, N., Kobayashi, H., Kaetsu, T., Hortobágyi, T., Suzuki, S., 2014. A behavioral mechanism of how increases in leg strength improve old adults' gait speed. *PLoS One* 9, 1–7.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110350>
- van den Beld, A.W., Kaufman, J.-M., Zillikens, M.C., Lamberts, S.W.J., Egan, J.M., van der Lely, A.J., 2018. The physiology of endocrine systems with ageing. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 6, 647–658. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(18\)30026-3](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(18)30026-3)
- Verbrugge, L.M., Jette, A.M., 1994. The disablement process. *Soc. Sci. Med.* 38, 1–14.
<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.03.111>
- Visser, M., Goodpaster, B.H., Kritchevsky, S.B., Newman, A.B., Nevitt, M., Rubin, S.M., Simonsick, E.M., Harris, T.B., 2005. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *Journals Gerontol. - Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 60, 324–333.
<https://doi.org/10.1093/gerona/60.3.324>
- Visser, M., Kritchevsky, S.B., Goodpaster, B.H., Newman, A.B., Nevitt, M., Stamm, E., Harris, T.B., 2002. Leg Muscle Mass and Composition in Relation to Lower Extremity Performance in Men and Women Aged 70 to 79: The Health, Aging and Body Composition Study. *J. Am. Geriatr. Soc.* 50, 897–904.
- Webber, S.C., Porter, M.M., 2010. Effects of ankle power training on movement time in mobility-impaired older women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 42, 1233–1240.

<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181cdd4e9>

Wilhelm, E.N., Rech, A., Minozzo, F., Radaelli, R., Botton, C.E., Pinto, R.S., 2014.

Relationship between quadriceps femoris echo intensity, muscle power, and functional capacity of older men. *Age (Omaha)*. 36, 1113–1122.

<https://doi.org/10.1007/s11357-014-9625-4>

Williamson, E.J., Walker, A.J., Bhaskaran, K., Bacon, S., Bates, C., Morton, C.E., Curtis, H.J., Mehrkar, A., Evans, D., Inglesby, P., Cockburn, J., McDonald, H.I.,

MacKenna, B., Tomlinson, L., Douglas, I.J., Rentsch, C.T., Mathur, R., Wong, A.Y.S., Grieve, R., Harrison, D., Forbes, H., Schultze, A., Croker, R., Parry, J.,

Hester, F., Harper, S., Perera, R., Evans, S.J.W., Smeeth, L., Goldacre, B., 2020. Factors associated with COVID-19-related death using OpenSAFELY. *Nature* 584, 430–436. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2521-4>

World Health Organization, 2015. World report on ageing and health.

World Health Organization, 2013. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases, World Health Organization. [https://doi.org/ISBN 978 92 4 150623 6](https://doi.org/ISBN%209789241506236)

World Health Organization, 2001. International Classification of Functioning, Disability, and Health. Geneva.

Zech, A., Drey, M., Freiburger, E., Hentschke, C., Bauer, J.M., Sieber, C.C., Pfeifer, K., 2012. Residual effects of muscle strength and muscle power training and detraining on physical function in community-dwelling prefrail older adults: a randomized controlled trial. *BMC Geriatr.* 12, 68. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-12-68>

ARTIGO 2

Artigo intitulado “**High-velocity resistance training mitigates physiological and functional impairments in middle-aged and older adults with and without mobility-limitation**”, atualmente submetido para o periódico *GeroScience (AGE)*.

Artigo submetido em 26/07/2021 e atualmente na segunda rodada de revisão por pares.

High-velocity resistance training mitigates physiological and functional impairments in middle-aged and older adults with and without mobility-limitation

Gustavo Z. Schaun^{1,2*}, Marcas M. Bamman^{2,3}, Luana S. Andrade¹, Gabriela B. David¹, Vitor L. Krüger¹, Eduardo F. Marins¹, Gabriela N. Nunes¹, Mariana S. Häfele¹, Graciele F. Mendes¹, Maria Laura B. Gomes¹, Paula C. Campelo¹; Stephanie S. Pinto¹, Cristine L. Alberton¹

¹Neuromuscular Assessment Laboratory, Physical Education School, Federal University of Pelotas, Pelotas, RS, Brazil.

²UAB Center for Exercise Medicine, University of Alabama at Birmingham, Birmingham, AL.

³Florida Institute for Human and Machine Cognition, Pensacola, FL.

Corresponding author

Gustavo Z. Schaun

E-mail: gustavoschaun@hotmail.com

Tel: +55 53 3273-2752 / Fax: +55 53 3273-3851

Address: Rua Luís de Camões, 625; Tablada, Pelotas-RS, Brazil. 96055-630.

Running head: High-velocity resistance training & aging

ORCID

Gustavo Z. Schaun, M.Sc. - 0000-0003-3339-714X

Marcas M. Bamman, Ph.D. - 0000-0002-5017-5453

Luana S. Andrade, M.Sc. - 0000-0003-3819-0690

Gabriela B. David, Ph.D. - 0000-0001-6886-5690

Vitor L. Krüger, B.Sc.

Eduardo F. Marins, M.Sc. - 0000-0003-4099-4022

Gabriela N. Nunes, M.Sc. - 0000-0001-8047-086X

Mariana S. Häfele, Ph.D.

Graciele F. Mendes, M.Sc.

Maria Laura B. Gomes, Ph.D. - 0000-0002-5110-5529

Stephanie S. Pinto, Ph.D. - 0000-0003-4555-2717

Cristine L. Alberton, Ph.D. - 0000-0002-5258-9406

Abstract

The aim of the present study was to compare the neuromuscular, morphological, and functional responses to a high-velocity resistance training (HVRT) program between three cohorts: middle-aged adults (40-55 years, $n=18$), healthy older adults (>60 years, $n=18$) and mobility-limited older adults ($n=8$). Participants were tested before and after a 4-week control period and then assigned to a 12-week HVRT intervention. Investigated outcomes included ultrasound-derived muscle thickness and quality, maximal dynamic strength (1RM), maximal voluntary isometric contraction (MVIC) and muscle activation (sEMG), as well as muscle power and functional performance. After the intervention quadriceps muscle thickness, 1RM, and sEMG improved in all three groups (all $p<0.05$), whereas muscle quality improved only in middle-aged and older participants ($p\leq 0.001$), and MVIC only in middle-aged and mobility-limited older adults ($p<0.05$). With a few exceptions, peak power improved in all groups from 30-90% 1RM ($p<0.05$) both when tested relative to pre-training or post-training 1RM workloads (all $p < 0.05$). Both mobility-limited older adults and older adults improved their Short Physical Performance Battery score ($p<0.05$). Chair stand, stair climb, maximal gait speed, and timed up-and-go performance, on the other hand, improved in all three groups ($p<0.05$), but no change was observed for habitual gait speed and 6-min walk test performance. Overall, our results demonstrate that a HVRT intervention can build a stronger foundation in middle-aged individuals so that they can better deal with age-related impairments at the same time that it can mitigate already present physiological and functional impairments in older adults with and without mobility-limitation.

KEY WORDS: aged, exercise, resistance training, physical functional performance, mobility limitation

1. Introduction

The number of middle-aged and older adults in the population is expanding [1,2]. As these individuals age, a series of physiological declines are observed, such as reductions in muscle mass, strength and power [3]. Recent evidence indicates that the annual reduction rates in power (~3-6%) are higher when compared to those of muscle mass and strength (~1-3%) [4–8]. This considerable muscle power loss during the aging process is worrisome because power is associated with and is an important predictor of functional performance in elderly people [9–12]. It should be noted, however, that the loss of lower limb muscle mass, strength, and power seems to begin as early as the fourth decade and, therefore, it is important that preventive measures be implemented as soon as possible and not just later in life [13,14].

Progressive resistance training is recommended as a safe and effective way to prevent neuromuscular impairments and to maintain functional performance in individuals over fifty years [15–20]. High-velocity resistance training (HVRT), specifically, seems superior to traditional resistance training for improving muscle power [16,21] and physical functioning [16] in these individuals, whereas both training modes lead to considerable strength and muscle mass adaptations [21–23]. These results may be achieved using only low to moderate loads, which may be advantageous for naïve exercisers and those with greater limitations, such as mobility-limited older adults. In fact, both middle-aged and older healthy adults [24–28], as well as older adults with limited mobility [29–35], can increase muscle power and improve functional performance after a structured HVRT program.

The majority of previous investigations comparing older adults with and without mobility limitations, as well as middle-aged adults, are observational in nature [9,36,37], whereas most experimental trials investigating the effects of HVRT analyzed only one of these groups at a time. Collectively, these investigations suggest that elderly individuals' capacity to respond to the training stimuli remains mostly preserved [15,16,20], but differences in protocols, exercises, training volume, intensity, intervention duration, and

outcomes of interest make it difficult to compare adaptations to HVRT in these different groups across separate studies.

It was recently proposed that the mechanisms involved in the loss of muscle power may differ between healthy older adults and those with mobility limitations [7]. After a three-year follow-up period and similar reductions in lower limb muscle power, only mobility-limited older individuals presented reductions in muscle mass and strength, whereas only the healthy participants showed a reduction in the rate of neuromuscular activation of the agonist muscles. The same research group had already demonstrated differences in the associations between lower limb muscle power and its determinants (i.e. force and velocity) between middle-aged adults, healthy older adults and mobility-limited older adults [37]. That is, whereas only force significantly explained the variation in muscle power in the middle-aged participants, both force and velocity explained muscle power in healthy elderly individuals and only velocity in mobility-limited older adults. Collectively, these results suggest that velocity's importance for muscle power production increases with both age and severity of mobility impairment. As such, it is possible that even if these different individuals respond similarly to a HVRT program, the mechanisms driving the responses may differ according to the group being studied.

The magnitude of muscle power gains are similar when HVRT is performed using high or low loads [34,38,39]; however, the relationship between muscle power and functional performance can differ according to the relative load in which muscle power is measured and the functional test chosen [40]. That is, whereas power measured at 40 and 70% of one repetition maximum (1RM) explained the time required to climb a flight of stairs and to rise from a chair similarly, gait speed was better explained by power measured at the lower intensity. Investigating how HVRT affects muscle power, force and velocity throughout different percentages of 1RM may, therefore, provide additional information to better understand the adaptations, or lack thereof, in certain functional tests [41].

To the best of our knowledge no prior trial has compared HVRT adaptations between these different groups of individuals prescribed the same training program and the

possible differences in training adaptations. Thus, the aim of the present study was to compare the neuromuscular, morphological and functional responses to a HVRT program across three cohorts: middle-aged adults, healthy older adults and mobility-limited older adults. Our working hypothesis was that the three groups would improve their neuromuscular and morphological measures, whereas functional capacity would only improve in the older adults' groups, and to a higher degree on the mobility-limited individuals. In addition, we hypothesized that improvements in muscle power between the groups would result from distinct contributions from force and velocity. These results have the potential to increase our understanding of cohort specific HVRT adaptations and to improve HVRT prescription strategies according to the specific needs of each group.

2. Methods

2.1 Participants

Middle-aged adults (40-55 years) and older adults (>60 years) with and without mobility limitations were included in the present investigation. Sample size was calculated based on the effect size of previous intervention studies on older adults with mobility limitations or self-reported limitation [e.g., 42–44], as well as on the effect size of a recent meta-analysis that investigated the effect of HVRT on lower limb muscle power in middle-aged and elderly adults [20]. Thus, considering $\alpha = 0.05$, 80% power, and an effect size of 0.22 a total sample of 54 individuals, 18 per group, was estimated. The study was advertised through newspapers and social media. Initial contact with potential participants was made through telephone pre-screens during which the inclusion and exclusion criteria (Table 1) were reviewed using a standardized form; those deemed eligible and that remained interested were then invited for an in-person interview at the university. Individuals over 60 years of age were also asked about possible mobility limitations [i.e. self-reported difficulty in at least one of the following tasks: walking 400 m, climbing stairs, lifting and carrying groceries, getting out of the bathtub or shopping; ,45].

Table 1. Eligibility criteria

<i>Inclusion criteria</i>
Age between 40-55 years or above 60 years
Self-reported and verified ability to exercise;
No intention to move or travel during the study period;
Mobility-limited older adults: self-reported mobility limitation by telephone, which was verified during the first visit to the laboratory (<i>Short Physical Performance Battery</i> ≤ 9);
<i>Exclusion criteria</i>
Inability or refusal to sign the informed consent form;
Cognitive impairment (<i>Mini mental state examination</i> < 23);
Current or previous participation in structured exercise ($> 1x/week$) in the past six months;
Stroke, revascularization, deep vein thrombosis or pulmonary embolism history in the past 12 months;
Cancer requiring treatment in the past 24 months;
Severe cardiovascular disease (class III and IV heart failure, uncontrolled arrhythmia, unstable angina or use of an implantable defibrillator), uncontrolled systemic hypertension ($> 160/90$ mmHg), chronic pulmonary disease requiring O_2 or corticosteroid therapy; kidney disease requiring dialysis or hormone replacement therapy;
Diagnosis of progressive neurological disorders (Parkinson's, multiple sclerosis, etc.), musculoskeletal disorders, osteoarthritis, or rheumatoid arthritis;
Fracture, prosthesis placement or serious injury in the last 6 months;

At the university, volunteers answered a health questionnaire to verify their eligibility and then signed an informed consent form to participate in the study, which was approved by the Federal University of Pelotas Ethics Review Board (CAAE: 13459719.0.0000.5313) in accordance with the Declaration of Helsinki. During this visit, older participants also performed the Short Physical Performance Battery (SPPB) and those with a score ≤ 9 points were classified as being mobility-limited for the purpose of the present study [46,47].

2.2. Experimental procedures

The experimental design of the study is shown in Figure 1. All participants attended two familiarization sessions. During these sessions they were introduced to the exercises and tests that they would perform with an emphasis on technique and movement velocity. Following familiarization and prior to the intervention, subjects were tested before (baseline) and after (pre-intervention) a 4-week control wash-in period. In each of these time points, participants completed two days of testing. On the first day, knee extensors ultrasound images were taken followed by knee extension (KE) maximal voluntary isometric contractions, KE 1RM and power tests, whereas on the second day leg press (LP) 1RM and power tests were followed by a battery of functional tests. No exercise was scheduled during the control period and participants were advised to maintain their normal routine throughout it. Participants were then assigned to a 12-week HVRT program, twice per week, and all outcomes were reassessed in three separate visits at least 72 hours after the last training session (post-intervention). The first two sessions were similar to those at the baseline and pre-intervention time points, whereas in the third session participants repeated both KE and LP power tests in a counterbalanced order using the 1RM load corresponding to the Baseline time point. All post-intervention tests were completed within two weeks. Throughout the study, both the time (± 2 h) and order of the tests, as well as outcome assessors were kept constant, and the participants were instructed to avoid the consumption of caffeine/alcohol and the practice of vigorous physical activities in the 24 h preceding them.

Phase	Day	Tests	
Familiarization	1	Familiarization with exercises	
	2	Familiarization with exercises; 1RM estimation	

Pre-intervention			
Phase	Week	Day	Tests
Baseline	-4	1	Ultrasound; MVIC + sEMG; KE 1RM + Power (30-90% 1RM)
		2	LP 1RM + Power (30-90% 1RM); Functional measures

Phase	Week	Day	Tests
Pre	0	1	Ultrasound; MVIC + EMG; KE 1RM + Power (30-90% 1RM)
		2	LP 1RM + Power (30-90% 1RM); Functional measures

Intervention (12 weeks)						
Exercises	Week	Day	Volume (sets x reps) & Load	Week	Day	Volume (sets x reps) & Load
Leg press, knee extension, plantar flexion, horizontal bench press, seated row	1	1	1 x 8-10 @ 40% 1RM*	7	1	3 x 8-10 @ 40% 1RM
		2	1 x 8-10 @ 60% 1RM		2	3 x 8-10 @ 60% 1RM
	2	1	2 x 8-10 @ 40% 1RM†	8	1	3 x 8-10 @ 40% 1RM
		2	2 x 8-10 @ 60% 1RM		2	3 x 8-10 @ 60% 1RM
	3	1	2 x 8-10 @ 40% 1RM	9	1	3 x 8-10 @ 40% 1RM
		2	2 x 8-10 @ 60% 1RM		2	3 x 8-10 @ 60% 1RM
	4	1	2 x 8-10 @ 40% 1RM	10	1	3 x 8-10 @ 40% 1RM
		2	2 x 8-10 @ 60% 1RM		2	3 x 8-10 @ 60% 1RM
	5	1	2 x 8-10 @ 40% 1RM	11	1	3 x 8-10 @ 40% 1RM
		2	2 x 8-10 @ 60% 1RM		2	3 x 8-10 @ 60% 1RM
	6‡	1	2 x 8-10 @ 40% 1RM	12	1	3 x 8-10 @ 40% 1RM
		2	2 x 8-10 @ 60% 1RM		2	3 x 8-10 @ 60% 1RM

Post-intervention			
Phase	Week	Day	Tests
Post	13	1	Ultrasound; MVIC + EMG; KE 1RM + Power (30-90% post-training 1RM)
		2	LP 1RM + Power (30-90% post-training 1RM); Functional measures
	14	3	KE and LP Power (30-90% pre-training 1RM)

Figure 1. Experimental design of the study. BP = resting blood pressure; HR = resting heart rate; 1RM = one repetition maximum test; SF-36 = quality of life questionnaire; GDS-15 geriatric depression scale; MVIC = maximal voluntary isometric contraction; EMG = surface electromyography; KE = knee extension; LP = leg press. *for the exercises beyond KE and LP, initial training loads were determined based on predicted %1RM (BRZYCKI, 1993); †2 min between sets; ‡ loads were increased by 5% after week 6.

2.3 Measurements

Ultrasound measures

In the first testing session, subjects reported to the lab and rested for 5 min in the supine position [48]. Five images from the rectus femoris (RF), vastus intermedius (VI), vastus lateralis (VL) and vastus medialis (VM) muscles of the right limb were then obtained by B-mode ultrasound (Tosbee/SSA-240a, Toshiba®, Japan) using a 7.5 MHz linear-array probe positioned perpendicularly to the muscle of interest. RF, VI and VL images were obtained at 50% of the distance between the lateral condyle and the greater trochanter of the femur, whereas VM images were obtained at 20% of the same distance [49,50]. Images were analyzed using the ImageJ software v1.52a (*National Institutes of Health*, Bethesda, USA). RF, VL and VM muscle thicknesses were defined as the distance between the superficial and deep muscle aponeurosis, whereas VI thickness corresponded to the distance between the superficial aponeurosis and the hyperechoic interface of the femur. Muscle quality, on the other hand, was determined based on the muscles' echo intensity values using a grayscale analysis function on the ImageJ software, and expressed in arbitrary units between 0 (black, higher quality) and 255 (white, lower quality). For this purpose, in each muscle image a region of interest was selected including as much muscle area as possible, while avoiding other tissues (see Suppl Fig. 1 for a representative ultrasound image). Muscle thickness and echo intensity values are presented for RF, VI, VL and VM individually as the average value between all its five images and also for the quadriceps femoris as the sum (muscle thickness) and average (echo intensity) of the individual muscle values, respectively. Probe positions were carefully mapped to ensure an identical positioning between baseline, pre-intervention and post-intervention time points [51,52].

Maximal isometric contraction

After the ultrasound measures were taken, participants undertook a maximal voluntary unilateral knee extension isometric contraction (MVIC) test. They were positioned on the knee extension machine (NEWFIT®, Cascavel, Brazil) at 90° of hip and knee flexion and were instructed to exert maximal force as fast as possible while receiving strong verbal encouragement. Each participant had three attempts lasting ~5 s and 2 min were allowed

between attempts. Maximal isometric force was measured using a load cell (Miotec®, Porto Alegre, Brazil) with 200 kgf capacity.

Surface EMG measures

Neuromuscular activation of the RF and VL muscles and biceps femoris (BF) antagonist coactivation were measured during the MVIC test using surface electromyography (sEMG; Miotool400, Miotec®, Porto Alegre, Brazil). Briefly, Ag/AgCl electrodes (Meditrace®, Mansfield, Canada) were positioned in bipolar configuration (30 mm interelectrode distance) on the muscle belly of each muscle in participants' right limb following established recommendations [53], and a reference electrode was also placed on the tibial tuberosity. Electrode positions were carefully mapped to ensure an identical positioning between baseline, pre-intervention and post-intervention time points [51,52].

Both force and sEMG signals were collected using the MiotecSuite software (Miotec®, Porto Alegre, Brazil) and stored for subsequent analysis on LabView 2019 (National Instruments, Austin, United States). Force signals were filtered using a low-pass fifth-order Butterworth digital filter at a cutoff frequency of 8 Hz and sEMG signals were band-pass filtered by a fifth-order Butterworth digital filter at a frequency range set between 20 and 500 Hz. The maximal isometric force (kgf) and the root mean square value of the sEMG signal (μV) were then determined in the highest 1-s epoch of the force-time signal.

Maximal dynamic strength

Maximal dynamic strength was measured via bilateral KE and LP 1RM tests (New Fitness®, São Paulo, Brazil), as shown in Figure 1. Participants first performed a 10 repetitions warm-up set at a load equivalent to 50% of their estimated 1RM, which was determined during familiarization, and the resistance was increased until only one repetition could be performed using appropriate technique and range of motion. After each attempt resistance was adjusted based on the Lombardi scale (1989). 1RM load (in kg) was determined in no more than five attempts separated by 3 min intervals. To ensure a reliable measure, both KE and LP range of motion were registered during the baseline

sessions using a custom-built device similar to the one applied by Radaelli et al. [28] and replicated during both pre- and post-intervention time points.

Muscle power

Following completion of the 1RM tests, participants rested for 20-30 min and then performed KE and LP power testing by completing one repetition with each load corresponding to 30, 40, 50, 60, 70, 80 and 90% 1RM with 1 min intervals between each set [10,45,54]. Participants were instructed to perform the concentric phase of each repetition as fast possible and the eccentric phase in 2 s [45]. For each repetition the peak velocity, force and power were determined during the concentric portion of the exercises using a linear position transducer (Chronojump BoscoSystem®, Barcelona, Spain) attached to the weight stack on the KE machine and perpendicular to the motion trajectory on the LP machine sled to ensure a direct vertical displacement in both exercises. [30]. Similar to the 1RM test, both KE and LP range of motion were registered during the baseline sessions using the same custom-built device and were replicated during both pre- and post-intervention time points. In addition, during post-intervention assessments, power tests were performed both at 30-90% of the post- and pre-intervention 1RM loads in separate visits, as shown in Figure 1 [55], to assess changes in both relative and absolute power.

Functional performance

Short Physical Performance Battery. The SPPB is a validated, widely employed test to assess functional capacity due to its strong association with disability, mobility limitation and because it is also a predictor of institutionalization and mortality [46,56]. The battery is based on three different tasks: static balance, gait speed and chair stand. For the static balance test, participants were instructed to stand for 10 s in three different positions, feet side-by-side, semi-tandem stance and tandem stance. Gait speed was measured based on the time required for the participants to walk a 4-m distance at their habitual gait speed and chair rise performance was measured through the time required for participants to rise from a chair (0.43 m high) and return to the seated position five times as fast as possible. Based on objective criteria, each task receives a score between 0

and 4 points and the sum of the individual scores determines the final SPPB score ranging from 0 to 12 (lower values indicate worse functional performance).

Gait speed. Although gait speed is part of the SPPB test, it is also an individual predictor of disability and all-cause mortality [57–59] and, therefore, it was also measured separately in the present study. Participants were instructed to walk a 10-m distance at their habitual and maximal gait speeds [60,61] in separated trials. To avoid acceleration and deceleration interference, a 1-m distance both before and after the 10-m track was provided. The time required to cover the distance was measured using a stopwatch and the corresponding gait speed was determined in $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Each participant had two attempts per speed with 1 min interval between them and the best result was used for analysis. The use of a longer distance in comparison to the SPPB (10 vs. 4 m), as well as additionally testing maximal gait speed, aims to provide a greater sensitivity to discriminate between the three groups investigated [60].

Chair stand. The chair stand test is also part of the SPPB battery, however, we chose to measure it separately to better discriminate the groups investigated and also to eliminate possible ceiling effects [as previously suggested by 62]. Participants began seated on a chair (0.43 m height) with both arms crossed over their chest and feet shoulder width apart and were instructed to rise up as many times as possible in 30 s. Only one attempt of this test was performed, and the number of repetitions was used for the analysis. The major difference between this specific test and the chair stand in the SPPB is its focus on maximal repetition number in a standardized amount of time, as opposed to the SPPB which defines a standardized number of repetitions with time allowed to vary as the dependent variable. Additionally, this 30 s test enables some assessment of short-term fatigue.

Stair climb. Participants were instructed to climb a flight of stairs (10 steps, 17 cm each) as fast as possible, without using the handrails. The time required to complete the task was measured using a stopwatch from the moment the participants put their foot on the

first step to when both feet were on the last step. Each participant had two attempts with 1 min interval between them and the best time was used for analysis.

Timed Up and Go. Agility and dynamic balance were assessed using the Timed Up and Go (TUG) test. The test began with participants seated on a chair and a cone positioned 3 m away in front of them [63]. At the investigator's command, participants rose from the chair, walked as fast as possible without running around the cone and returned to the initial seated position. The time required to perform the task was measured using a stopwatch and the lower value between two attempts was used in the analysis.

6-min Walk Test. The test was performed on a 30-m flat surface in which participants were instructed to walk back and forth as many times as they could for 6 min. Incentives were provided every min (e.g. "You are doing well, there are X min left"). Participants performed the test once and the total distance covered was used in the analysis.

2.4 Training program

After baseline testing, participants underwent a 12-week HVRT program, which is shown in detail in Figure 1. Participants exercised twice per week in non-consecutive days and all exercise sessions were supervised by trained instructors (2:1 ratio). After a 10-min warm-up containing general and specific warm-up activities with submaximal loads (i.e., horizontal bike and leg press or knee extension), participants performed 1-3 sets of 8-10 repetitions of 5 different exercises (see Figure 1 for volume progression). The exercises were leg press, bilateral knee extension, seated plantar flexion, horizontal chest press and seated row. All individuals were instructed to perform the concentric phase of movements as fast as possible and the eccentric phase in 2 s, while maintaining exercise range of motion.

Exercise intensity was prescribed based on the 1RM percentage measured during the leg press and knee extension exercises, and on the estimated 1RM percentage for the remaining exercises [64], which was determined during the familiarization session [as performed in 65]. Specifically, the first weekly session was performed at 40% 1RM and

the second session at 60% 1RM. In addition, the load for each exercise was increased by 5% after the sixth week of training to account for strength adaptations.

2.5 Statistical analysis

Data are reported as mean $\pm$ standard deviation (SD) unless stated otherwise. Training-related adaptations in the outcomes between pre- and post-training time points were tested using Generalized Estimating Equation models (GEE) and group main effects were analyzed using Bonferroni's post hoc. To confirm the efficacy of the control wash-in period, GEE and Bonferroni's post hoc were also used to compare the outcomes between the control and baseline time points. In the case of a significant interaction, within-group and between-group effects were further tested using Bonferroni's post hoc. In addition, Cohen's d effect sizes were determined and classified as small (≥ 0.2); moderate (≥ 0.5); large (≥ 0.8); and very large (≥ 1.3), as suggested by Sullivan & Feinn (2012). Finally, to gain a better insight on HVRT regenerative capacity, outcomes from the mobility-limited older adults group that were found to be significantly increased after the intervention were compared to the pre-training values of the older adults group using independent-samples t-tests to verify if the training effect was sufficient to bring about a more functional phenotype. The same was also performed for comparing older and middle-aged adults. All analyses were performed using SPSS (v. 25.0., IBM, USA) with a significance level set at $\alpha = 0.05$.

3. Results

The study workflow is shown in Figure 2 and the characteristics of the participants included in the analysis are presented in Table 2. Initial contact was made through telephone pre-screens with 180 individuals, 58 of which were deemed as potentially eligible and invited for an in-person interview. Of these, nine were excluded for not meeting the inclusion criteria and four declined to participate. Thus, forty-five individuals, including 19 middle-aged adults (40-55 years); 18 older adults (>60 years) and 8 mobility-limited older adults (>60 years) volunteered to participate and were included in the study. Although a second recruitment wave was scheduled to achieve the estimated sample

size for the mobility-limited older adults' group, the COVID-19 pandemic and the restrictions imposed by it made it impractical/unfeasible to fulfill this goal.

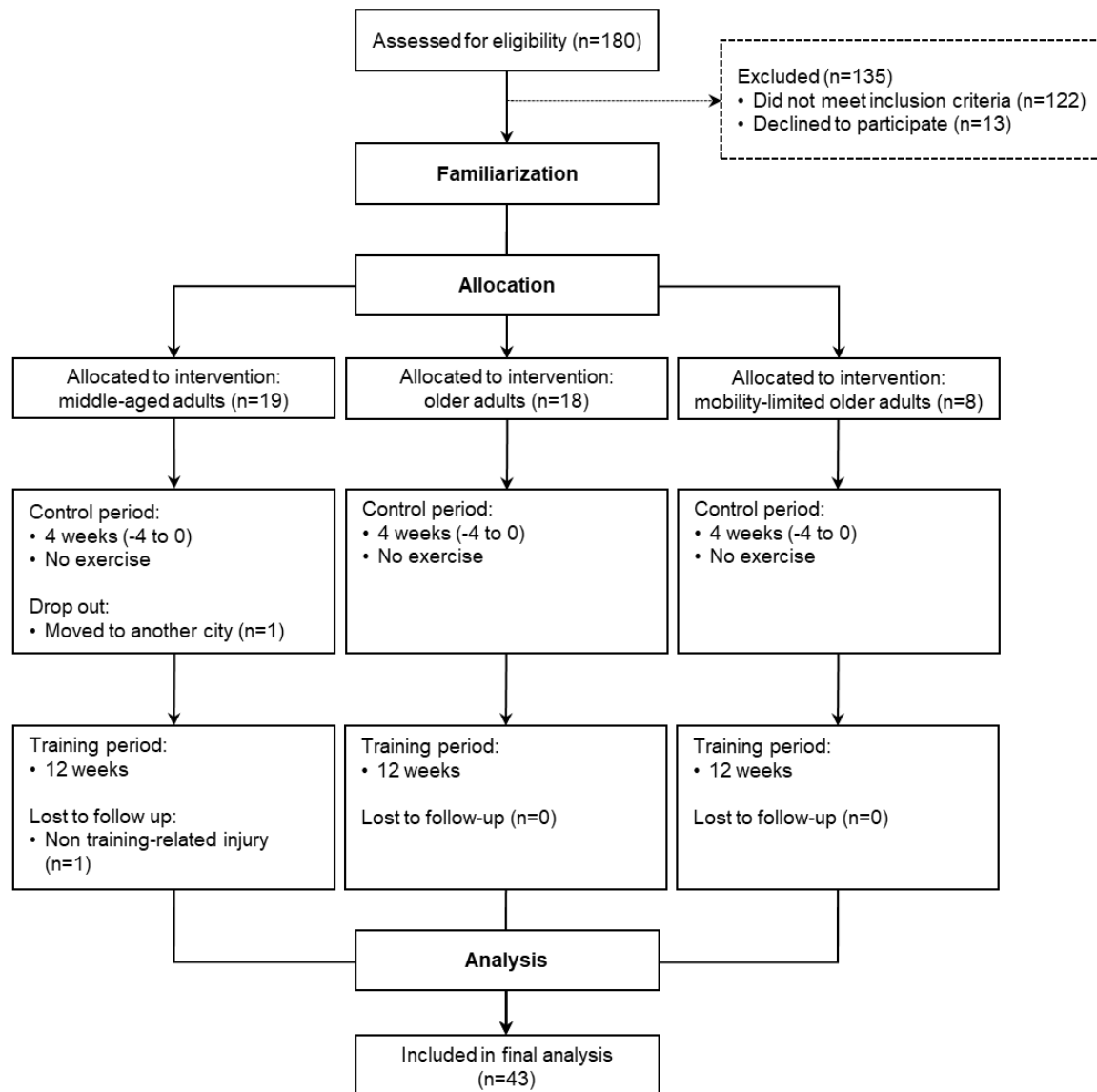


Figure 2. Study workflow

Except for two participants in the middle-aged group, there were no other dropouts throughout the intervention. Of these, one woman was transferred to another city prior to baseline testing, and one had a back injury not related to the intervention at the second

week of training. Thus, 43 participants completed the training program and 44 with pre-intervention data were included in the analyses. Training compliance, i.e., the degree to which participants adhered to an assigned treatment protocol, was high and corresponded to $90.7 \pm 7.3\%$, $94.4 \pm 5.5\%$ and $90.6 \pm 10.1\%$ for middle-aged, older and mobility-limited older adults, respectively. More specifically, participants attended 952 ($92.2 \pm 7.3\%$) of the 1032 planned training sessions, of which 950/952 (99.8%) were completed. Finally, twenty-five adverse events (from thirteen participants (4 middle-aged, 4 older adults and 5 mobility-limited older adults) were registered throughout the intervention. The majority were classified as mild ($n = 14$) or moderate ($n = 7$) and were mostly related to musculoskeletal conditions, such as muscle soreness. In addition, only 7 events were considered as definitely related to the intervention, of which 4 resulted in acute modifications to the training session (the reader is referred to Suppl. File 1 for a detailed list of adverse events).

Table 2. Characteristics of the included participants at baseline.

	MID (n = 18)	OLD (n = 18)	LIM (n = 8)
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD
Age (years)	48.9 $\pm$ 14.2	68.9 $\pm$ 6.5	77.3 $\pm$ 8.2
Height (m)	1.67 $\pm$ 0.09	1.66 $\pm$ 0.09	1.64 $\pm$ 0.07
Body mass (kg)	73.3 $\pm$ 13.1	74.5 $\pm$ 14.7	70.2 $\pm$ 12.8
Body mass index	26.2 $\pm$ 3.1	26.9 $\pm$ 4.3	25.9 $\pm$ 2.6
Waist circumference (cm)	86.8 $\pm$ 9.9	93.7 $\pm$ 12.8	91.2 $\pm$ 9.6
SBP (mmHg)	120.0 $\pm$ 14.2	126.0 $\pm$ 17.3	128.2 $\pm$ 20.1
DBP (mmHg)	76.3 $\pm$ 9.8	71.4 $\pm$ 8.1	67.0 $\pm$ 8.8
SPPB (score)	11.8 $\pm$ 0.5	11.5 $\pm$ 0.7	8.1 $\pm$ 1.0
Sex	9F & 9M	9F & 9M	3F & 5M

SBP = systolic blood pressure; DBP = diastolic blood pressure; SPPB = short physical performance battery score at baseline.

Control period

With the exception of LP and KE 1RM ($p = 0.007$ and $p = 0.001$, respectively), LP peak power at 50% ($p = 0.025$) and 70% ($p = 0.021$), KE peak power at 30% ($p = 0.019$), quadriceps muscle thickness ($p = 0.005$, older adults' group only), and 30STS

performance ($p = 0.003$), no other differences were observed between baseline and pre-intervention results (all > 0.05). In addition, despite being statistically different, effect sizes for the aforementioned outcomes were found to be mostly trivial or small. Readers are referred to Suppl. Table 1 for a detailed description of the Control period results.

Ultrasound measures

Quadriceps muscle thickness results are presented in Figure 3A, whereas individual muscle results are available in Suppl. Figure 2. Quadriceps muscle thickness increased in all three groups ($p < 0.001$) after training, and a group main effect followed by post hoc analyses showed that middle-aged adults had greater muscle thickness compared to both older adults ($p = 0.027$) and mobility limited older adults ($p < 0.001$). No difference was found between the two older groups ($p = 0.100$).

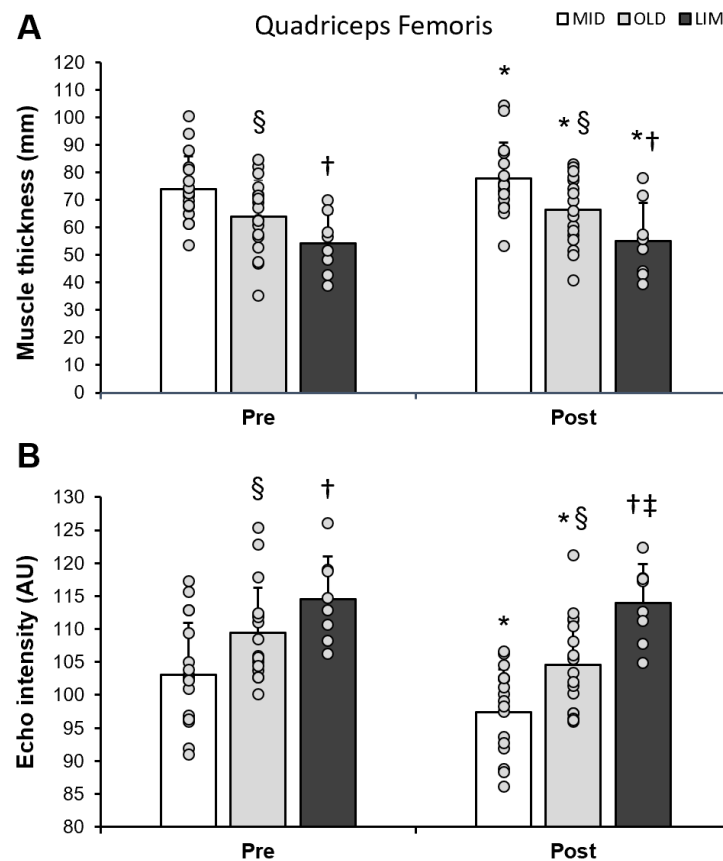


Figure 3. Quadriceps femoris muscle thickness (A) and echo intensity (B) responses to 12 weeks of high-velocity resistance training in middle-aged (MID), older (OLD) and mobility-limited older

(LIM) participants. * = Post different than Pre (all $p < 0.05$); † = LIM different than MID (all $p < 0.05$); ‡ = LIM different than OLD (all $p < 0.05$); § = OLD different than MID (all $p < 0.05$). Values are (mean $\pm$ SD).

Quadriceps muscle quality results are presented in Figure 3B, whereas individual muscle results are available in Suppl. Figure 3. When pooled together as a single quadriceps measure, an improvement in muscle quality, as indicated by a reduction in echo intensity, was only found in the middle-aged ($p < 0.001$) and older adults ($p = 0.001$), whereas mobility-limited older adults' quadriceps muscle quality remained unchanged ($p = 0.653$). Moreover, although no difference was observed between older adults and mobility-limited older adults before training ($p = 0.171$), after the intervention the former had a significantly greater muscle quality than the latter ($p = 0.001$), both of which had lesser muscle quality compared to middle-aged participants pre- ($p = 0.027$ and $p < 0.001$, respectively) and post-training ($p = 0.001$ and $p < 0.001$, respectively).

Maximal isometric contraction

MVIC and sEMG data are shown in Table 3. Both middle-aged adults and mobility-limited older adults improved their maximal isometric strength after the intervention ($p = 0.007$ and $p < 0.001$, respectively), but no difference was found in the older adults' group ($p = 0.212$). For the sEMG data, however, both VL and RF RMS sEMG increased in all three groups post-training ($p = 0.14$ and $p = 0.032$), whereas no effect was observed in BF sEMG ($p = 0.081$). Further, the mobility-limited older adults' group was found to have a lower MVIC strength than middle-aged (pre: $p < 0.001$; post: $p = 0.005$), but not older adults (pre: $p = 0.085$; post: $p = 0.379$). VL sEMG also differed between middle-aged and mobility-limited older adults ($p = 0.032$), but RF sEMG was not different between any of the groups ($p > 0.05$). BF sEMG, on the other hand, was lower in the mobility-limited older adults group compared to both middle-aged ($p = 0.003$) and older adults ($p = 0.044$).

Table 3. Maximal isometric strength and electromyographic responses to 12 weeks of high-velocity resistance training.

	Middle-aged adults (n=18)		Older adults (n=18)		Mobility-limited older adults (n=8)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
MVIC (kgf)	33.9 ± 13.0	37.4 ± 17.2*	26.9 ± 9.8	27.8 ± 8.7	19.9 ± 6.5 [†]	22.8 ± 7.5* [†]
VL sEMG (μV)	384.0 ± 290.6	414.2 ± 299.8*	284.8 ± 102.4	302.8 ± 131.8*	209.99 ± 67.9	229.2 ± 87.8* [†]
RF sEMG (μV)	283.1 ± 231.0	343.4 ± 349.1*	219.4 ± 82.0	231.3 ± 101.1*	180.9 ± 84.4	190.6 ± 122.1*
BF sEMG (μV)	74.6 ± 38.5	78.8 ± 45.6	54 ± 17.7	66.8 ± 27.9	43.8 ± 13.4 ^{††}	42 ± 18.7 ^{††}

MVIC = maximal knee extension voluntary isometric contraction; VL = vastus lateralis; RF = rectus femoris; BF = biceps femoris; sEMG = surface electromyography (root mean square). * = Post greater than Pre (all $p < 0.05$); [†] = LIM lower than MID ($p < 0.05$); ^{††} = LIM lower than OLD ($p < 0.05$). Values are (mean ± SD).

Maximal dynamic strength

Leg press and knee extension 1RM data are presented in Figure 4. In both exercises 1RM improved after the intervention in all groups (all $p < 0.001$). For LP, both pre- and post-intervention mobility-limited older adults had lower 1RM performance when compared to both middle-aged ($p < 0.001$) and older adults ($p = 0.032$), whereas no differences were observed between the other two groups ($p = 0.094$). Conversely, although the mobility-limited older adults group had a lower KE 1RM than middle-aged ($p < 0.001$) and older adults ($p = 0.050$) pre-intervention, they differed only from the middle-aged group ($p < 0.001$) post-intervention.

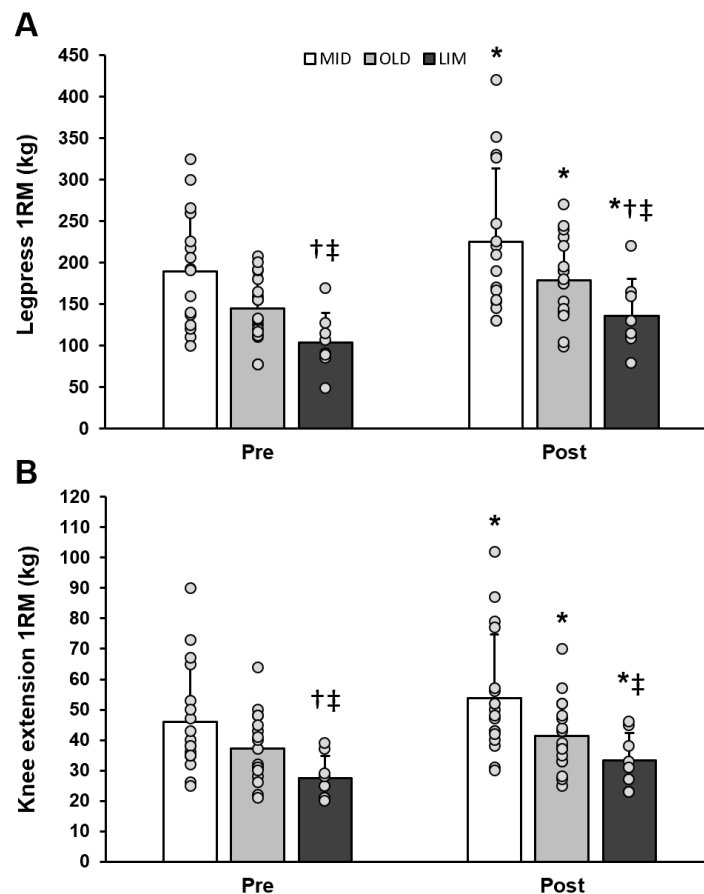


Figure 4. Leg press (A) and Knee extension (B) maximal dynamic strength (1RM) response to 12 weeks of high-velocity resistance training in middle-aged (MID), older (OLD) and mobility-limited older (LIM) participants. * = Post greater than Pre (all $p < 0.05$); † = LIM lower than MID ($p < 0.001$) and OLD ($p = 0.032$); ‡ = LIM lower than MID ($p < 0.001$). Values are (mean $\pm$ SD).

Muscle power

For brevity, only peak power results are presented herein. For a comprehensive presentation of KE and LP peak velocity and force results assessed using both pre- and post-training 1RM loads readers are referred to Suppl. Figures 4-7.

When power was assessed at intensities relative to the post-intervention 1RM load (Figure 5A-C), an increase in peak power output was observed for all groups from 40 to 80% 1RM ($p < 0.05$) in the KE exercise, but only middle-aged and older participants increased peak power at 30% ($p < 0.05$). No improvements were found at 90% 1RM ($p > 0.05$). Mobility-limited older adults had a lower peak power output compared to the other two groups both pre- and post-training at all loads (i.e. 30-90% 1RM, $p < 0.05$), whereas older adults had lower power output than middle-aged participants at 30% and from 50 to 80% 1RM ($p < 0.05$). An interaction at 40% 1RM revealed that although there was no difference between middle-aged and older adults at pre-training ($p > 0.05$), the former had a higher power output at post ($p < 0.05$). No between-group differences were found at 90% 1RM ($p > 0.05$). In the LP exercise (Figure 5D-F), peak power increased in all groups from 30-90% 1RM ($p < 0.05$) and, similar to the KE exercise, mobility-limited older adults had a lower power output than middle-aged adults and older adults in all loads both pre- and post-training ($p < 0.05$). No differences were found between middle-aged and older adults ($p > 0.05$).

When power adaptations were analyzed at intensities relative to pre-intervention 1RM (Figure 6), peak power was found to be improved in all groups from 30-90% 1RM ($p < 0.05$) in both KE (Figure 6A-C) and LP (Figure 6D-F). When compared to middle-aged adults, mobility-limited older adults and older adults had lower KE peak power both pre- and post-training from 30-90% 1RM ($p < 0.05$), whereas peak power was also lower in 30%, 50% and 60% 1RM in the mobility-limited older adults group compared to the older adults ($p < 0.05$). In the LP exercise, mobility-limited older adults had peak power values that were lower than those of middle-aged ($p < 0.05$) and older adults ($p < 0.05$) in all intensities analyzed. The only difference between middle-aged and older adults in the LP

was found at 30% 1RM, where although the groups were different at pre-training ($p < 0.05$), no difference was evident after the intervention ($p > 0.05$).

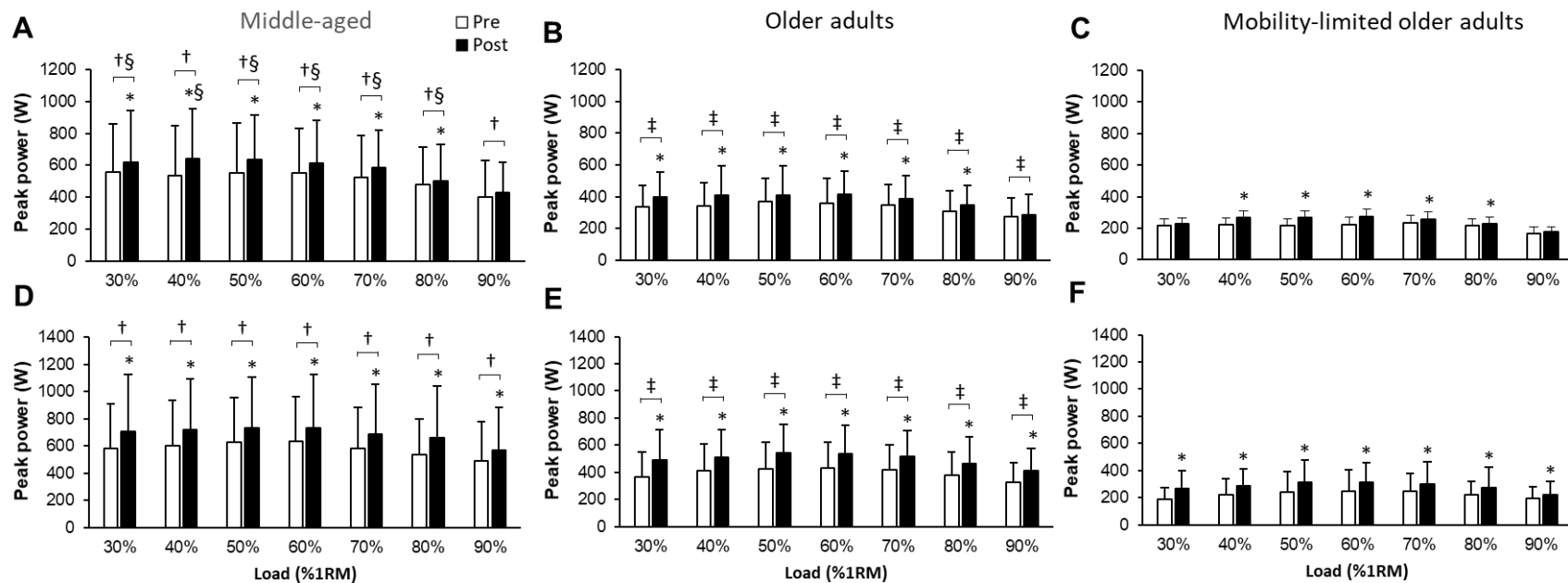


Figure 5. Knee extension (A-C) and Leg press (D-F) peak power responses to 12 weeks of high-velocity resistance training in middle-aged (A, D), older (B, E) and mobility-limited older (C, F) participants based on 1RM **at the time of testing**. * = greater than Pre ($p < 0.05$); † = middle-aged adults greater than mobility-limited older adults ($p < 0.05$); ‡ = older adults greater than mobility-limited older adults ($p < 0.05$); § = middle-aged adults greater than older adults ($p < 0.05$).

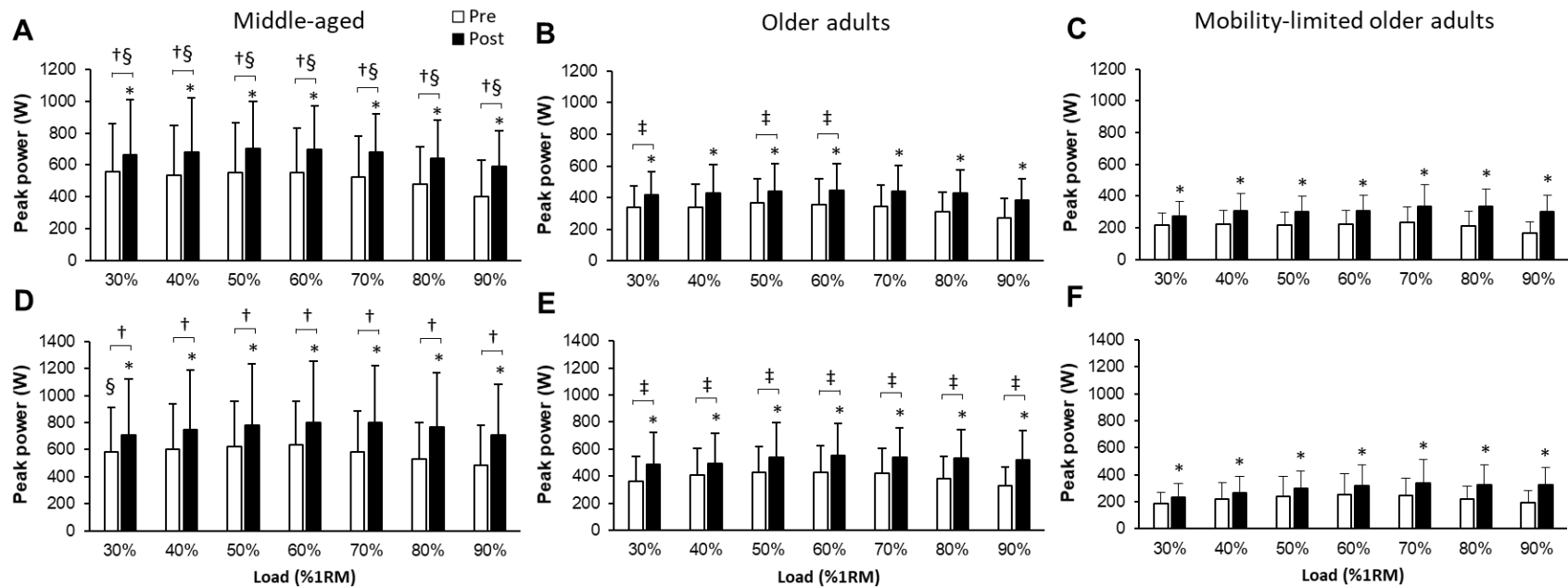


Figure 6. Knee extension (A-C) and Leg press (D-F) peak power responses to 12 weeks of high-velocity resistance training in middle-aged (A, D), older (B, E) and mobility-limited older (C, F) participants based on *pre-intervention* 1RM loads. * = greater than Pre ($p < 0.05$); † = middle-aged adults greater than mobility-limited older adults ($p < 0.05$); ‡ = older adults greater than mobility-limited older adults ($p < 0.05$); § = middle-aged adults greater than older adults ($p < 0.05$).

Functional performance

Short Physical Performance Battery. As expected per design, mobility-limited older participants had a lower SPPB score at pre-training (7.9 ± 0.4) when compared to both middle-aged (11.9 ± 0.1 , $p < 0.05$) and older adults (11.4 ± 0.7 , $p < 0.05$) (Figure 7). Older adults also differed from middle-aged adults' score ($p < 0.05$). After training, both mobility-limited older adults (7.9 ± 1.1 vs. 10.8 ± 1.3 , $p < 0.05$) and older adults (11.4 ± 0.7 vs. 11.9 ± 0.3 , $p < 0.05$) improved their score but not middle-aged participants (11.9 ± 0.1 vs. 11.9 ± 0.1 , $p > 0.05$). No difference was observed between older and middle-aged adults at post-training ($p > 0.05$), but mobility-limited older adults remained different from both the other two groups ($p < 0.05$). It should be noted that seven out of the eight mobility-limited older participants would not have been classified as mobility-limited after the intervention, whereas the remaining participant had a borderline score (i.e., 9 points).

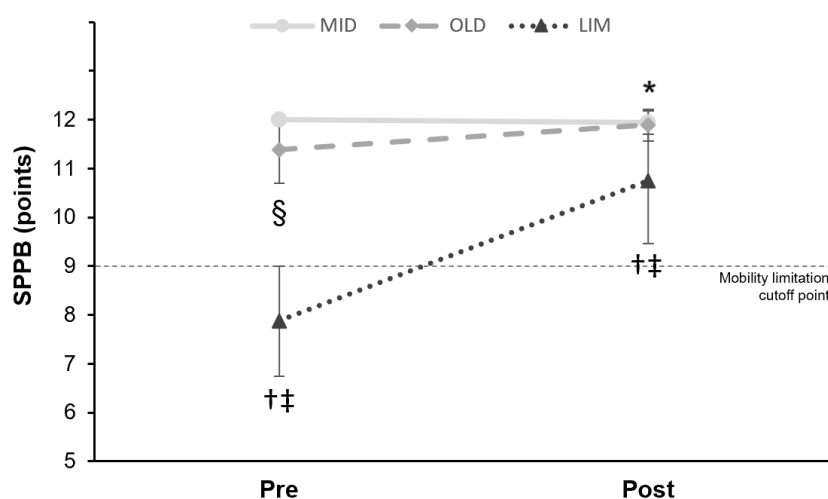


Figure 7. Short Physical Performance Battery (SPPB) response to 12 weeks of high-velocity resistance training in middle-aged (MID), older (OLD) and mobility-limited older (LIM) participants. SPPB total score ranges from 0 to 12 points, with higher scores reflecting better function. * = Post greater than Pre for the OLD ($p = 0.005$) and LIM ($p < 0.001$) groups; † = LIM lower than MID ($p < 0.001$); ‡ = LIM lower OLD ($p = 0.032$); § = OLD lower than MID ($p < 0.001$). Values are (mean ± SD).

Chair stand. Prior to the intervention, middle-aged adults performed better at the 30STS test (Figure 8A) than older adults (18.7 ± 3.4 vs. 14.8 ± 3.3 reps, $p < 0.05$) and mobility-limited older adults (11.3 ± 2.1 reps, $p < 0.05$), whilst older adults also had a better performance than those participants with mobility-limitation ($p < 0.05$). All groups improved their 30STS performance after training ($p < 0.05$), but the three groups still

remained different from each other (middle-aged adults: 20.4 ± 3.5 reps, older adults: 15.8 ± 3.2 reps, mobility-limited older adults: 13.4 ± 2.0 reps, all $p < 0.05$).

Stair Climb. Similar to the 30STS test, middle-aged adults had a better performance at the stair climb test (Figure 8B) compared to the older adults (4.13 ± 0.44 vs. 4.58 ± 0.49 s, $p < 0.05$) and mobility-limited older adults (7.04 ± 1.65 , $p < 0.05$). After training, a time point effect revealed that all three groups reduced the time necessary to perform the task ($p < 0.05$), which remained different from one another (middle-aged adults: 3.65 ± 0.5 s, older adults: 4.29 ± 0.58 s, mobility-limited older adults: 6.16 ± 1.62 reps, all $p < 0.05$).

Gait speed. Habitual gait speed (Figure 8C) differed between all three groups both pre- (middle-aged: 1.54 ± 0.16 m·s⁻¹, older adults: 1.36 ± 0.16 m·s⁻¹, mobility-limited older adults: 1.23 ± 0.14 m·s⁻¹, $p < 0.05$) and post-training (middle-aged adults: 1.52 ± 0.17 m·s⁻¹, older adults: 1.42 ± 0.13 m·s⁻¹, mobility-limited older adults: 1.26 ± 0.13 m·s⁻¹, $p < 0.05$), but no training effect was observed ($p > 0.05$). Maximal gait speed (Figure 8D), on the other hand, improved in all groups after the intervention (middle-aged: 2.19 ± 0.37 vs. 2.26 ± 0.24 m·s⁻¹, older adults: 1.97 ± 0.40 vs. 2.02 ± 0.36 m·s⁻¹, mobility-limited older adults: 1.56 ± 0.21 vs. 1.63 ± 0.16 m·s⁻¹). In addition, both middle-aged and older adults were faster than the mobility-limited participants ($p < 0.05$), which were not different from one another ($p > 0.05$).

Timed Up-and-Go. TUG performance (Figure 8E) was also different between the groups both before (middle-aged: 5.4 ± 0.6 s, older adults: 6.4 ± 0.9 s, mobility-limited older adults: 8.9 ± 1.9 s, $p < 0.05$) and after the intervention (middle-aged adults: 4.9 ± 0.5 s, older adults: 6.3 ± 0.9 s, mobility-limited older adults: 8.1 ± 1.5 s, $p < 0.05$). A time point effect revealed that all groups improved their performance in response to training ($p < 0.05$).

6-min Walk Test. No training effect was observed for the 6-min Walk Test ($p > 0.05$) (Figure 8F). Nevertheless, the test was able to differentiate the groups both pre- (middle-aged: 646.5 ± 68.6 m, older adults: 553.0 ± 58.3 m, mobility-limited older adults: 441.2 ± 74.9 m, $p < 0.05$) and post-training (middle-aged adults: 652.8 ± 66.4 m·s⁻¹, older adults: 559.2 ± 50.4 m, mobility-limited older adults: 466.4 ± 86.9 m, $p < 0.05$).

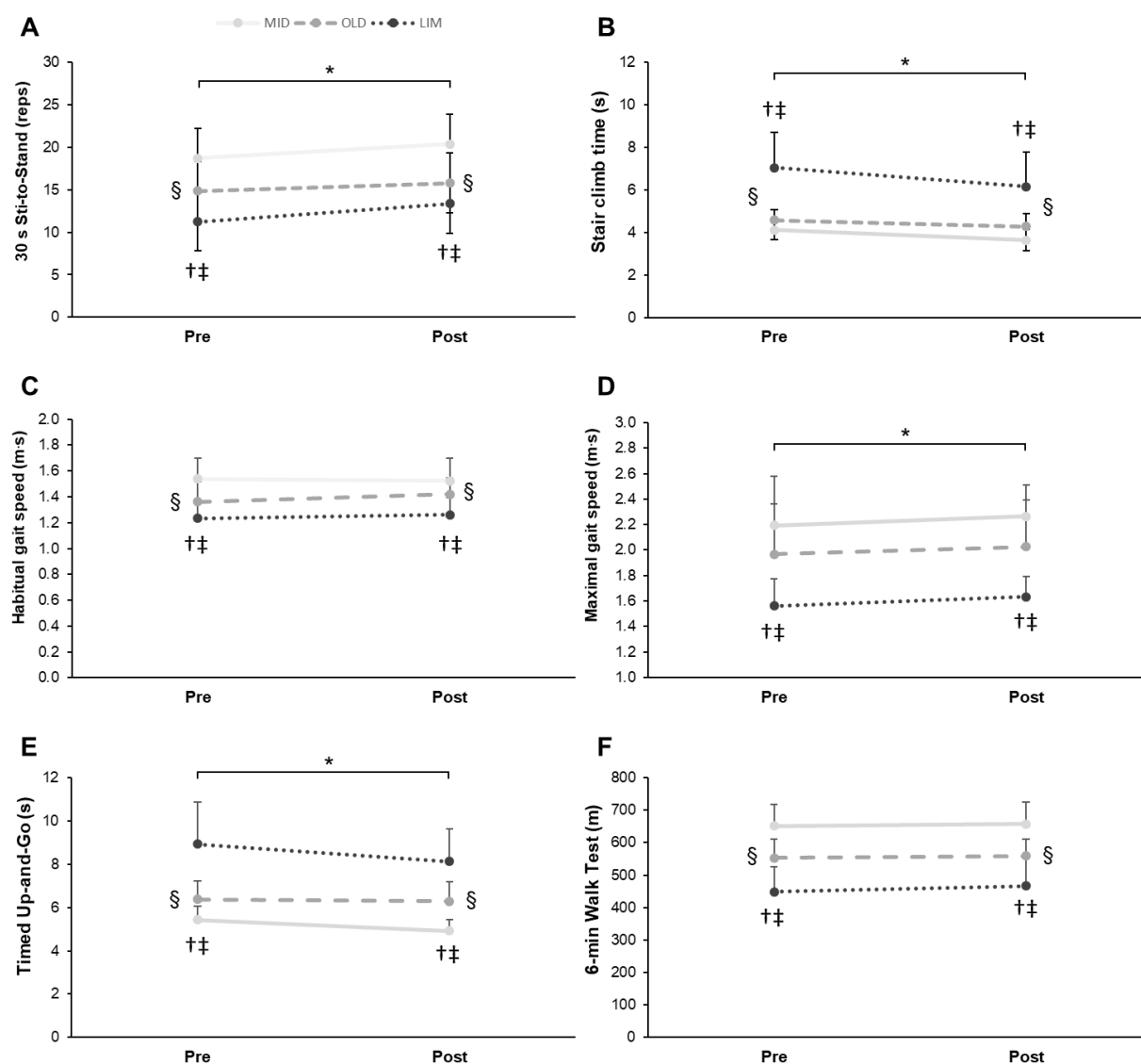


Figure 8. 30 s Sit-to-Stand (A), Stair climb (B), Habitual (C) and Maximal (D) gait speed, as well as Timed Up-and-Go (E) and 6-min Walk (F) test responses to 12 weeks of high-velocity resistance training in middle-aged (MID), older (OLD) and mobility-limited older (LIM) participants. * = Post greater than Pre in all groups ($p < 0.05$); † = LIM worse than MID (all $p < 0.05$); ‡ = LIM worse OLD (all $p < 0.05$); § = OLD worse than MID ($p < 0.001$). Values are (mean $\pm$ SD).

Comparison with more functional, but untrained, individuals.

Mobility-limited older adults vs. Older adults. As detailed in Suppl. Table 4, several outcomes that were found to be significantly different between the groups prior to the intervention were no longer different when the post-training results of the mobility-limited participants were compared to older adults' pre-training values. As an example, performance in both the SPPB (11.4 ± 0.7 vs. 7.9 ± 1.1 , $p < 0.001$) and STS30 (14.8 ± 3.3 vs. 11.3 ± 2.1 , $p = 0.010$) tests, although better in the older adults' group pre-training,

were not different post-training neither in the SPPB (11.4 ± 0.7 vs. 10.8 ± 1.3 , $p = 0.111$) nor STS30 (14.8 ± 3.3 vs. 13.4 ± 2.0 , $p = 0.264$) test. These results were also accompanied by a clear reduction in the between-group effect size for several of the neuromuscular and functional tests from large to moderate or even small.

Older adults vs. Middle-aged adults. When older adults post-training results were compared to those of the middle-aged group at pre-training the majority of outcomes that were found to differ between the groups previous to the training program became non-significant (Suppl. Table 5). As an example, differences in both LP 1RM (189.1 ± 68.9 vs. 145.0 ± 40.0 , $p = 0.026$) and quadriceps EI (103.1 ± 7.9 vs. 109.4 ± 7.0 , $p = 0.016$) were not observed at post-training neither for LP (189.1 ± 68.9 vs. 179.2 ± 48.5 , $p = 0.623$) or for quadriceps EI (103.1 ± 7.9 vs. 104.6 ± 7.0 , $p = 0.565$). These results were also accompanied by a clear reduction in the between-group effect size for several of the neuromuscular and functional tests from large to moderate or moderate to small.

4. Discussion

The main finding of the present study was that the majority of outcomes investigated improved similarly in the three groups investigated, including the functional measures in middle-aged adults. It is also noteworthy that, after just 12 weeks of HVRT, mobility-limited older adults remarkably improved their performance on the SPPB test, with most of them changing their functional classification after the intervention. These results highlight the potential of HVRT at improving neuromuscular and morphological outcomes, as well as at impacting the functional capacity of these individuals.

Performance measures are predictive of incident disability [46,47,57], and those individuals classified as mobility-limited are at higher risk of developing it [3,47]. Measures to prevent functional impairments, therefore, are necessary to avoid, or at least mitigate, these risks. In the present study, a short HVRT intervention was shown to improve SPPB performance in mobility-limited older adults by almost three points on average. Considering that a one-point increase is typically considered as a clinically meaningful difference [66], the observed effect ($d = 2.55$) is substantial. More importantly, at the end of the training period just one individual was still classified as mobility-limited, whereas all the remaining participants surpassed the 9-points cut-off value (see Fig. 7).

Despite these improvements, however, the mobility-limited group still scored lower at the SPPB test when compared to the middle-aged and older adults, the latter which also improved its score after the intervention to the point that it was no longer different from the middle-aged group anymore. These results are in line with previous investigations that typically observed a more robust increase in individuals with mobility limitations [8-35%, e.g., 29,31,32,34] compared to healthy older individuals [3-7%, 25,67] and underscore that a more prolonged intervention might be necessary to bring functional capacity/mobility back to a level that is comparable/closer to that of middle-aged adults, if this is indeed possible.

Improvements in SPPB were also accompanied by several positive adaptations in the other functional tests performed. These results are encouraging because these tests are typically related to distinct functional capacities, such as agility and dynamic balance (TUG) and lower body strength (30STS and SC) [68]. Although widely employed in healthy elderly individuals, the number of studies investigating HVRT functional adaptations beyond the SPPB battery in mobility-limited older adults is relatively scarce. Added to the differences in training protocols such as intensity, volume and exercises, a comparison between the previous studies that investigated these groups separately makes it difficult to draw a conclusion related to potential differences in adaptations to individuals of different functional status. Here, we demonstrate that based on the same HVRT program, and contrary to what was expected, the three groups were able to comprehensively improve their functional capacity. The fact that no time point by group interaction was observed also suggests that these improvements occurred at the same rate between the groups.

Moreover, except for maximal gait speed, all other functional outcomes were able to differentiate between the groups, including middle-aged and older adults, suggesting that a reduction in functional capacity may already occur previous to older age, even in apparently healthy individuals. This notion is in line with several impairments already observed during the transition from middle to older age, such as reductions in muscle mass, strength and power [13,14], which are commonly associated to functional capacity and found to be predictors of incident disability. On the bright side, however, our results demonstrate that it is possible to build a stronger foundation in the younger individuals so that they can better deal with age-related impairments at the same time that it is

possible to mitigate and even revert already installed mobility-disability in at-risk populations.

These positive functional improvements were, as expected, accompanied by both neuromuscular and morphological adaptations. Recent evidence suggests a reduction of 3 to 6% per year in muscle power output in healthy and mobility-limited older individuals [4,6,7]. Here, we showed that 12 weeks of HVRT resulted in ~31.6% and 30.5% increase in LP peak power output when assessed based on the post-training 1RM load, and ~37.9% and 43.2% when testing was repeated using the same loads as pre-training in the aforementioned groups. Thus, our results demonstrate that three months of HVRT were able to improve what would have been lost in 5 to 14 years due to aging and/or disuse. Cross-sectional and longitudinal data also indicate that power output is reduced as early as the fourth or fifth decade of life [e.g., 13,69]. Middle-aged individuals in the present study increased LP peak power output by ~22.5% and 34.2% on average in the same conditions mentioned above for the other groups. Accordingly, in addition to mitigating the detrimental effects of aging, HVRT also seems to provide a robust physiological reserve to middle-aged adults, likely allowing these individuals to better cope with the events related to senescence later in life.

Interestingly, the abovementioned improvements were observed throughout the entire 1RM spectrum analyzed, that is from 30-90% 1RM, even though the training program involved only low to moderate loads. Previous data suggests that distinct functional tasks may be more related to power output at different percentages of 1RM. As an example, gait speed appears to be more associated to power output at lower loads, whereas chair rise performance was more associated to power at higher loads [40,70]. Considering that power output is a key determinant of functional capacity [3], the improvements in peak power throughout the whole 1RM spectrum analyzed may help explain the beneficial effects observed in the different functional tasks applied. More importantly, these results greatly exceed the estimated minimal clinically important improvement and substantial improvement for LP power output in mobility-limited older adults, approximately 10% and 18%, respectively, at both 40% and 70% 1RM [71], which is in agreement to the meaningful functional improvements observed.

A more detailed analysis indicates that, when KE and LP power tests were performed using post-intervention 1RM loads, improvements in all loads investigated were mostly driven or related to changes in the force component (Suppl. Fig. 7 and 8). Although no improvements were noted in the velocity component, it is important to consider that in this condition the repetitions were performed using much higher loads. Thus, the fact that all three groups were able to maintain velocities similar to pre-intervention values should be seen as an important adaptation. When post-training power tests were carried out using loads relative to the pre-intervention 1RM test, on the other hand, marked improvements were observed in the velocity component, and to a lower extent in force (Suppl. Fig 9 and 10). Since during several daily life activities such as walking, raising from a chair or restoring balance the external resistance imposed on the individual remains relatively constant, this latter result has an important functional and practical significance [72].

Muscle power is typically found to be more associated to functional capacity than muscle strength. Notwithstanding this, muscle strength is a well-known independent predictor of mortality and disability and is especially important for weight-bearing activities. After the intervention, all training groups improved LP and KE 1RM. The capacity of middle-aged and healthy older adults to respond to a resistance training containing a power component has already been established for quite some time [73,74]. However, in these classic studies only a portion of the training volume was actually performed explosively (~25%), whereas the rest was completed using workloads and movement velocities typically employed in traditional resistance training. Here, we demonstrate that even middle-aged individuals are able to improve considerably their maximal dynamic strength while using only low to moderate loads performed as fast as possible, at least on the short-term. Substantial improvements were also found in the mobility-limited older group, in line with previous investigations [29,32,35,43,75–77]. Of note, although mobility-limited older participants still had lower KE 1RM values compared to middle-aged adults after the intervention, the former was not found to be different from older adults post-training. This highlights the capacity of HVRT to recover a healthier phenotype in these individuals.

Several age-related changes in the nervous system may compromise the ability of older individuals to fully drive the motor pool [36,78]. Although some data suggests that peak

sEMG amplitude is relatively well preserved during maximal isometric contractions [78], it has previously been demonstrated that neuromuscular activation is impaired in some older adults, especially those with limited mobility [79], and that this may contribute to age-related weakness. Our results partially agree with this notion by showing an impaired VL activation and MVIC force in mobility-limited individuals compared to middle-aged adults. More importantly, we were able to show a training effect on both VL and RF sEMG amplitude for all the groups investigated, which were accompanied by improvements in MVIC for middle-aged and mobility-limited participants, but not the well-functioning older adults. Considering the significant improvements observed on maximal dynamic strength and power output for all the three groups, testing specificity may at least partially explain the lack of effect for the older adults [78,79].

In respect to antagonist coactivation, BF sEMG was found to be lower in mobility-limited older adults than in the other two groups. At first, this result is counterintuitive, as it would be expected to be higher in the former. However, it should be noted that BF results were reported in absolute values, as we were unable to normalize the sEMG amplitude to that of a knee flexion maximal isometric contraction. Although the lack of normalization might hinder comparison between the groups, within-group comparison does not suggest a training effect on antagonist coactivation and, thus, training-related adaptations in muscle strength, power and function were likely not related to changes in coactivation. This notion is in line with cross-sectional data indicating that changes in coactivation were not responsible for deficits in dynamic force production when comparing middle-aged and older adults with and without limitations [36].

Ultrasound-derived measures have been frequently used to investigate characteristics of skeletal muscle morphology [80]. In the present study we showed an increase in quadriceps muscle thickness in the three groups investigated, suggesting that all groups were able to improve muscle size in response to the intervention. Percent changes and effect sizes, however, indicate that the hypertrophic ability of mobility-limited older adults' muscle might be reduced in comparison to the other groups. Notwithstanding this, our results are in line with those of Radaelli et al. [28] and Nogueira et al. [81], who also showed an increase in quadriceps muscle thickness in response to 12 and 10 weeks of HVRT in healthy older men and women. Muscle quality, on the other hand, only improved in the middle-aged and older adults. This might be related to, or be suggestive of, an

impaired intramuscular environment or remodeling capacity in mobility-limited individuals. Higher echo intensity values are believed to be reflective of greater intramuscular adiposity and fibrous tissue content [82,83], both of which may hinder muscle function and metabolism [80]. Another possibility is that periods longer than 12 weeks of training may be necessary for improvements to be evident in this population, which is supported by the small, but significant increases in muscle quality noted in some of the individual muscles (Suppl. Fig. 3).

Remarkably, no difference in quadriceps muscle thickness was observed between older individuals with and without mobility limitations. Previous longitudinal data evidenced that only mobility-limited older adults, but not healthy older adults, showed reductions in muscle mass after a three-years follow-up period and, accordingly, muscle thickness was expected to be reduced in those with mobility limitations [7]. Considering the large differences in functional capacity and power observed previous to the intervention between the groups, our results seem to advocate the notion that altered neuromuscular function is the critical early determinant of muscle power loss with aging, as suggested by Reid et al. [7]. In addition, it has recently been shown that RF and VL cross-sectional area and echo intensity values were not predictive of fast gait speed in older individuals, which led the authors to suggest a potential dissociation between skeletal muscle morphology and gait speed [84]. Absence of an effect on quadriceps echo intensity, coupled with marked functional performance improvements, is suggestive that improvements in skeletal muscle morphology markers may not be a pre-requisite to improve functional capacity on the short term, at least in the mobility-limited older adults. Nevertheless, skeletal muscle has important endocrine, metabolic and signaling functions [e.g., 85,86], and the mechanisms behind the fact that mobility-limited older adults were able to improve muscle size, but not quality deserves further attention.

Our results are reinforced by the control period used, which confirms the overall stability of our measures independently of the training group investigated and demonstrates that our familiarization procedures were adequately employed prior to the intervention. More important, these results support the conclusion that improvements observed after the intervention period were indeed a direct result of the exercise regimen employed.

5. Limitations

Potential limitations should be considered when interpreting the results of the current investigation. First, caution is needed when extrapolating our results to severely limited individuals, as our sample included only individuals with mild to moderate limitations in mobility. The isometric testing condition might also have limited our capacity to observe potential training effects in both agonist and antagonist neuromuscular activation, as agonist activation amplitude deficits seem to be more evident at higher movement velocities [36]. In addition, sEMG amplitude data was not corrected to account for the influence of subcutaneous adipose tissue, even though no difference was previously found between original and corrected sEMG values when comparing middle-aged and older adults with and without mobility-limitation [36]. Another possible limitation is the order of the loads used during the power tests, which was not randomized for logistic reasons. Although unlikely, performance on the final loads might have been influenced by the previous ones. Previous data also suggests that nutritional status may influence muscle response to exercise, and the presence of a dietary control may have provided a greater insight into the morphological results observed, especially in the mobility-limited participants [87]. Notwithstanding this, participants were appropriately instructed to maintain their eating habits throughout the duration of the study. Finally, although we were unable to reach the estimated sample size for the mobility-limited older adults' group, the statistical model adopted (i.e., GEE) seemed capable of differentiating this group from the others (e.g., Figure 8), while also highlighting the presence (or lack thereof) of training-related effects when it differed from the other groups (e.g., Figure 3). We also provided a comprehensive report of both within- and between-group effect sizes (Suppl. Tables 2 and 3), which should allow readers to have a more informed understanding of our findings.

6. Conclusion

Overall, our results demonstrate that a HVRT intervention can build a stronger foundation in middle-aged individuals so that they can better deal with age-related impairments at the same time that it can mitigate already present physiological and functional impairments in older adults with and without mobility-limitation.

Declarations

Acknowledgements

We would like to thank all subjects who took part in the study for their genuine effort. We would also like to acknowledge L. Nanini, M. Borba, S. Nickel, T. Castro, M. Fonseca, L. Linhares, C. Zillig, L. Cavalli, B. Veiga, G. Schiller, and B. Ornelas for their assistance in the training sessions.

Funding

This study was financed in part by the Fundação de Amparo à Pesquisa do estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), Brazil (19/2551-0001979-3).

Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest to disclose. G.Z.S. is supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), whereas C.L.A is supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Data availability

Data from the present study will be made available upon request to the corresponding author.

References

1. IBGE. Projeção da população do Brasil por sexo e idade para o período 2000-2060. 2013.
2. World Health Organization. World report on ageing and health. 2015.
3. Reid KF, Fielding R a. Skeletal Muscle Power: A Critical Determinant of Physical Functioning in Older Adults. *Exerc Sport Sci Rev.* 2012;40:4–12.
4. Clark DJ, Pojednic RM, Reid KF, Patten C, Pasha EP, Phillips EM, et al. Longitudinal decline of neuromuscular activation and power in healthy older adults. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci.* 2013;68:1419–25.
5. Metter EJ, Conwit R, Tobin J, Fozard JL. Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci.* 1997;52:267–76.
6. Mitchell WK, Williams J, Atherton P, Larvin M, Lund J, Narici M. Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. *Front Physiol.* 2012;3:1–18.
7. Reid KF, Pasha E, Doros G, Clark DJ, Patten C, Phillips EM, et al. Longitudinal decline of lower extremity muscle power in healthy and mobility-limited older adults: Influence of muscle mass, strength, composition, neuromuscular activation and single fiber contractile properties. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114:29–39.
8. Skelton DA, Greig CA, Davies JM, Young A. Strength, Power and Related Functional Ability of Healthy People Aged 65–89 Years. *Age Ageing.* 1994;23:371–7.
9. Carabello RJ, Reid KF, Clark DJ, Phillips EM, Fielding RA. Lower extremity strength and power asymmetry assessment in healthy and mobility-limited populations: Reliability and association with physical functioning. *Clin Exp Res.* 2010;22:324–9.
10. Foldvari M, Clark M, Laviolette LC, Bernstein MA, Kaliton D, Castaneda C, et al. Association of Muscle Power With Functional Status in Community-Dwelling Elderly Women. *J Gerontol Med Sci.* 2000;55A:M192–9.
11. Jacob ME, Trivison TG, Ward RE, Latham NK, Leveille SG, Jette AM, et al. Neuromuscular Attributes Associated With Lower Extremity Mobility Among Community-Dwelling Older Adults. *Journals Gerontol Ser A.* 2018;74:544–9.
12. Suzuki T, Bean JF, Fielding RA. Muscle Power of the Ankle Flexors Predicts Functional Performance in Community-Dwelling Older Women. *J Am Geriatr Soc.* 2001;49:1161–7.
13. Leyva A, Balachandran A, Signorile JF. Lower-body torque and power declines

across six decades in three hundred fifty-seven men and women: a cross-sectional study with normative values. *J Strength Cond Res.* 2016;30:141–58.

14. Roberts BM, Lavin KM, Many GM, Thalacker-Mercer A, Merritt EK, Bickel CS, et al. Human neuromuscular aging: Sex differences revealed at the myocellular level. *Exp Gerontol.* Elsevier Inc; 2018;106:116–24.

15. ACSM. American College of Sports Medicine. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:1510–30.

16. Byrne C, Faure C, Keene DJ, Lamb SE. Ageing, Muscle Power and Physical Function: A Systematic Review and Implications for Pragmatic Training Interventions. *Sports Med.* New Zealand; 2016;46:1311–32.

17. Lavin KM, Roberts BM, Fry CS, Moro T, Rasmussen BB, Bamman MM. The Importance of Resistance Exercise Training to Combat Neuromuscular Aging. *Physiology.* 2019;34:112–22.

18. Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon PM. Resistance exercise for muscular strength in older adults: A meta-analysis. *Ageing Res Rev.* 2010;9:226–37.

19. Peterson MD, Sen A, Gordon PM. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43:249–58.

20. Straight CR, Lindheimer JB, Brady AO, Dishman RK, Evans EM. Effects of Resistance Training on Lower-Extremity Muscle Power in Middle-Aged and Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Med.* New Zealand; 2016;46:353–64.

21. Tschopp M, Sattelmayer MK, Hilfiker R. Is power training or conventional resistance training better for function in elderly persons? A meta-analysis. *Age Ageing.* England; 2011;40:549–56.

22. Bottaro M, Machado SN, Nogueira W, Scales R, Veloso J. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol.* Germany; 2007;99:257–64.

23. Stec MJ, Thalacker-Mercer A, Mayhew DL, Kelly NA, Tuggle CS, Merritt EK, et al. Randomized, four-arm, dose-response clinical trial to optimize resistance exercise training for older adults with age-related muscle atrophy. *Exp Gerontol.* Elsevier; 2017;99:98–109.

24. Surakka J, Aunola S, Nordblad T, Karppi S-L, Alanen E. Feasibility of power-type strength training for middle aged men and women : Se ... Heal (San Fr. 2003;37:131–6.

25. Earles DR, Judge JO, Gunnarsson OT. Velocity training induces power-specific

adaptations in highly functioning older adults. *Arch Phys Med Rehabil. United States*; 2001;82:872–8.

26. Balachandran AT, Gandia K, Jacobs KA, Streiner DL, Eltoukhy M, Signorile JF. Power training using pneumatic machines vs. plate-loaded machines to improve muscle power in older adults. *Exp Gerontol. England*; 2017;98:134–42.

27. Henwood TR, Riek S, Taaffe DR. Strength versus muscle power-specific resistance training in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci. United States*; 2008;63:83–91.

28. Radaelli R, Brusco CM, Lopez P, Rech A, Machado CLF, Grazioli R, et al. Higher muscle power training volume is not determinant for the magnitude of neuromuscular improvements in elderly women. *Exp Gerontol. England*; 2018;110:15–22.

29. Balachandran A, Krawczyk SN, Potiaumpai M, Signorile JF. High-speed circuit training vs hypertrophy training to improve physical function in sarcopenic obese adults: a randomized controlled trial. *Exp Gerontol. England*; 2014;60:64–71.

30. Cadore EL, Casas-Herrero A, Zambom-Ferraresi F, Idoate F, Millor N, Gomez M, et al. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age (Dordr). Netherlands*; 2014;36:773–85.

31. Bean JF, Herman S, Kiely DK, Frey IC, Leveille SG, Fielding RA, et al. Increased Velocity Exercise Specific to Task (InVEST) training: a pilot study exploring effects on leg power, balance, and mobility in community-dwelling older women. *J Am Geriatr Soc. 2004*;52:799–804.

32. Bean JF, Kiely DK, LaRose S, O'Neill E, Goldstein R, Frontera WR. Increased velocity exercise specific to task training versus the national institute on aging's strength training program: Changes in limb power and mobility. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci. 2009*;64:983–91.

33. Reid KF, Callahan DM, Carabello RJ, Phillips EM, Frontera WR, Fielding RA. Lower extremity power training in elderly subjects with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res. Germany*; 2008;20:337–43.

34. Reid KF, Martin KI, Doros G, Clark DJ, Hau C, Patten C, et al. Comparative effects of light or heavy resistance power training for improving lower extremity power and physical performance in mobility-limited older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci. United States*; 2015;70:374–80.

35. Hvid LG, Strotmeyer ES, Skjodt M, Magnussen L V, Andersen M, Caserotti P.

Voluntary muscle activation improves with power training and is associated with changes in gait speed in mobility-limited older adults - A randomized controlled trial. *Exp Gerontol.* England; 2016;80:51–6.

36. Clark DJ, Patten C, Reid KF, Carabello RJ, Phillips EM, Fielding RA. Impaired voluntary neuromuscular activation limits muscle power in mobility-limited older adults. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci.* 2010;65 A:495–502.

37. Pojednic RM, Clark DJ, Patten C, Reid K, Phillips EM, Fielding RA. The specific contributions of force and velocity to muscle power in older adults. *Exp Gerontol.* Elsevier B.V.; 2012;47:608–13.

38. de Vos NJ, Singh NA, Ross DA, Stavrinou TM, Orr R, Fiatarone Singh MA. Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* United States; 2005;60:638–47.

39. Katsoulis K, Stathokostas L, Amara CE. The Effects of High Versus Low-Intensity Power Training on Muscle Power Outcomes in Healthy, Older Adults: A Systematic Review. *J Aging Phys Act.* United States; 2019;27:422–39.

40. Cuoco A, Callahan DM, Sayers S, Frontera WR, Bean J, Fielding RA. Impact of muscle power and force on gait speed in disabled older men and women. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci.* 2004;59:1200–6.

41. Alcazar J, Rodriguez-Lopez C, Ara I, Alfaro-Acha A, Rodriguez-Gomez I, Navarro-Cruz R, et al. Force-velocity profiling in older adults: An adequate tool for the management of functional trajectories with aging. *Exp Gerontol.* England; 2018;108:1–6.

42. Marsh AP, Miller ME, Rejeski WJ, Hutton SL, Kritchevsky SB. Lower extremity muscle function after strength or power training in older adults. *J Aging Phys Act.* United States; 2009;17:416–43.

43. Reid KF, Martin KI, Doros G, Clark DJ, Hau C, Patten C, et al. Comparative effects of light or heavy resistance power training for improving lower extremity power and physical performance in mobility-limited older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2015;70:374–80.

44. Webber SC, Porter MM. Effects of ankle power training on movement time in mobility-impaired older women. *Med Sci Sports Exerc.* United States; 2010;42:1233–40.

45. Fielding RA, LeBrasseur NK, Cuoco A, Bean J, Mizer K, Fiatarone Singh MA. High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J*

Am Geriatr Soc. United States; 2002;50:655–62.

46. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, et al. A Short Physical Performance Battery Assessing Lower Extremity Function: Association With Self-Reported Disability and Prediction of Mortality and Nursing Home Admission. *J Gerontol Med Sci*. 1994;49:M85–94.

47. Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsick EM, Salive ME, Wallace RB. Lower-Extremity Function in Persons over the Age of 70 Years as a Predictor of Subsequent Disability. *N Engl J Med*. 1995;332:556–62.

48. Lopez P, Pinto MD, Pinto RS. Does Rest Time before Ultrasonography Imaging Affect Quadriceps Femoris Muscle Thickness, Cross-Sectional Area and Echo Intensity Measurements? *Ultrasound Med Biol*. 2019;45:612–6.

49. Kumagai K, Abe T, Brechue WF, Ryushi T, Takano S, Mizuno M. Sprint performance is related with muscle fascicle length in male 100 m-sprinters. *J Appl Physiol*. 2000;88:811–6.

50. Korhonen MT, Mero AA, Alén M, Sipilä S, Häkkinen K, Liikavainio T, et al. Biomechanical and Skeletal Muscle Determinants of Maximum Running Speed with Aging. *Med Sci Sport Exerc*. 2009;41:844–56.

51. Schaun GZ, Pinto SS, Brasil B, Nunes GN, Alberton CL. Neuromuscular Adaptations to Sixteen Weeks of Whole-Body High-Intensity Interval Training Compared to Ergometer-Based Interval and Continuous Training. *J Sport Sci*. 2019;

52. Andrade LS, Pinto SS, Silva MR, Schaun GZ, Portella EG, Nunes GN, et al. Water-based continuous and interval training in older women: Cardiorespiratory and neuromuscular outcomes (WATER study). *Exp Gerontol*. Elsevier Inc; 2020;134:110914.

53. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*. 2000;10:361–74.

54. Ni M, Signorile JF. High-Speed Resistance Training Modifies Load-Velocity and Load-Power Relationships in Parkinson's Disease. *J strength Cond Res*. United States; 2017;31:2866–75.

55. Sayers SP, Gibson K. Effects of high-speed power training on muscle performance and braking speed in older adults. *J Aging Res*. United States; 2012;2012:426278.

56. Vasunilashorn S, Coppin AK, Patel K V., Lauretani F, Ferrucci L, Bandinelli S, et al. Use of the short physical performance battery score to predict loss of ability to walk 400

meters: Analysis from the InCHIANTI study. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci*. 2009;64:223–9.

57. Guralnik JM, Ferrucci L, Pieper CF, Leveille SG, Markides KS, Ostir G V., et al. Lower Extremity Function and Subsequent Disability: Consistency Across Studies, Predictive Models, and Value of Gait Speed Alone Compared With the Short Physical Performance Battery. *Journals Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci*. 2000;55:M221–31.
58. Studenski S, Faulkner K, Inzitari M, Brach J, Chandler J, Cawthon P, et al. Gait Speed and Survival in Older Adults. *JAMA J Am Med Assoc*. 2011;305:50–8.
59. Yates T, Zaccardi F, Dhalwani NN, Davies MJ, Bakrania K, Celis-Morales CA, et al. Association of walking pace and handgrip strength with all-cause, cardiovascular, and cancer mortality: A UK Biobank observational study. *Eur Heart J*. 2017;38:3232–40.
60. Holviala JHS, Sallinen JM, Kraemer WJ, Alen M, Hakkinen K. Effects of strength training on muscle strength characteristics, functional capabilities, and balance in middle-aged and older women. *Strength Cond*. 2006;20:336–44.
61. Pereira A, Izquierdo M, Silva AJ, Costa AM, Bastos E, Gonzalez-Badillo JJ, et al. Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol*. England; 2012;47:250–5.
62. Bean JF, Kiely DK, Herman S, Leveille SG, Mizer K, Frontera WR, et al. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc*. 2002;50:461–7.
63. Bohannon RW. Reference values for the timed up and go test: a descriptive meta-analysis. *J Geriatr Phys Ther*. 2006;29:64–8.
64. Brzycki M. Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *J Phys Educ Recreat Danc*. 1993;64:88–90.
65. Richardson DL, Duncan MJ, Jimenez A, Juris PM, Clarke ND. Effects of movement velocity and training frequency of resistance exercise on functional performance in older adults: a randomised controlled trial. *Eur J Sport Sci*. England; 2018;1–13.
66. Perera S, Mody SH, Woodman RC, Studenski SA. Meaningful change and responsiveness in common physical performance measures in older adults. *J Am Geriatr Soc*. United States; 2006;54:743–9.
67. Englund DA, Sharp RL, Selsby JT, Ganesan SS, Franke WD. Resistance training performed at distinct angular velocities elicits velocity-specific alterations in muscle strength and mobility status in older adults. *Exp Gerontol*. England; 2017;91:51–6.
68. Rikli RE, Jones CJ. *Senior Fitness Test Manual*. 2nd ed. Champaign, IL: Human

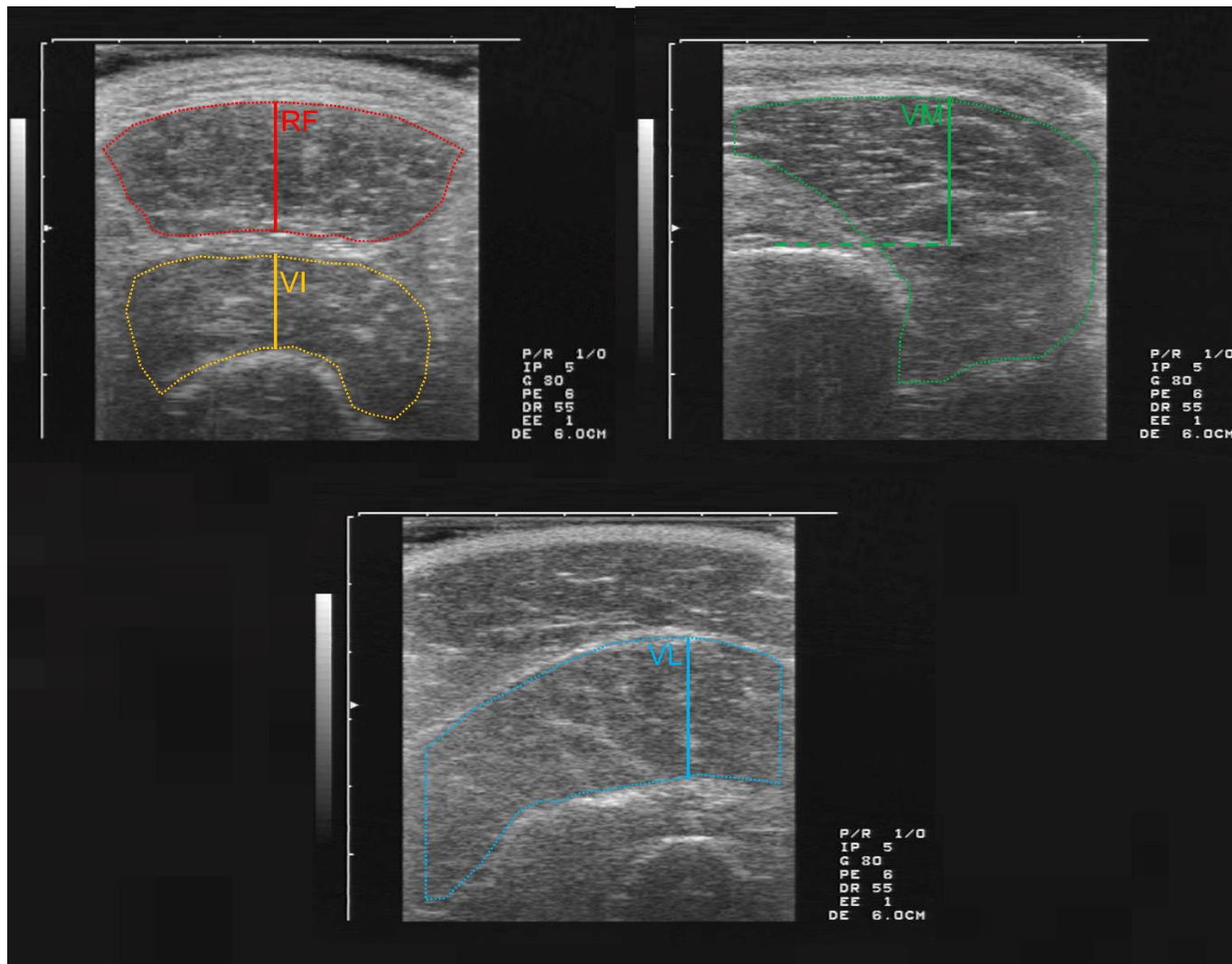
Kinetics; 2013.

69. Kennis E, Verschueren S, Van Roie E, Thomis M, Lefevre J, Delecluse C. Longitudinal impact of aging on muscle quality in middle-aged men. *Age (Omaha)*. 2014;36:9689.
70. Puthoff ML, Nielsen DH. Relationships among impairments in lower-extremity strength and power, functional limitations, and disability in older adults. *Phys Ther*. 2007;87:1334–47.
71. Kirn DR, Reid KF, Hau C, Phillips EM, Fielding RA. What is a Clinically Meaningful Improvement in Leg-Extensor Power for Mobility-limited Older Adults? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. United States; 2016;71:632–6.
72. Sayers SP, Gibson K. A comparison of high-speed power training and traditional slow-speed resistance training in older men and women. *J strength Cond Res*. United States; 2010;24:3369–80.
73. Izquierdo M, Häkkinen K, Ibañez J, Garrues M, Antón A, Zúñiga A, et al. Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle-aged and older men. *J Appl Physiol*. 2001;90:1497–507.
74. Newton RU, Hakkinen K, Hakkinen A, McCormick M, Volek JS, Kraemer WJ. Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:1367–75.
75. Miszko TA, Cress ME, Slade JM, Covey CJ, Agrawal SK, Doerr CE. Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. United States; 2003;58:171–5.
76. Bean JF, Leveille SG, Kiely DK, Bandinelli S, Guralnik JM, Ferrucci L. A Comparison of Leg Power and Leg Strength Within the InCHIANTI Study: Which Influences Mobility More? *Journals Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci*. 2003;58:M728–33.
77. Reid KF, Callahan DM, Carabello RJ, Phillips EM, Frontera WR, Fielding RA. Lower extremity power training in elderly subjects with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res*. 2008;20:337–43.
78. Klass M, Baudry S, Duchateau J. Voluntary activation during maximal contraction with advancing age: a brief review. *Eur J Appl Physiol*. Germany; 2007;100:543–51.
79. Clark DJ, Patten C, Reid KF, Carabello RJ, Phillips EM, Fielding RA. Muscle performance and physical function are associated with voluntary rate of neuromuscular activation in older adults. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci*. 2011;66 A:115–21.

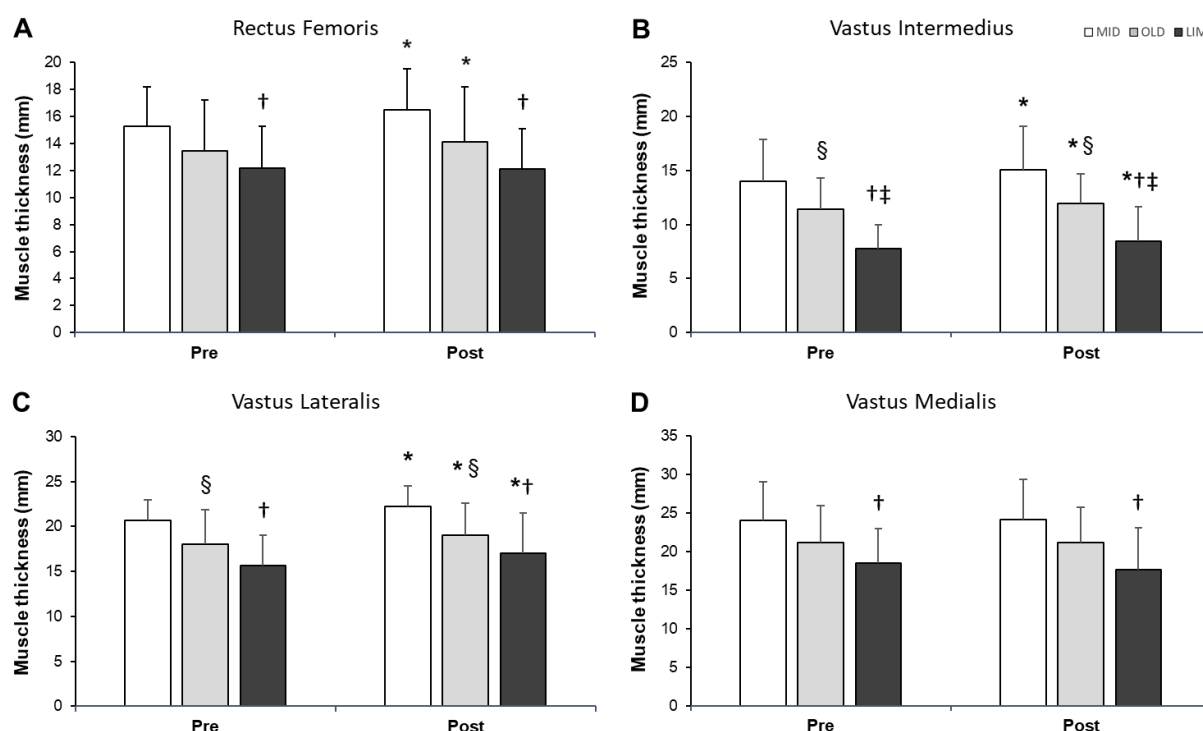
80. Correa-de-Araujo R, Harris-Love MO, Miljkovic I, Fragala MS, Anthony BW, Manini TM. The Need for Standardized Assessment of Muscle Quality in Skeletal Muscle Function Deficit and Other Aging-Related Muscle Dysfunctions: A Symposium Report. *Front Physiol.* 2017;8:1–19.
81. Nogueira W, Gentil P, Mello SNM, Oliveira RJ, Bezerra AJC, Bottaro M. Effects of power training on muscle thickness of older men. *Int J Sports Med.* Germany; 2009;30:200–4.
82. Reimers K, Reimers CD, Wagner S, Paetzke I, Pongratz DE. Skeletal muscle sonography: A correlative study of echogenicity and morphology. *J Ultrasound Med.* 1993;12:73–7.
83. Young H-J, Jenkins NT, Zhao Q, Mccully KK. Measurement of intramuscular fat by muscle echo intensity. *Muscle Nerve.* John Wiley & Sons, Ltd; 2015;52:963–71.
84. Komforti D, Joffe C, Magras A, Peller A, Garbe E, Garib R, et al. Does skeletal muscle morphology or functional performance better explain variance in fast gait speed in older adults? *Aging Clin Exp Res.* 2021;33:921–31.
85. Pedersen BK. Muscle as a secretory organ. *Compr Physiol.* 2013;3:1337–62.
86. Vechetti Jr IJ, Valentino T, Mobley CB, McCarthy JJ. The role of extracellular vesicles in skeletal muscle and systematic adaptation to exercise. *J Physiol.* John Wiley & Sons, Ltd; 2021;599:845–61.
87. Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, Clements KM, Solares GR, Nelson ME, et al. Exercise Training and Nutritional Supplementation for Physical Frailty in Very Elderly People. *N Engl J Med.* Massachusetts Medical Society; 1994;330:1769–75.

Supplementary material list:

- **Supplementary Figure 1.** Representative ultrasound images of the individual quadriceps muscles analysed.
- **Supplementary Figure 2.** Quadriceps muscle thickness responses.
- **Supplementary Figure 3.** Quadriceps echo intensity responses.
- **Supplementary Figure 4.** Knee extension and Leg press peak velocity responses at the time of testing.
- **Supplementary Figure 5.** Knee extension and Leg press peak force responses at the time of testing.
- **Supplementary Figure 6.** Knee extension and Leg press peak velocity responses based on pre-intervention 1RM loads.
- **Supplementary Figure 7.** Knee extension and Leg press peak force responses based on pre-intervention 1RM loads.
- **Supplementary Table 1.** Comparison between baseline (wk -4) and pre-intervention (wk 0) time points.
- **Supplementary Table 2.** Percent change and effect size results relative to the 12-wk HVRT intervention.
- **Supplementary Table 3.** Percent change and between-group effect size results.
- **Supplementary Table 4.** Complementary analysis comparing mobility-limited older adults pre- and post-training results with those of older adults pre-training.
- **Supplementary Table 5.** Complementary analysis comparing older adults pre- and post-training results with those of middle-aged adults pre-training.

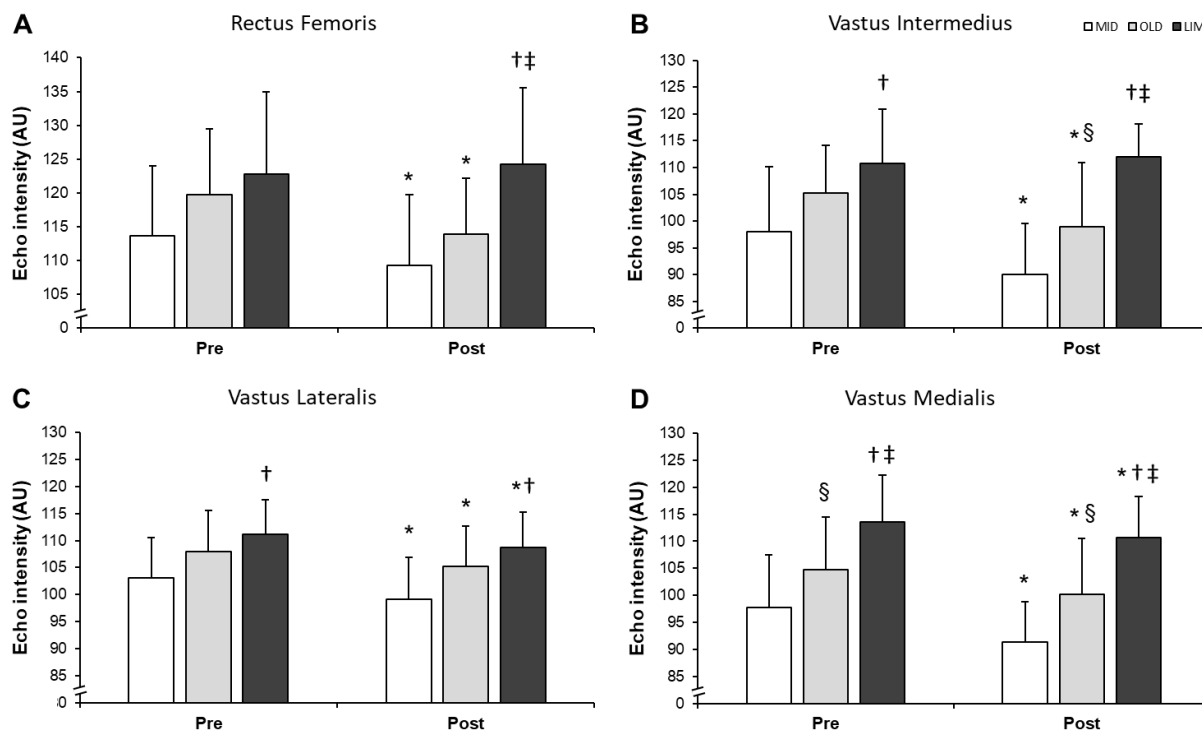


Supplementary Figure 1. Representative ultrasound images of the individual quadriceps muscles analysed. RF = *rectus femoris*; VI = *vastus intermedius*; VM = *vastus medialis*; VL = *vastus lateralis*. Note: continuous lines represent muscle thickness measures, whereas dotted lines represent the area used for echo intensity determination. In all images, the hyperechoic interface of the femur was used as a reference point for muscle thickness determination. For a detailed explanation of how the measures were obtained, readers are referred to Section 2.3.



Supplementary Figure 2. Quadriceps muscle thickness responses to 12 weeks of high-velocity resistance training in middle-aged (MID), older (OLD) and mobility-limited older (LIM) participants. Results are presented separately for each muscle (A-D). * = Post greater than Pre (all $p < 0.05$); † = LIM lower than MID (all $p < 0.05$); ‡ = LIM lower than OLD (all $p < 0.05$); § = OLD lower than MID (all $p < 0.05$). Values are (mean $\pm$ SD).

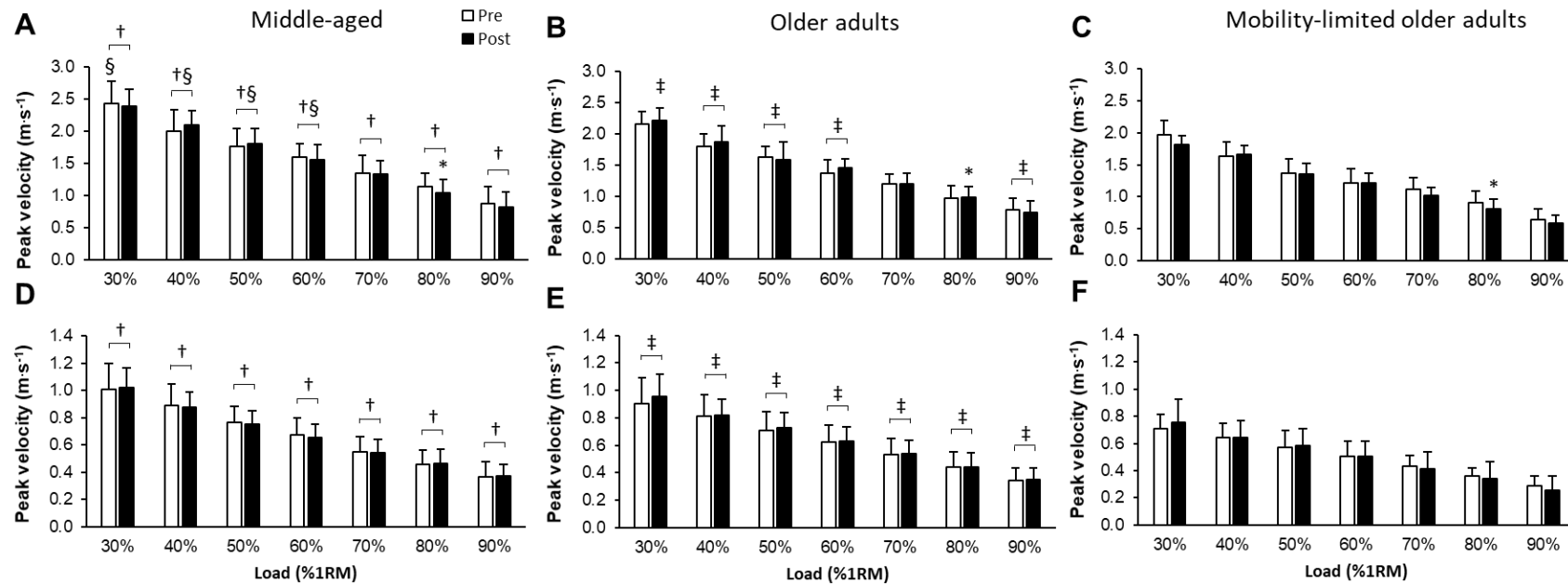
When results were analyzed separately for each muscle, an increase in RF muscle thickness was observed in middle-aged ($p < 0.001$) and older adults ($p < 0.001$), but not in the mobility-limited participants ($p = 0.776$), the latter of which was found to be lower compared to middle-aged adults both pre ($p = 0.028$) and post ($p = 0.001$) training. For the VI and VL muscles, thickness increased in all three groups ($p < 0.001$) and was found to be greater in middle-aged adults compared to both mobility-limited (both $p < 0.001$) and older adults (both $p < 0.001$). VL muscle thickness was also found to be greater in older than mobility-limited older adults ($p = 0.003$). No improvements were noted for VM ($p = 0.446$), which differed only between middle-aged and mobility-limited older individuals ($p = 0.007$).



Supplementary Figure 3. Quadriceps echo intensity responses to 12 weeks of high-velocity resistance training in middle-aged (MID), older (OLD) and mobility-limited older (LIM) participants. Results are presented separately for each muscle (A-D). * = Post greater than Pre (all $p < 0.05$); † = LIM lower than MID (all $p < 0.05$); ‡ = LIM lower than OLD (all $p < 0.05$); § = OLD lower than MID (all $p < 0.05$). Values are (mean $\pm$ SD).

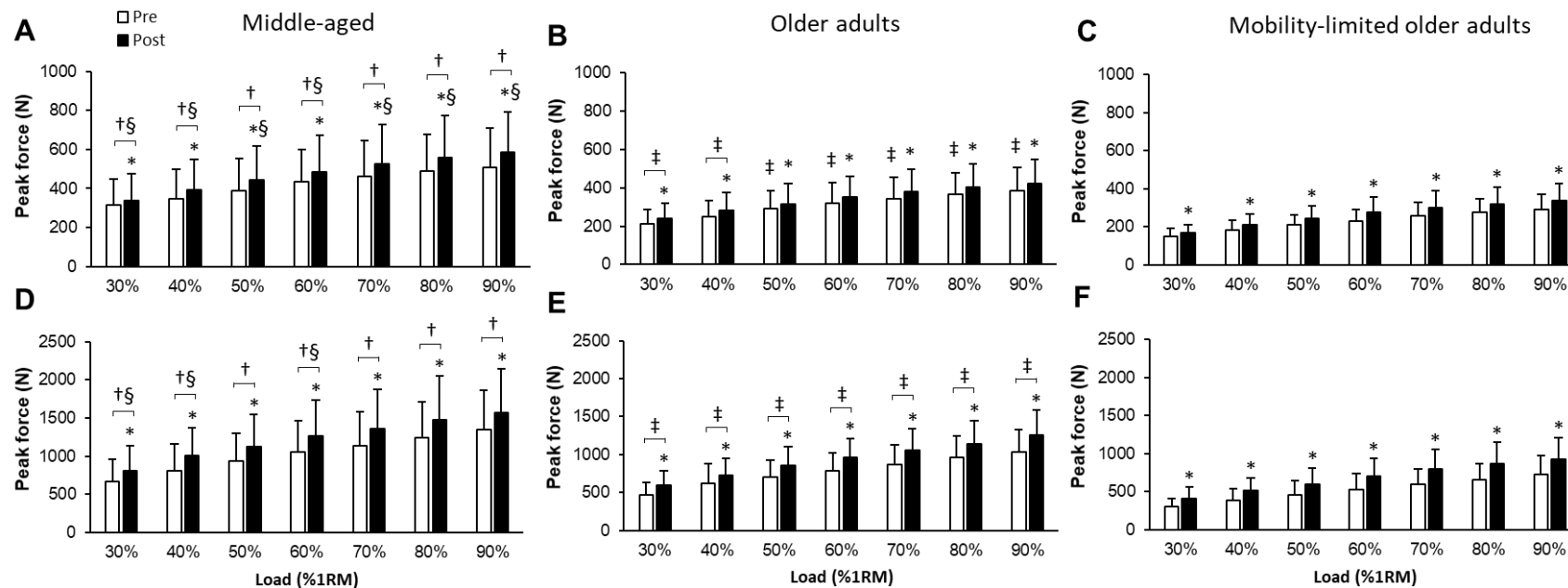
Similar to quadriceps results, reductions in both RF and VI echo intensity signals were observed in the middle-aged (both $p < 0.001$) and older participants ($p < 0.001$ and $p = 0.001$, respectively), but not in the mobility-limited group ($p = 0.539$ and $p = 0.708$). On the other hand, VL and VM echo intensity signals reduced after training in all three groups ($p < 0.001$). Regarding group differences, RF echo intensity did not differ between the groups pre-training, but middle-aged ($p = 0.003$) and older adults ($p = 0.045$) values were lower than mobility-limited older participants post-training. VI differed only between middle-aged and mobility-limited older adults at pre-training ($p = 0.012$) but was found to be different between all groups after the intervention ($p < 0.001$ between mobility-limited older adults and the other groups and $p = 0.033$ between middle-aged and older adults). Further, no differences were found between middle-aged and older adults ($p = 0.056$) and older adults and mobility-limited older adults ($p = 0.604$) for the VL muscle, but middle-aged individuals had a lower echo intensity value than the latter ($p = 0.002$). Finally, VM differed between the three groups both pre- and post-training ($p < 0.001$ between mobility-limited older adults and middle-aged adults; $p = 0.014$ between mobility-limited older adults and older adults; and $p = 0.015$ between middle-aged and older adults).

*Power test performed using 1RM workloads relative to post-training 1RM measures.



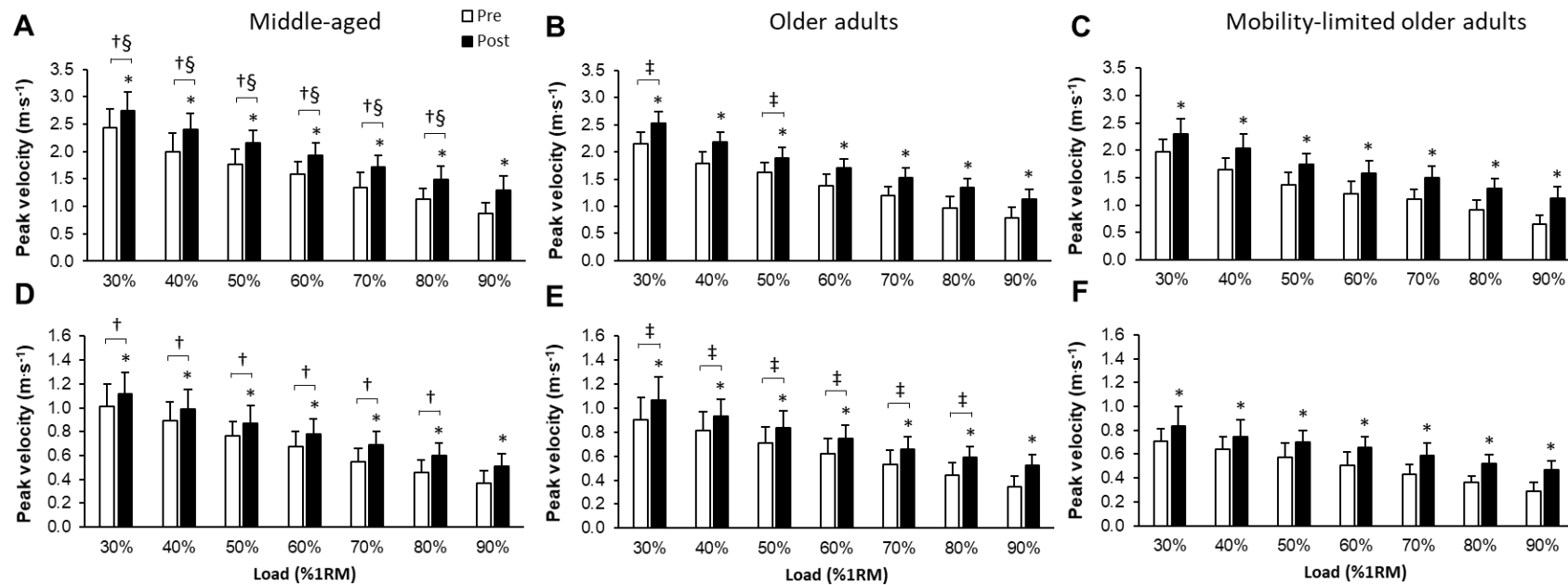
Supplementary Figure 4. Knee extension (A-C) and Leg press (D-F) **peak velocity** responses to 12 weeks of high-velocity resistance training in middle-aged (A, D), older (B, E) and mobility-limited older (C, F) participants based on 1RM **at the time of testing**. * = greater than Pre ($p < 0.05$); † = middle-aged adults greater than mobility-limited older adults ($p < 0.05$); ‡ = older adults greater than mobility-limited older adults ($p < 0.05$); § = middle-aged adults greater than older adults ($p < 0.05$).

***Power test performed using 1RM workloads relative to post-training 1RM measures.**



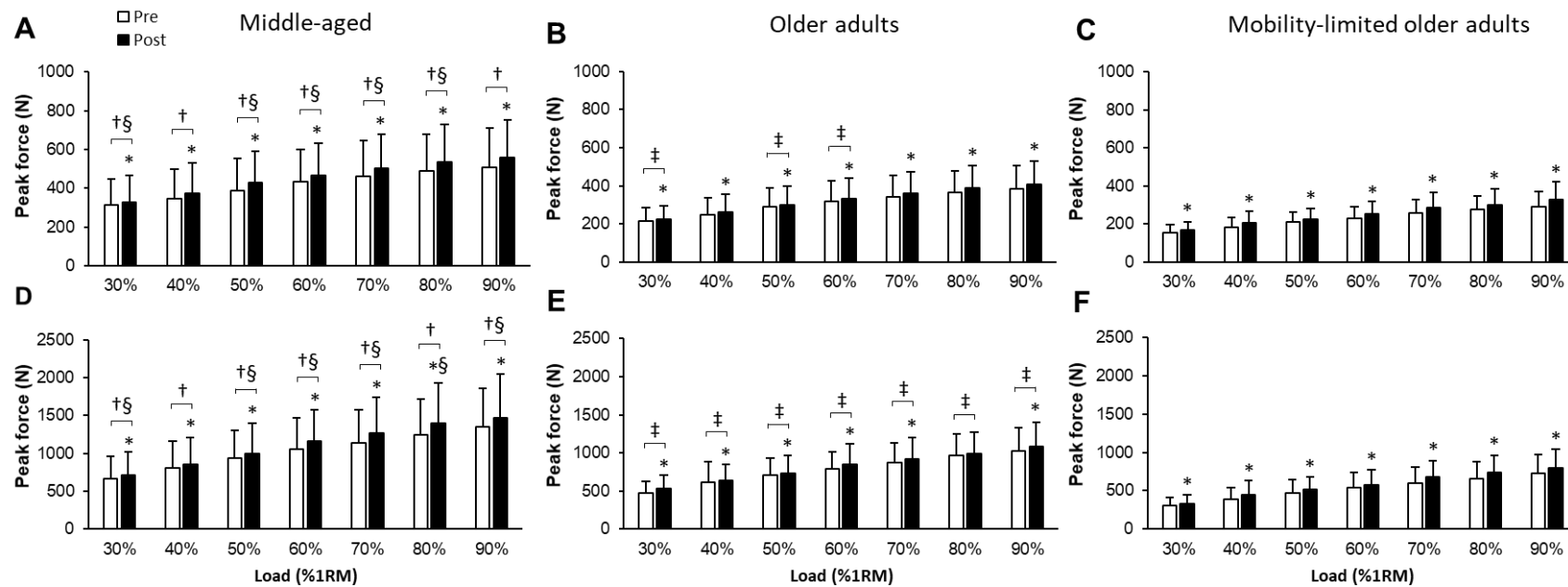
Supplementary Figure 5. Knee extension (A-C) and Leg press (D-F) **peak force** responses to 12 weeks of high-velocity resistance training in middle-aged (A, D), older (B, E) and mobility-limited older (C, F) participants based on 1RM **at the time of testing**. * = greater than Pre ($p < 0.05$); † = middle-aged adults greater than mobility-limited older adults ($p < 0.05$); ‡ = older adults greater than mobility-limited older adults ($p < 0.05$); § = middle-aged adults greater than older adults ($p < 0.05$).

*Power test performed using 1RM workloads relative to pre-training 1RM measures.



Supplementary Figure 6. Knee extension (A-C) and Leg press (D-F) **peak velocity** responses to 12 weeks of high-velocity resistance training in middle-aged (A, D), older (B, E) and mobility-limited older (C, F) participants based on **pre-intervention** 1RM loads. * = greater than Pre ($p < 0.05$); † = middle-aged adults greater than mobility-limited older adults ($p < 0.05$); ‡ = older adults greater than mobility-limited older adults ($p < 0.05$); § = middle-aged adults greater than older adults ($p < 0.05$).

***Power test performed using 1RM workloads relative to pre-training 1RM measures.**



Supplementary Figure 7. Knee extension (A-C) and Leg press (D-F) **peak force** responses to 12 weeks of high-velocity resistance training in middle-aged (A, D), older (B, E) and mobility-limited older (C, F) participants based on **pre-intervention** 1RM loads. * = greater than Pre ($p < 0.05$); † = middle-aged adults greater than mobility-limited older adults ($p < 0.05$); ‡ = older adults greater than mobility-limited older adults ($p < 0.05$); § = middle-aged adults greater than older adults ($p < 0.05$).

Supplementary Table 1. Comparison between baseline (wk -4) and pre-intervention (wk 0) time points among the groups investigated.

	<i>Middle-aged adults (n=17)</i>		<i>Older adults (n=18)</i>		<i>Mobility-limited older adults (n=8)</i>	
	Baseline	Pre	Baseline	Pre	Baseline	Pre
<i>Dynamic strength</i>						
LP 1RM (kg)	183.7 ± 74.4	189.1 ± 68.9*	139.2 ± 40.7	145.0 ± 40.0*	95.6 ± 32.6	104.0 ± 35.2*
KE 1RM (kg)	45.0 ± 16.4	46.2 ± 18.0*	35.9 ± 10.9	37.1 ± 11.2*	27.3 ± 7.4	27.5 ± 7.3*
<i>Isometric strength</i>						
MVIC (kgf)	33.6 ± 13.7	33.9 ± 13.0	26.1 ± 9.0	27.0 ± 9.8	20.0 ± 8.3	20.0 ± 6.5
VL sEMG (µV)	379.3 ± 273.6	395.4 ± 290.6	255.4 ± 98.4	284.8 ± 102.5	293.3 ± 254.2	210.0 ± 67.9
RF sEMG (µV)	259.1 ± 170.7	290.6 ± 231.0	172.3 ± 83.8	219.4 ± 82.0	210.1 ± 154.9	180.9 ± 84.4
BF sEMG (µV)	72.3 ± 36.0	74.6 ± 38.5	52.5 ± 20.3	54.0 ± 17.7	57.1 ± 39.4	43.8 ± 13.4
<i>Ultrasound measures</i>						
RF MT (mm)	15.4 ± 2.9	15.2 ± 2.9	13.4 ± 4.1	13.4 ± 3.8	12.4 ± 3.0	12.2 ± 3.1
VI MT (mm)	14.1 ± 3.4	13.9 ± 3.9	11.4 ± 3.1	11.4 ± 2.9	8.1 ± 2.2	7.8 ± 2.2
VL MT (mm)	20.9 ± 1.9	20.7 ± 2.2	17.9 ± 3.8	18.0 ± 3.9	16.0 ± 4.0	15.7 ± 3.4
VM MT (mm)	24.1 ± 4.7	23.9 ± 5.1	19.6 ± 5.1	21.2 ± 4.8	18.2 ± 5.2	18.5 ± 4.5
QUAD MT (mm)	74.4 ± 11.2	73.6 ± 11.9	62.2 ± 14.0	64.0 ± 13.2*	54.6 ± 12.1	54.1 ± 10.9
RF EI (a.u)	110.6 ± 10.4	114.1 ± 10.4*	118.5 ± 8.8	119.7 ± 9.8	126.6 ± 10.8	122.8 ± 12.2
VI EI (a.u)	95.5 ± 11.9	99.1 ± 12.2	103.2 ± 11.3	105.2 ± 9.0	113.3 ± 7.11	110.8 ± 10.2
VL EI (a.u)	102.7 ± 6.6	103.2 ± 7.3	106.8 ± 7.1	108.0 ± 7.5	111.8 ± 8.5	111.1 ± 6.4
VM EI (a.u)	94.1 ± 6.5	97.9 ± 9.7*	100.8 ± 9.2	104.8 ± 9.7*	114.6 ± 7.3	113.6 ± 8.7*
QUAD EI (a.u)	100.7 ± 7.0	103.5 ± 7.9	107.3 ± 6.7	109.4 ± 7.0	116.5 ± 5.6	114.5 ± 6.5
<i>Functional capacity</i>						
SPPB (points)	11.8 ± 0.5	12.0 ± 0.1	11.5 ± 0.7	11.4 ± 0.7	8.1 ± 1.0	7.9 ± 1.1
30STS (reps)	17.3 ± 2.3	18.7 ± 3.5*	14.4 ± 2.5	14.8 ± 3.3*	10.6 ± 1.9	11.3 ± 2.1*
HGS (m·s ⁻¹)	1.57 ± 0.24	1.54 ± 0.16	1.37 ± 0.19	1.36 ± 0.16	1.23 ± 0.14	1.23 ± 0.14
MGS (m·s ⁻¹)	2.24 ± 0.28	2.19 ± 0.38	1.94 ± 0.31	1.97 ± 0.40	1.62 ± 0.28	1.56 ± 0.21
TUG (s)	5.50 ± 0.73	5.42 ± 0.63	6.55 ± 0.76	6.37 ± 0.85	8.79 ± 1.75	8.94 ± 1.92
SC (s)	4.01 ± 0.55	4.12 ± 0.45	4.71 ± 0.65	4.58 ± 0.49	6.89 ± 1.73	7.04 ± 1.66
TC6 (m)	656.2 ± 61.8	651.3 ± 67.6	547.1 ± 56.7	553.0 ± 58.3	469.9 ± 75.4	441.2 ± 74.9

LP Peak Power

PP 30% (W)	564.3 ± 331.5	582.7 ± 325.9	355.9 ± 198.4	364.9 ± 181.9	164.0 ± 69.12	186.2 ± 84.2
PP 40% (W)	594.4 ± 316.8	603.4 ± 332.7	398.0 ± 191.0	410.4 ± 196.1	189.0 ± 78.4	220.3 ± 121.7
PP 50% (W)	605.1 ± 290.1	625.1 ± 332.0*	403.0 ± 170.2	425.1 ± 195.2*	198.6 ± 93.6	242.0 ± 146.9*
PP 60% (W)	595.6 ± 306.8	635.9 ± 322.9	404.8 ± 159.2	430.8 ± 192.9	231.0 ± 98.0	250.3 ± 156.2
PP 70% (W)	533.8 ± 288.9	582.4 ± 302.7*	394.0 ± 140.9	418.9 ± 185.4*	208.6 ± 78.9	248.6 ± 127.1*
PP 80% (W)	477.2 ± 255.0	533.0 ± 267.3	345.7 ± 122.3	381.2 ± 166.5	226.4 ± 116.3	218.6 ± 98.7
PP 90% (W)	385.0 ± 204.7	487.1 ± 291.6*	284.9 ± 103.2	327.6 ± 141.4	204.1 ± 100.9	192.3 ± 88.0

KE Peak Power

PP 30% (W)	518.1 ± 245.1	559.0 ± 301.1*	314.3 ± 138.2	338.1 ± 134.1*	190.3 ± 35.3	214.9 ± 78.4*
PP 40% (W)	520.2 ± 271.6	535.9 ± 314.2	321.3 ± 140.7	339.1 ± 148.3	222.4 ± 64.4	223.9 ± 85.0
PP 50% (W)	543.8 ± 275.2	550.7 ± 313.9	348.0 ± 156.9	368.4 ± 148.8	207.3 ± 57.1	218.7 ± 77.0
PP 60% (W)	546.5 ± 243.8	551.9 ± 277.7	345.4 ± 153.6	355.8 ± 161.1	220.6 ± 75.1	223.9 ± 86.9
PP 70% (W)	516.0 ± 252.3	523.1 ± 260.7	330.1 ± 132.3	345.0 ± 133.9	222.3 ± 83.6	234.9 ± 95.0
PP 80% (W)	453.9 ± 222.9	477.0 ± 238.9	299.7 ± 138.8	309.7 ± 126.1	220.7 ± 60.6	213.8 ± 91.2
PP 90% (W)	408.2 ± 237.9	401.4 ± 227.8	280.6 ± 174.4	274.0 ± 119.7	187.0 ± 65.2	165.2 ± 71.3

LP = leg press; KE = knee extension; 1RM = one repetition maximum; RF = rectus femoris; VI = vastus intermedius; VL = vastus lateralis; VM = vastus medialis; MT = muscle thickness; EI = echo intensity. * = different from baseline ($p < 0.05$). Note: for clarity, only differences between time points are shown.

Supplementary Table 2. Percent change and effect size results relative to the 12-wk HVRT intervention.

	Middle-aged adults			Older adults			Mobility-limited older adults		
	Δ%	Cohen's d		Δ%	Cohen's d		Δ%	Cohen's d	
Dynamic strength									
LP 1RM	19.1 ± 6.8	0.48	small	24.2 ± 8.4	0.80	large	32.9 ± 13.6	0.87	large
KE 1RM	17.7 ± 6.4	0.46	small	12.6 ± 7.9	0.39	small	20.8 ± 9.0	0.75	moderate
Isometric strength									
MVIC	8.3 ± 10.7	0.23	small	4.7 ± 9.1	0.10	-	15.0 ± 11.6	0.41	small
VL sEMG	8.9 ± 24.2	0.10	-	4.6 ± 23.2	0.15	-	9.8 ± 25.4	0.24	small
RF sEMG	27.1 ± 46.3	0.20	small	4.2 ± 17.9	0.13	-	-0.4 ± 18.6	0.09	-
BF sEMG	6.3 ± 33.3	0.10	-	27.3 ± 43.0	0.55	moderate	-7.0 ± 22.0	-0.11	-
Ultrasound measures									
RF MT	7.5 ± 6.1	0.36	small	4.9 ± 6.0	0.45	small	-0.5 ± 9.4	-0.02	-
VI MT	8.8 ± 9.5	0.31	small	5.3 ± 10.2	0.19	-	7.1 ± 14.7	0.18	-
VL MT	7.2 ± 4.0	0.70	moderate	6.9 ± 7.9	0.31	small	8.0 ± 8.4	0.25	small
VM MT	0.8 ± 6.8	0.03	-	1.0 ± 11.5	0.01	-	-4.9 ± 11.4	-0.13	-
QUAD MT	5.2 ± 3.5	0.34	small	4.2 ± 5.6	0.19	-	1.6 ± 8.7	0.07	-
RF EI	-3.7 ± 4.0	0.44	small	-4.6 ± 3.6	0.81	large	1.4 ± 6.1	-0.09	-
VI EI	-8.0 ± 7.4	0.84	large	-6.0 ± 7.6	0.76	moderate	1.7 ± 9.5	-0.10	-
VL EI	-3.8 ± 3.9	0.57	moderate	-2.5 ± 4.3	0.51	moderate	-2.1 ± 3.7	0.28	small
VM EI	-6.4 ± 5.5	0.81	large	-4.3 ± 6.3	0.64	moderate	-2.4 ± 3.5	0.26	small
QUAD EI	-5.4 ± 4.2	0.84	large	-4.3 ± 4.5	0.52	moderate	-0.5 ± 3.9	0.08	-
Functional capacity									
SPPB	-0.5 ± 2.0	-0.35	-	4.8 ± 7.5	0.97	large	38.6 ± 22.8	2.55	v. large
30STS	10.3 ± 14.3	0.52	moderate	6.9 ± 6.1	0.30	small	20.6 ± 15.8	1.10	large
HGS	-0.7 ± 7.4	-0.09	-	5.2 ± 10.7	0.45	small	2.5 ± 4.6	0.24	small
MGS	4.2 ± 8.5	0.23	small	3.6 ± 7.5	0.16	-	5.6 ± 12.2	0.40	small
TUG	-8.5 ± 10.0	0.91	large	-0.9 ± 11.2	0.11	-	-8.1 ± 12.4	0.51	moderate
SC	-11.8 ± 8.6	1.09	large	-6.4 ± 7.0	0.57	moderate	-12.7 ± 8.2	0.58	moderate
TC6	1.0 ± 3.6	0.10	-	1.4 ± 4.8	0.12	-	4.5 ± 11.8	0.24	small

LP Power 1RM post

PP 30%	23.3 ± 23.7	0.33	small	39.4 ± 25.8	0.63	moderate	47.4 ± 30.2	0.74	moderate
PP 40%	22.5 ± 26.6	0.32	small	29.6 ± 18.8	0.50	moderate	35.6 ± 25.7	0.50	moderate
PP 50%	20.4 ± 19.7	0.30	small	31.9 ± 16.7	0.57	moderate	36.2 ± 25.4	0.46	small
PP 60%	17.5 ± 21.2	0.27	small	29.4 ± 17.6	0.53	moderate	34.4 ± 22.0	0.43	small
PP 70%	21.2 ± 27.9	0.31	small	28.4 ± 22.7	0.51	moderate	20.3 ± 19.3	0.36	small
PP 80%	26.9 ± 42.5	0.40	small	30.1 ± 39.3	0.47	small	21.8 ± 33.2	0.45	small
PP 90%	25.7 ± 35.9	0.26	small	32.5 ± 30.8	0.56	moderate	17.8 ± 37.3	0.31	small

LP Power 1RM pre

PP 30%	22.1 ± 19.6	0.34	small	35.0 ± 29.9	0.56	moderate	29.8 ± 23.8	0.54	moderate
PP 40%	24.3 ± 27.1	0.38	small	23.9 ± 17.0	0.41	small	24.6 ± 19.1	0.40	small
PP 50%	24.4 ± 21.3	0.39	small	28.7 ± 16.7	0.52	moderate	31.3 ± 23.7	0.40	small
PP 60%	26.0 ± 20.3	0.43	small	29.6 ± 15.9	0.55	moderate	43.5 ± 25.8	0.46	small
PP 70%	39.4 ± 23.6	0.59	moderate	33.8 ± 25.1	0.61	moderate	47.0 ± 14.7	0.61	moderate
PP 80%	45.9 ± 34.3	0.68	moderate	47.4 ± 32.8	0.82	large	47.6 ± 13.6	0.85	large
PP 90%	57.4 ± 43.2	0.65	large	66.8 ± 40.2	1.08	large	78.9 ± 38.7	1.19	large

KE Power 1RM post

PP 30%	12.0 ± 15.7	0.18	-	20.1 ± 14.4	0.43	small	10.4 ± 21.5	0.21	small
PP 40%	28.4 ± 33.7	0.34	small	21.6 ± 20.6	0.43	small	23.1 ± 18.5	0.51	moderate
PP 50%	23.0 ± 22.4	0.29	small	9.6 ± 12.9	0.24	small	24.0 ± 23.3	0.54	moderate
PP 60%	13.3 ± 14.1	0.23	small	23.6 ± 27.8	0.37	small	24.8 ± 28.5	0.50	moderate
PP 70%	16.6 ± 17.3	0.24	small	13.7 ± 20	0.28	small	10.1 ± 16.5	0.20	small
PP 80%	7.7 ± 13.9	0.11	-	21.5 ± 43.7	0.28	small	8.8 ± 21.6	0.14	-
PP 90%	16.0 ± 37.2	0.12	-	12.7 ± 41.6	0.12	-	21.8 ± 50.8	0.18	-

KE Power 1RM pre

PP 30%	22.6 ± 22.9	0.34	small	26.2 ± 20.1	0.62	moderate	28.4 ± 26.8	0.99	large
PP 40%	35.1 ± 39	0.45	small	29.6 ± 17.8	0.60	moderate	37.6 ± 10.4	1.17	large
PP 50%	37.3 ± 25.1	0.50	moderate	22.6 ± 17.8	0.51	moderate	39.8 ± 18.8	1.33	v. large
PP 60%	33.7 ± 20.7	0.57	moderate	32.5 ± 29.7	0.57	moderate	41.6 ± 22.0	1.29	large
PP 70%	41.0 ± 32.1	0.64	moderate	21.1 ± 25.5	0.69	moderate	46.1 ± 24.0	1.20	large

PP 80%	42.5 ± 23.2	0.70	moderate	51.3 ± 60.8	0.89	large	62.3 ± 28.1	1.46	v. large
PP 90%	67.2 ± 49.7	0.88	large	53.4 ± 47.8	0.90	large	92.4 ± 38.0	1.93	v. large

LP = *leg press*; KE = *knee extension*; 1RM = *one repetition maximum*; RF = *rectus femoris*; VI = *vastus intermedius*; VL = *vastus lateralis*; VM = *vastus medialis*; MT = *muscle thickness*; EI = *echo intensity*. Note: Cohen's d values were classified as suggested by Sullivan & Feinn (2012): 0.2 = small; 0.5 = moderate; 0.8 = large; 1.3 = very large. Values are mean ± SD.

Supplementary Table 3. Percent change and between-group effect size results.

	$\Delta\%$			Cohen's d					
	MID	OLD	LIM	MID vs. OLD		MID vs. LIM		OLD vs. LIM	
<i>Dynamic strength</i>									
LP 1RM	19.1 ± 6.8	24.2 ± 8.4	32.9 ± 13.6	0.67	moderate	1.28	large	0.77	moderate
KE 1RM	17.7 ± 6.4	12.6 ± 7.9	20.8 ± 9.0	0.71	moderate	0.4	small	0.97	large
<i>Isometric strength</i>									
MVIC	8.3 ± 10.7	4.7 ± 9.1	15.0 ± 11.6	0.36	small	0.6	moderate	0.99	large
VL sEMG	8.9 ± 24.2	4.6 ± 23.2	9.8 ± 25.4	0.18	-	0.04	-	0.21	small
RF sEMG	27.1 ± 46.3	4.2 ± 17.9	-0.4 ± 18.6	0.66	moderate	0.78	moderate	0.25	small
BF sEMG	6.3 ± 33.3	27.3 ± 43.0	-7.0 ± 22.0	0.54	moderate	0.47	small	1	large
<i>Ultrasound measures</i>									
RF MT	7.5 ± 6.1	4.9 ± 6.0	-0.5 ± 9.4	0.43	small	1.01	large	0.69	moderate
VI MT	8.8 ± 9.5	5.3 ± 10.2	7.1 ± 14.7	0.36	small	0.14	-	0.14	-
VL MT	7.2 ± 4.0	6.9 ± 7.9	8.0 ± 8.4	0.05	-	0.12	-	0.14	-
VM MT	0.8 ± 6.8	1.0 ± 11.5	-4.9 ± 11.4	0.02	-	0.6	moderate	0.52	moderate
QUAD MT	5.2 ± 3.5	4.2 ± 5.6	1.6 ± 8.7	0.21	small	0.54	moderate	0.36	small
RF EI	-3.7 ± 4.0	-4.6 ± 3.6	1.4 ± 6.1	0.24	small	0.99	large	1.2	large
VI EI	-8.0 ± 7.4	-6.0 ± 7.6	1.7 ± 9.5	0.27	small	1.14	large	0.90	large
VL EI	-3.8 ± 3.9	-2.5 ± 4.3	-2.1 ± 3.7	0.32	small	0.45	small	0.10	-
VM EI	-6.4 ± 5.5	-4.3 ± 6.3	-2.4 ± 3.5	0.36	small	0.87	large	0.37	small
QUAD EI	-5.4 ± 4.2	-4.3 ± 4.5	-0.5 ± 3.9	0.25	small	1.16	large	0.90	large
<i>Functional capacity</i>									
SPPB	-0.5 ± 2.0	4.8 ± 7.5	38.6 ± 22.8	0.97	large	2.42	v. large	1.99	v. large
30STS	10.3 ± 14.3	6.9 ± 6.1	20.6 ± 15.8	0.31	small	0.68	moderate	1.14	large
HGS	-0.7 ± 7.4	5.2 ± 10.7	2.5 ± 4.6	0.64	moderate	0.52	moderate	0.33	small
MGS	4.2 ± 8.5	3.6 ± 7.5	5.6 ± 12.2	0.07	-	0.13	-	0.2	small
TUG	-8.5 ± 10.0	-0.9 ± 11.2	-8.1 ± 12.4	0.72	moderate	0.04	-	0.61	moderate
SC	-11.8 ± 8.6	-6.4 ± 7.0	-12.7 ± 8.2	0.69	moderate	0.11	-	0.83	moderate
TC6	1.0 ± 3.6	1.4 ± 4.8	4.5 ± 11.8	0.09	-	0.4	small	0.34	small

LP Power 1RM post

PP 30%	23.3 ± 23.7	39.4 ± 25.8	47.4 ± 30.2	0.65	moderate	0.89	large	0.29	small
PP 40%	22.5 ± 26.6	29.6 ± 18.8	35.6 ± 25.7	0.31	small	0.5	moderate	0.27	small
PP 50%	20.4 ± 19.7	31.9 ± 16.7	36.2 ± 25.4	0.63	moderate	0.7	moderate	0.2	small
PP 60%	17.5 ± 21.2	29.4 ± 17.6	34.4 ± 22.0	0.61	moderate	0.78	moderate	0.25	small
PP 70%	21.2 ± 27.9	28.4 ± 22.7	20.3 ± 19.3	0.28	small	0.04	-	0.39	small
PP 80%	26.9 ± 42.5	30.1 ± 39.3	21.8 ± 33.2	0.08	-	0.13	-	0.23	small
PP 90%	25.7 ± 35.9	32.5 ± 30.8	17.8 ± 37.3	0.2	small	0.22	small	0.43	small

LP Power 1RM pre

PP 30%	22.1 ± 19.6	35.0 ± 29.9	29.8 ± 23.8	0.51	moderate	0.35	small	0.19	-
PP 40%	24.3 ± 27.1	23.9 ± 17.0	24.6 ± 19.1	0.02	-	0.01	-	0.04	-
PP 50%	24.4 ± 21.3	28.7 ± 16.7	31.3 ± 23.7	0.22	small	0.31	small	0.13	-
PP 60%	26.0 ± 20.3	29.6 ± 15.9	43.5 ± 25.8	0.2	small	0.75	moderate	0.65	moderate
PP 70%	39.4 ± 23.6	33.8 ± 25.1	47.0 ± 14.7	0.23	small	0.39	small	0.64	moderate
PP 80%	45.9 ± 34.3	47.4 ± 32.8	47.6 ± 13.6	0.05	-	0.07	-	0.01	-
PP 90%	57.4 ± 43.2	66.8 ± 40.2	78.9 ± 38.7	0.23	small	0.52	moderate	0.31	small

KE Power 1RM post

PP 30%	12.0 ± 15.7	20.1 ± 14.4	10.4 ± 21.5	0.54	moderate	0.09	-	0.53	moderate
PP 40%	28.4 ± 33.7	21.6 ± 20.6	23.1 ± 18.5	0.24	small	0.15	-	0.08	-
PP 50%	23.0 ± 22.4	9.6 ± 12.9	24.0 ± 23.3	0.73	moderate	0.04	-	0.77	moderate
PP 60%	13.3 ± 14.1	23.6 ± 27.8	24.8 ± 28.5	0.47	moderate	0.51	moderate	0.05	-
PP 70%	16.6 ± 17.3	13.7 ± 20	10.1 ± 16.5	0.16	-	0.39	small	0.2	small
PP 80%	7.7 ± 13.9	21.5 ± 43.7	8.8 ± 21.6	0.43	small	0.06	-	0.37	small
PP 90%	16.0 ± 37.2	12.7 ± 41.6	21.8 ± 50.8	0.08	-	0.13	-	0.2	small

KE Power 1RM pre

PP 30%	22.6 ± 22.9	26.2 ± 20.1	28.4 ± 26.8	0.17	-	0.23	small	0.09	-
PP 40%	35.1 ± 39.0	29.6 ± 17.8	37.6 ± 10.4	0.18	-	0.09	-	0.55	moderate
PP 50%	37.3 ± 25.1	22.6 ± 17.8	39.8 ± 18.8	0.68	moderate	0.11	-	0.94	large
PP 60%	33.7 ± 20.7	32.5 ± 29.7	41.6 ± 22.0	0.05	-	0.37	small	0.35	small
PP 70%	41.0 ± 32.1	21.1 ± 25.5	46.1 ± 24.0	0.69	moderate	0.18		1.01	large
PP 80%	42.5 ± 23.2	51.3 ± 60.8	62.3 ± 28.1	0.19	-	0.77	moderate	0.23	small

PP 90%	67.2 ± 49.7	53.4 ± 47.8	92.4 ± 38.0	0.28	small	0.57	moderate	0.9	large
--------	-------------	-------------	-------------	------	-------	------	----------	-----	-------

MID = *middle-aged adults*; OLD = *older adults*; LIM = *mobility-limited older adults*; LP = *leg press*; KE = *knee extension*; 1RM = *one repetition maximum*; RF = *rectus femoris*; VI = *vastus intermedius*; VL = *vastus lateralis*; VM = *vastus medialis*; MT = *muscle thickness*; EI = *echo intensity*. Note: Cohen's d values were classified as suggested by Sullivan & Feinn (2012): 0.2 = small; 0.5 = moderate; 0.8 = large; 1.3 = very large. Values are mean ± SD.

Supplementary Table 4. Complementary analysis comparing mobility-limited older adults pre- and post-training results with those of older adults pre-training.

	OLD pre	LIM pre	LIM post	LIM pre vs. OLD pre			LIM post vs. OLD pre		
				<i>P</i>	Cohen's d		<i>P</i>	Cohen's d	
<i>Dynamic strength</i>									
LP 1RM	145.0 ± 39.9	104.0 ± 35.2	136.3 ± 43.9	0.020	1.061	large	0.621	0.213	small
KE 1RM	37.1 ± 11.2	27.5 ± 7.3	33.3 ± 9.1	0.036	0.941	large	0.401	0.364	small
<i>Isometric strength</i>									
MVIC	26.9 ± 9.8	19.9 ± 6.5	22.8 ± 7.5	0.082	0.789	moderate	0.304	0.456	small
<i>Ultrasound measures</i>									
QUAD MT	64.0 ± 13.2	54.1 ± 10.9	55.2 ± 13.7	0.073	0.796	moderate	0.131	0.664	moderate
<i>Functional capacity</i>									
SPPB	11.4 ± 0.7	7.9 ± 1.1	10.8 ± 1.3	<0.001	4.156	large	0.111	0.704	moderate
30STS	14.8 ± 3.3	11.3 ± 2.1	13.4 ± 2.0	0.010	1.184	large	0.264	0.486	small
MGS	1.97 ± 0.4	1.56 ± 0.2	1.63 ± 0.2	0.013	1.142	large	0.032	0.966	large
TUG	6.4 ± 0.9	8.9 ± 1.9	8.3 ± 1.5	<0.001	2.038	large	<0.001	1.880	large
SC	4.6 ± 0.5	7.0 ± 1.7	6.2 ± 1.6	<0.001	2.500	large	0.001	1.629	large
<i>LP Power 1RM post</i>									
PP 30%	364.9 ± 181.9	186.3 ± 84.2	267.0 ± 129.0	0.015	1.119	large	0.183	0.582	moderate
PP 40%	410.4 ± 196.1	220.3 ± 121.7	293.3 ± 130.3	0.019	1.070	large	0.109	0.708	moderate
PP 50%	425.1 ± 195.2	242.0 ± 146.9	313.7 ± 162.0	0.027	1.004	large	0.172	0.598	moderate
PP 60%	430.8 ± 192.9	250.3 ± 156.2	315.4 ± 144.1	0.029	0.987	large	0.145	0.641	moderate
PP 70%	418.9 ± 185.4	248.6 ± 127.1	300.5 ± 162.7	0.027	0.999	large	0.133	0.661	moderate
PP 80%	381.2 ± 166.5	218.6 ± 98.7	275.4 ± 148.2	0.017	1.085	large	0.136	0.656	moderate
PP 90%	327.6 ± 141.4	192.3 ± 88.0	221.3 ± 96.1	0.020	1.056	large	0.066	0.819	large
<i>LP Power 1RM pre</i>									
PP 30%	-	-	235.5 ± 99.3	-	-	-	0.073	0.797	moderate
PP 40%	-	-	268.3 ± 120.8	-	-	-	0.072	0.800	large
PP 50%	-	-	297.9 ± 132.4	-	-	-	0.108	0.710	moderate
PP 60%	-	-	321.5 ± 145.1	-	-	-	0.166	0.606	moderate

PP 70%	-	-	340.6 ± 170.4	-	-	-	0.319	0.432	small
PP 80%	-	-	324.7 ± 147.4	-	-	-	0.417	0.351	small
PP 90%	-	-	323.5 ± 129.1	-	-	-	0.945	0.030	-
<i>KE Power 1RM post</i>									
PP 30%	338.1 ± 134.1	214.9 ± 78.4	230.5 ± 69.4	0.024	1.022	large	0.044	0.905	large
PP 40%	339.1 ± 148.3	223.9 ± 85.0	266.5 ± 83.6	0.053	0.866	large	0.210	0.547	moderate
PP 50%	368.4 ± 148.8	218.7 ± 77.0	266.1 ± 98.8	0.013	1.135	large	0.090	0.751	moderate
PP 60%	355.8 ± 161.1	223.9 ± 86.9	270.1 ± 98.1	0.041	0.920	large	0.179	0.589	moderate
PP 70%	345.0 ± 133.9	234.9 ± 94.9	253.5 ± 90.1	0.047	0.889	large	0.092	0.746	moderate
PP 80%	309.7 ± 126.1	213.8 ± 91.2	225.8 ± 80.5	0.066	0.819	large	0.098	0.731	moderate
PP 90%	274.0 ± 119.7	165.2 ± 71.2	176.7 ± 56.9	0.026	1.010	large	0.040	0.924	large
<i>KE Power 1RM pre</i>									
PP 30%	-	-	272.4 ± 134.1	-	-	-	0.222	0.533	moderate
PP 40%	-	-	305.3 ± 111.6	-	-	-	0.572	0.244	small
PP 50%	-	-	299.9 ± 99.2	-	-	-	0.248	0.503	moderate
PP 60%	-	-	307.4 ± 98.9	-	-	-	0.441	0.333	small
PP 70%	-	-	337.1 ± 123.1	-	-	-	0.891	0.059	-
PP 80%	-	-	333.1 ± 112.2	-	-	-	0.656	0.192	-
PP 90%	-	-	300.5 ± 101.8	-	-	-	0.593	0.230	small

OLD = older adults; LIM = mobility-limited older adults; LP = leg press; KE = knee extension; 1RM = one repetition maximum; RF = rectus femoris; VI = vastus intermedius; VL = vastus lateralis; VM = vastus medialis; MT = muscle thickness; EI = echo intensity. Note: Cohen's d values were classified as suggested by Sullivan & Feinn (2012): 0.2 = small; 0.5 = moderate; 0.8 = large; 1.3 = very large. Values are mean ± SD.

Supplementary Table 5. Complementary analysis comparing older adults pre- and post-training results with those of middle-aged adults pre-training.

	MID pre	OLD pre	OLD post	OLD pre vs. MID pre			OLD post vs. MID pre		
				<i>P</i>	Cohen's d		<i>P</i>	Cohen's d	
<i>Dynamic strength</i>									
LP 1RM	189.1 ± 68.9	145.0 ± 40.0	179.2 ± 48.5	0.026	0.790	moderate	0.623	0.168	-
KE 1RM	46.0 ± 17.5	37.1 ± 11.2	41.4 ± 11.5	0.078	0.605	moderate	0.357	0.311	small
<i>Ultrasound measures</i>									
QUAD MT	74.0 ± 11.7	64.0 ± 13.2	66.3 ± 12.3	0.022	0.800	large	0.062	0.644	moderate
QUAD EI	103.1 ± 7.9	109.4 ± 7.0	104.6 ± 7.0	0.016	0.846	large	0.565	0.194	-
<i>Functional capacity</i>									
SPPB	11.9 ± 0.1	11.4 ± 0.7	11.9 ± 0.3	0.001	1.239	large	0.154	0.486	moderate
30STS	18.7 ± 3.4	14.8 ± 3.3	15.8 ± 3.2	0.002	1.146	large	0.012	0.886	large
MGS	2.2 ± 0.4	1.97 ± 0.4	2.02 ± 0.4	0.092	0.579	moderate	0.187	0.449	small
TUG	5.4 ± 0.6	6.4 ± 0.8	6.3 ± 0.9	<0.001	1.310	large	0.001	1.152	large
SC	4.1 ± 0.4	4.6 ± 0.5	4.3 ± 0.6	0.006	0.968	large	0.360	0.309	small
<i>LP Power 1RM post</i>									
PP 30%	586.1 ± 315.1	364.9 ± 181.9	491.5 ± 219.1	0.016	0.874	large	0.313	0.352	small
PP 40%	606.2 ± 321.6	410.4 ± 196.1	510.0 ± 205.4	0.037	0.746	moderate	0.301	0.361	small
PP 50%	624.2 ± 320.7	425.1 ± 195.2	541.1 ± 211.7	0.034	0.761	moderate	0.374	0.310	small
PP 60%	631.3 ± 312.5	430.8 ± 192.9	537.1 ± 207.8	0.029	0.783	moderate	0.303	0.360	small
PP 70%	583.6 ± 292.5	418.9 ± 185.4	514.9 ± 193.7	0.056	0.682	moderate	0.421	0.280	small
PP 80%	527.1 ± 259.3	381.2 ± 166.5	466.2 ± 196.5	0.057	0.678	moderate	0.443	0.267	small
PP 90%	481.7 ± 282.5	327.6 ± 141.4	412.1 ± 160.5	0.049	0.703	moderate	0.377	0.308	small
<i>LP Power 1RM pre</i>									
PP 30%	-	-	484.3 ± 239.7	-	-	-	0.294	0.367	small
PP 40%	-	-	496.7 ± 221.2	-	-	-	0.252	0.401	small
PP 50%	-	-	542.9 ± 256.6	-	-	-	0.418	0.282	small
PP 60%	-	-	550.1 ± 238.1	-	-	-	0.397	0.295	small
PP 70%	-	-	547.6 ± 223.3	-	-	-	0.692	0.139	-
PP 80%	-	-	541.9 ± 213.5	-	-	-	0.859	0.063	-

PP 90%	-	-	527.6 ± 218.4	-	-	-	0.604	0.182	-
<i>KE Power 1RM post</i>									
PP 30%	551.7 ± 293.1	338.1 ± 134.1	399.5 ± 152.7	0.008	0.947	large	0.061	0.657	moderate
PP 40%	528.0 ± 306.0	339.1 ± 148.3	409.9 ± 182.4	0.025	0.793	moderate	0.172	0.472	small
PP 50%	547.6 ± 304.2	368.4 ± 148.8	409.2 ± 182.8	0.032	0.755	moderate	0.110	0.555	moderate
PP 60%	543.2 ± 271.3	355.8 ± 161.1	412.9 ± 145.0	0.017	0.846	large	0.083	0.604	moderate
PP 70%	512.0 ± 256.6	345.0 ± 133.9	384.7 ± 147.9	0.021	0.823	large	0.079	0.612	moderate
PP 80%	469.3 ± 233.4	309.7 ± 126.1	345.3 ± 126.1	0.016	0.858	large	0.057	0.667	moderate
PP 90%	389.9 ± 225.6	274.0 ± 119.7	288.1 ± 124.2	0.064	0.647	moderate	0.105	0.563	moderate
<i>KE Power 1RM pre</i>									
PP 30%	-	-	426.3 ± 163.4	-	-	-	0.125	0.533	moderate
PP 40%	-	-	437.5 ± 185.8	-	-	-	0.295	0.360	small
PP 50%	-	-	449.4 ± 181.3	-	-	-	0.251	0.395	small
PP 60%	-	-	449.9 ± 175.8	-	-	-	0.233	0.411	small
PP 70%	-	-	446.6 ± 168.5	-	-	-	0.377	0.303	small
PP 80%	-	-	431.5 ± 153.2	-	-	-	0.573	0.193	-
PP 90%	-	-	388.8 ± 140.5	-	-	-	0.987	0.006	-

MID = middle-aged adults; OLD = older adults; LP = leg press; KE = knee extension; 1RM = one repetition maximum; RF = rectus femoris; VI = vastus intermedius; VL = vastus lateralis; VM = vastus medialis; MT = muscle thickness; EI = echo intensity. Note: Cohen's d values were classified as suggested by Sullivan & Feinn (2012): 0.2 = small; 0.5 = moderate; 0.8 = large; 1.3 = very large. Values are mean ± SD.

NOTA À IMPRENSA

Treino de potência melhora capacidade funcional de pessoas de meia-idade e idosos com e sem limitação de mobilidade.

Em um estudo realizado na cidade de Pelotas e coordenado por pesquisadores do Laboratório de Avaliação neuromuscular da UFPel, a participação em um programa de treino de potência, similar ao treino de musculação, porém com os movimentos realizados de maneira explosiva, foi capaz de aumentar a funcionalidade de pessoas de meia-idade, de idosos saudáveis e, inclusive, daqueles que já possuíam limitações em sua mobilidade.

“De modo geral, nossos resultados demonstram que uma intervenção de curto prazo de treino de potência cria uma importante reserva funcional em indivíduos de meia-idade, ao mesmo tempo que é capaz de reduzir deficiências fisiológicas e funcionais já presentes em idosos com e sem limitação de mobilidade e que são provenientes do processo de envelhecimento” relata Gustavo Schaun, autor do estudo. Estima-se que a perda de potência muscular, característica bastante ligada à capacidade funcional de pessoas idosas, diminua em torno de 3% à partir dos 60 anos. O aumento observado pelos pesquisadores na potência dos membros inferiores dos participantes após 12 semanas de treino, entre 23 e 32%, representa o que seria perdido em aproximadamente 7 à 10 anos.



Como consequência dessas melhoras, esses indivíduos podem lidar melhor com os efeitos naturais do envelhecimento, mas também com eventos como hospitalizações e períodos acamados, diminuindo o risco dessas pessoas perderem sua independência e fazerem suas atividades do dia-a-dia por conta própria. Ao contrário do que normalmente se pensa, os resultados do estudo mostram que as pessoas idosas não só podem realizar esse tipo de exercício, como também podem ter diversos benefícios ao realizá-lo se bem instruídos. Como dizem: “Se exercitar faz bem”.

APÊNDICES

Apêndice I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisadores responsáveis: Cristine Lima Alberton

Instituição: Escola Superior de Educação Física

Endereço: Rua Luís de Camões, 625

Telefone: 32732752

Concordo em participar do estudo **“Treino de potência em adultos de meia-idade, idosos saudáveis e com limitação na mobilidade: diferenças nas adaptações e impacto sobre o desempenho funcional”**. Estou ciente de que estou sendo convidado a participar voluntariamente do mesmo.

PROCEDIMENTOS: Fui informado de que o objetivo do estudo é avaliar as adaptações de um programa de treino de musculação, cujos resultados serão mantidos em sigilo e somente serão usados para fins de pesquisa. Estou ciente de que a minha participação envolverá um treinamento por *12 semanas*, realizado *2 vezes na semana* em dias não consecutivos, com coletas de informações através de testes para determinar as condições neuromusculares, morfológicas e funcionais. Os testes serão realizados antes e após o período de treinamento. Será mensurada a minha força máxima em testes isométricos e dinâmicos em equipamentos de musculação. Durante esses testes também será mensurada a atividade elétrica muscular dos músculos da coxa através da técnica de eletromiografia de superfície. Para tal, a superfície da pele do local passará pela raspagem dos pelos, seguida da limpeza com algodão embebido em álcool para o posicionamento dos eletrodos. A raspagem será feita com lâminas descartáveis individuais e o procedimento será executado por um avaliador experiente. Também serão avaliadas a qualidade e espessura dos músculos da coxa por ultrassonografia e avaliação antropométrica, com medidas de estatura, massa corporal e dobras cutâneas. Fui informado também que para realização dos testes e do treinamento será necessário o uso de vestimenta adequada para a prática de exercício físico. Adicionalmente, serão realizados testes para avaliar o desempenho funcional com atividades parecidas com aquelas realizadas no meu dia-a-dia, tais como caminhar, sentar e levantar da cadeira e subir um lance de escada e responderei questionários sobre minha qualidade de vida, estado cognitivo e questões de saúde em geral.

RISCOS E POSSÍVEIS REAÇÕES: Fui informado que existem possíveis riscos relacionado com a execução dos testes e do programa de exercícios. Os testes que serão realizados podem envolver sintomas temporários, tais como: dor, cansaço muscular e alergia na pele e o programa de exercícios pode causar fadiga em virtude do exercício. Todavia, tanto os avaliadores como os instrutores de musculação terão experiência nos procedimentos que envolvem suas funções e no manejo da população em questão. Compreendi que serei familiarizado com os exercícios envolvidos nos testes e nas sessões de treino antes de começar e que receberei acompanhamento e instruções durante todo o período. Todavia, na ocorrência de qualquer imprevisto ou evento de saúde, a SAMU (192) será imediatamente acionada e os pesquisadores acompanharão os participantes até a devida passagem de responsabilidade.

BENEFÍCIOS: A participação no estudo tem potencial para proporcionar benefícios como melhoras na força e potência muscular, assim como na minha capacidade funcional. Adicionalmente, os resultados poderão contribuir para um melhor entendimento da avaliação e prescrição do treinamento nesse grupo da população.

PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA: Como já me foi dito, minha participação neste estudo será voluntária e poderei interrompê-la a qualquer momento.

DESPESAS: Eu não terei que pagar por nenhum dos procedimentos, exceto o deslocamento até a instituição onde será realizada a intervenção; nem receberei compensações financeiras.

CONFIDENCIALIDADE: Estou ciente que a minha identidade e meus dados coletados permanecerão confidenciais durante todas as etapas do estudo.

CONSENTIMENTO: Recebi claras explicações sobre o estudo, todas registradas neste formulário de consentimento. Os investigadores do estudo responderam e responderão, em qualquer etapa do estudo, a todas as minhas perguntas, até a minha completa satisfação. Portanto, estou de acordo em participar do estudo. Este Formulário de Consentimento Pré-Informado será assinado por mim em duas vias, das quais uma ficará comigo e a outra será arquivada na instituição responsável pela pesquisa.

Nome do participante/representante legal: _____
Identidade: _____

ASSINATURA: _____ DATA: ____ / ____ / ____

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE DO INVESTIGADOR: Expliquei a natureza, objetivos, riscos e benefícios deste estudo. Coloquei-me à disposição para perguntas e as respondi em sua totalidade. O participante compreendeu minha explicação e aceitou, sem imposições, assinar este consentimento. Tenho como compromisso utilizar os dados e o material coletado para a publicação de relatórios e artigos científicos referentes a essa pesquisa. Se o participante tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da ESEF/UFPel – Rua Luís de Camões, 625 – CEP: 96055-630 - Pelotas/RS; Telefone: (53) 3273-2752.

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL _____

Apêndice II

QUESTIONÁRIO DE SAÚDE

Informação pessoal

Nome _____

Data de nascimento _____ Idade _____

Data: __/__/__

Sexo ☐ Masc.

☐ Fem.:

Data do ultimo período menstrual: _____

Até qual ano você estudou:

Primeiro Grau: 1 2 3 4 5 6 7 8

Segundo Grau: 1 2 3

Graduação/pós: 1 2 3 4 5 6 7 8+

Qual seu estado civil?

☐ Nunca casei ☐ Casado(a) ☐ Viúvo(a) ☐ Divorciado(a)

Raça:

☐ Branco

☐ Índio

☐ Afrodescendente

☐ Asiático

☐ Outro: _____

Sintomas ou sinais sugestivos de doença

Sim	Não	
☐	☐	1. Você já apresentou dores ou desconfortos anormais no peito, pescoço, nuca, queixo, braços ou outras áreas que possam ser devido a problemas do coração?
☐	☐	2. Você já apresentou fadiga ou falta de ar durante repouso, atividades usuais, ou exercícios de intensidade de leve a moderada (ex.: subindo escadas, carregando sacolas, andando de bicicleta)?
☐	☐	3. Quando você fica em pé ou, durante a noite, quando você está dormindo, você sente dificuldade para respirar?
☐	☐	4. Você perde o equilíbrio por tontura ou já perdeu a consciência?
☐	☐	5. Você fica com os pés inchados?
☐	☐	6. Você já apresentou taquicardia ou palpitação?
☐	☐	7. Você já apresentou dores fortes nas pernas enquanto caminha?
☐	☐	8. Algum médico já lhe disse que você tem sopro no coração?

Fatores de risco para doenças crônicas

Marque com um 'x':

Sim	Não	
☐	☐	9a. Você é homem acima de 45 anos ou mulher acima de 55 anos?
☐	☐	9b. Você é uma mulher que apresentou menopausa prematura?
☐	☐	c. Se você respondeu "sim" em 9b, você está atualmente realizando reposição de estrogênio?
☐	☐	10. Seu pai ou irmão teve um ataque cardíaco ou morreu subitamente de doença cardíaca antes dos 55 anos; sua mãe ou irmã teve algum destes problemas cardíacos antes dos 65 anos?
☐	☐	11. Você fuma?

		Você parou de fumar? Quando? : _____
☐	☐	12. Algum médico já lhe falou que você tem pressão alta (acima de 140/90 mm Hg) ou um problema cardíaco?
☐	☐	13. Seu colesterol total é maior que 200 mg/dl, ou algum médico lhe disse que seu colesterol é de risco?
☐	☐	14. Você tem diabetes?
☐	☐	15. Você é fisicamente inativo ou sedentário (pouca atividade física no trabalho ou no tempo livre)?
☐	☐	16. Você apresenta algum problema ósseo ou articular que pode ser agravado com atividade física?
☐	☐	17. No último ano você experimentou estresse, tensão ou pressão a ponto de afetar significativamente sua saúde?
☐	☐	18. Você ingere frequentemente alimentos ricos em gorduras e colesterol, como carnes gordas, queijos, alimentos fritos, manteiga, leite integral ou ovos?
☐	☐	19. Você pesa 10 quilos ou mais do que deveria?
☐	☐	20. Você conhece alguma outra razão pela qual não deveria participar de atividades físicas?

Histórico médico

21. Marque as seguintes condições as quais você tem ou teve. Marque também as condições que se apresentam(aram) em sua família (pai, mãe e irmãos). Marque quantas forem necessárias.

Você	Família	Condição médica	Você	Família	Condição médica
☐	☐	Doença coronariana, ataque cardíaco, ponte de safena	☐	☐	Lesão grave/fratura no pé, tornozelo ou joelho
☐	☐	Arritmias	☐	☐	Lesão grave no pescoço ou costas
☐	☐	Angina	☐	☐	Lesão grave/fratura no quadril ou ombro
☐	☐	Síndrome de Marfan	☐	☐	Trauma ou lesão recente na perna
☐	☐	Pressão alta	☐	☐	Artrite reumatoide
☐	☐	Doença vascular periférica	☐	☐	Osteoartrite
☐	☐	Flebite ou embolia	☐	☐	Osteoporose
☐	☐	Outros problemas cardíacos	☐	☐	Fibromialgia
☐	☐	Derrame	☐	☐	Síndrome da fadiga crônica
☐	☐	Asma	☐	☐	Lúpus eritematoso sistêmico
☐	☐	Bronquite	☐	☐	Anemia
☐	☐	Enfisema	☐	☐	Disfunções da tireoide
☐	☐	Embolia pulmonar	☐	☐	Gota
☐	☐	Trombose venosa profunda	☐	☐	Doenças renais
			☐	☐	Síndrome nefrótica
☐	☐	Úlcera estomacal/duodenal	☐	☐	Cálculo na vesicular
☐	☐	Síndrome do intestino irritável	☐	☐	Diabetes mellitus
☐	☐	Câncer de pulmão	☐	☐	Doença de Raynaud
☐	☐	Câncer de mama	☐	☐	Doença de Chron
☐	☐	Câncer de próstata	☐	☐	Histerectomia
☐	☐	Câncer de pele	☐	☐	Problemas com menstruação

☐	☐	Câncer colorretal	☐	☐	Pós-menopausa, ano: ____
☐	☐	Outro câncer Especifique:	☐	☐	Alergias
☐	☐	Perda de audição	☐	☐	Depressão
☐	☐	Catarata	☐	☐	Ansiedade/fobias
☐	☐	Glaucoma	☐	☐	Distúrbios alimentares
☐	☐	Cirrose	☐	☐	Problemas com abuso de substâncias (álcool, outras drogas, etc.)
☐	☐	Hepatite	☐	☐	Problemas com sono
☐	Outros Especifique:				

Por favor especifique e inclua informações de quaisquer doenças, hospitalizações, procedimento cirúrgico ou outros problemas de saúde recente.

No caso de idoso: “O senhor(a) caiu nos últimos 12 meses, se sim, quantas vezes? *Queda considerada como um deslocamento não intencional do corpo para um nível inferior à posição inicial com incapacidade de correção em tempo útil. (questionar as circunstâncias da queda)

22. Você está grávida, acha que pode estar grávida ou está tentando engravidar?

☐ Sim ☐ Não ☐ Não tenho certeza ☐ Não se aplica (homem ou pós-menopáusia)

Peso corporal

23. Qual foi seu maior peso? _____

24. Você atualmente está tentando:

☐ Perder peso ☐ Ganhar peso ☐ Manter o peso ☐ Não está tentando nada

25. Você diria que perdeu peso de forma não intencional (5kg+) nos últimos 5 anos?

Estresse

26. Como você classificaria seu nível de estresse no último mês?

☐ Muito alto ☐ Alto ☐ Moderado ☐ Baixo

27. Em média, quantas horas de sono você dorme por dia?

☐ Menos de 5 ☐ 5-6 ☐ 7-9 ☐ Mais de 9

Uso de substâncias

28. Como você descreveria seus hábitos em relação ao fumo?

☐ Nunca fumei.

☐ Fui fumante. Quanto tempo faz que você parou? _____ anos

☐ Sou fumante. Em média quantos cigarros você fuma? _____ cigarros/dia

26. Quantas doses de álcool você consome? (Uma “dose” se refere à uma taça de vinho, uma lata de cerveja, uma dose de destilados ou um drinque misto).

☐ Não tomo álcool ☐ Menos de 1 p/sem ☐ 1-6 p/sem ☐ 1 p/dia ☐ 2-3 p/dia ☐ 4+ por dia

27. De uma só vez, quantas doses você normalmente consome? _____

28. Quantos copos (200mL) de café você toma por dia? _____

29. Qual a quantidade de refrigerantes que contenham cafeína que você toma por dia (mL)?

30. Por favor, marque quaisquer dos seguintes medicamentos que você toma regularmente e escreva seu nome e dose.

☐ Medicação para o coração

☐ Medicação para a pressão arterial

☐ Insulina

☐ Outros medicamentos para diabetes

☐ Medicação para o colesterol

☐ Medicação para vias aéreas/pulmão

☐ Medicação para tireóide

☐ Medicação para artrite

☐ Medicação para depressão e/ou ansiedade

☐ Analgésicos

☐ Antialérgicos

☐ Esteroides, hormônios e/ou anticoncepcionais

☐ Suplementos alimentares (ervas, vitaminas etc)

☐ Outros (especifique)

27. Você tem alguma alergia a medicamentos?

ANEXOS

Anexo I

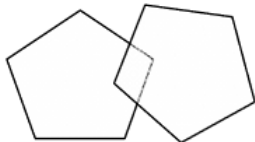
Rastreo cognitivo (MEEM)

Data: __/__/__ Momento: () PRÉ () PÓS

Nome: _____

Escore final: _____

MINI EXAME DO ESTADO MENTAL (MEEM)

ORIENTAÇÃO			
* Qual é o (ano) (estação) (dia/semana) (dia/mês) e (mês).			5
* Onde estamos (país) (estado) (cidade) (rua ou local^a) (andar).			5
REGISTRO			
* Dizer três palavras: PENTE RUA AZUL . Pedir para prestar atenção pois terá que repetir mais tarde. Pergunte pelas três palavras após tê-las nomeado. Repetir até que evoque corretamente e anotar número de vezes: ____			3
ATENÇÃO E CÁLCULO			
* Subtrair: 100-7 (5 tentativas: 93 – 86 – 79 – 72 – 65)			5
Alternativo¹ : série de 7 dígitos (5 8 2 6 9 4 1)			
EVOCAÇÃO			
* Perguntar pelas 3 palavras anteriores (pente-rua-azul)			3
LINGUAGEM			
* Identificar lápis e relógio de pulso			2
* Repetir: "Nem aqui, nem ali, nem lá".			1
* Seguir o comando de três estágios: "Pegue o papel com a mão direita, dobre ao meio e ponha no chão".			3
* Ler 'em voz baixa' e executar: FECHE OS OLHOS			1
* Escrever uma frase (um pensamento, idéia completa)			1
* Copiar o desenho:			1
			
TOTAL:			

^a **Rua** é usado para visitas domiciliares.

Local para consultas no Hospital ou outra instituição!

¹ **Alternativo** é usado quando o entrevistado erra **JÁ** na primeira tentativa, **OU** acerta na primeira e erra na segunda. **SEMPRE** que o alternativo for utilizado, o escore do item será aquele obtido com ele. **Não importa se a pessoa refere ou não saber fazer cálculos** – de qualquer forma se inicia o teste pedindo que faça a subtração inicial. A ordem de evocação tem que ser exatamente a da apresentação!

Anexo II

Nível de atividade física (IPAQ - versão longa)

Data: __/__/__ Momento: () PRÉ () PÓS

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA

- FORMA LONGA-

Nome: _____ Data: __/__/__

Idade : ____ Sexo: F () M () Você trabalha de forma remunerada: () Sim () Não.

Quantas horas você trabalha por dia: ____

Quantos anos completos você estudou: ____

De forma geral sua saúde está: () Excelente () Muito boa () Boa () Regular () Ruim

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física em uma semana **NORMAL USUAL** ou **HABITUAL**. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação !

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal

SEÇÃO 1- ATIVIDADE FÍSICA NO TRABALHO

Esta seção inclui as atividades que você faz no seu serviço, que incluem trabalho remunerado ou voluntário, as atividades na escola ou faculdade e outro tipo de trabalho não remunerado fora da sua casa. **NÃO** incluir trabalho não remunerado que você faz na sua casa como tarefas domésticas, cuidar do jardim e da casa ou tomar conta da sua família. Estas serão incluídas na seção 3.

1a. Atualmente você trabalha ou faz trabalho voluntário fora de sua casa?

() Sim () Não – Caso você responda não Vá para seção 2: Transporte

As próximas questões são em relação a toda a atividade física que você faz em uma semana **USUAL** ou **NORMAL** como parte do seu trabalho remunerado ou não remunerado. **NÃO** inclua o transporte para o trabalho. Pense unicamente nas atividades que você faz por pelo menos 10 minutos contínuos :

1b. Em quantos dias de uma semana normal você gasta fazendo atividades **vigorosas**, por pelo menos 10 minutos contínuos, como trabalho de construção pesada, carregar grandes pesos, trabalhar com enxada, escavar ou subir escadas **como parte do seu trabalho**:

_____ dias por **SEMANA** () nenhum - Vá para a questão 1d.

1c. Quanto tempo no total você usualmente gasta **POR DIA** fazendo atividades físicas vigorosas **como parte do seu trabalho** ?

_____ horas _____ minutos

1d. Em quantos dias de uma semana normal você faz atividades **moderadas**, por pelo menos 10 minutos contínuos, como carregar pesos leves **como parte do seu trabalho** ?

_____ dias por **SEMANA** () nenhum - Vá para a questão 1f

1e. Quanto tempo no total você usualmente gasta **POR DIA** fazendo atividades moderadas **como parte do seu trabalho** ?

_____ horas _____ minutos

1f. Em quantos dias de uma semana normal você **anda**, durante pelo menos 10 minutos contínuos, **como parte do seu trabalho** ? Por favor **NÃO** inclua o andar como forma de transporte para ir ou voltar do trabalho

_____ dias por **SEMANA** () nenhum - Vá para a seção 2 - Transporte.

1g. Quanto tempo no total você usualmente gasta **POR DIA** caminhando **como parte do seu trabalho** ?

_____ horas _____ minutos

SEÇÃO 2 - ATIVIDADE FÍSICA COMO MEIO DE TRANSPORTE

Estas questões se referem a forma típica como você se desloca de um lugar para outro, incluindo seu trabalho, escola, cinema, lojas e outros.

2a. Em quantos dias de uma semana normal você anda de carro, ônibus, metrô ou trem?

_____ dias por **SEMANA** () nenhum - Vá para questão 2c

2b. Quanto tempo no total você usualmente gasta **POR DIA** andando de carro, ônibus, metrô ou trem?

_____ horas _____ minutos

Agora pense **somente** em relação a caminhar ou pedalar para ir de um lugar a outro em uma semana normal.

2c. Em quantos dias de uma semana normal você anda de bicicleta por **pelo menos 10 minutos contínuos** para ir de um lugar para outro? (**NÃO** inclua o pedalar por lazer ou exercício)

_____ dias por **SEMANA** () Nenhum - **Vá para a questão 2f.**

2d. Nos dias que você pedala quanto tempo no total você pedala **POR DIA** para ir de um lugar para outro?

_____ horas _____ minutos

2e. Em quantos dias de uma semana normal você caminha por **pelo menos 10 minutos contínuos** para ir de um lugar para outro? (**NÃO** inclua as caminhadas por lazer ou exercício)

_____ dias por **SEMANA** () Nenhum - **Vá para a Seção 3.**

2f. Quando você caminha para ir de um lugar para outro quanto tempo **POR DIA** você gasta? (**NÃO** inclua as caminhadas por lazer ou exercício)

_____ horas _____ minutos

SEÇÃO 3 – ATIVIDADE FÍSICA EM CASA: TRABALHO, TAREFAS DOMÉSTICAS E CUIDAR DA FAMÍLIA

Esta parte inclui as atividades físicas que você faz em uma semana **NORMAL** na sua casa e ao redor da sua casa, por exemplo trabalho em casa, cuidar do jardim, cuidar do quintal, trabalho de manutenção da casa ou para cuidar da sua família. Novamente pense **somente** naquelas atividades físicas que você faz **por pelo menos 10 minutos contínuos**.

3a. Em quantos dias de uma semana normal você faz atividades físicas **vigorosas no jardim ou quintal** por pelo menos 10 minutos como carpir, lavar o quintal, esfregar o chão:

_____ dias por **SEMANA** () Nenhum - **Vá para a questão 3c**

3b. Nos dias que você faz este tipo de atividades vigorosas **no quintal ou jardim** quanto tempo no total você gasta **POR DIA**?

_____ horas _____ minutos

3c. Em quantos dias de uma semana normal você faz atividades **moderadas** por pelo menos 10 minutos como carregar pesos leves, limpar vidros, varrer, rastelar com **no jardim ou quintal**

_____ dias por **SEMANA** () Nenhum - **Vá para questão 3e.**

3d. Nos dias que você faz este tipo de atividades quanto tempo no total você gasta **POR DIA** fazendo essas atividades moderadas **no jardim ou no quintal**?

_____ horas _____ minutos

3e. Em quantos dias de uma semana normal você faz atividades **moderadas** por pelo menos 10 minutos como carregar pesos leves, limpar vidros, varrer ou limpar o chão **dentro da sua casa**.

_____ dias por **SEMANA** () Nenhum - **Vá para seção 4**

3f. Nos dias que você faz este tipo de atividades moderadas **dentro da sua casa** quanto tempo no total você gasta **POR DIA**?

_____ horas _____ minutos

SEÇÃO 4- ATIVIDADES FÍSICAS DE RECREAÇÃO, ESPORTE, EXERCÍCIO E DE LAZER

Esta seção se refere às atividades físicas que você faz em uma semana **NORMAL** unicamente por recreação, esporte, exercício ou lazer. Novamente pense somente nas atividades físicas que faz **por pelo menos 10 minutos contínuos**. Por favor **NÃO** inclua atividades que você já tenha citado.

4a. Sem contar qualquer caminhada que você tenha citado anteriormente, em quantos dias de uma semana normal, você caminha **por pelo menos 10 minutos contínuos no seu tempo livre**?

_____ dias por **SEMANA** () Nenhum - Vá para questão 4d

4b. Nos dias em que você caminha **no seu tempo livre**, quanto tempo no total você gasta **POR DIA**?

_____ horas _____ minutos

4c. Em quantos dias de uma semana normal, você faz atividades **vigorosas no seu tempo livre** por pelo menos 10 minutos, como correr, fazer aeróbicos, nadar rápido, pedalar rápido ou fazer jogging :

_____ dias por **SEMANA** () Nenhum - Vá para questão 4f

4e. Nos dias em que você faz estas atividades vigorosas **no seu tempo livre** quanto tempo no total você gasta **POR DIA**?

_____ horas _____ minutos

4f. Em quantos dias de uma semana normal, você faz atividades **moderadas no seu tempo livre** por pelo menos 10 minutos, como pedalar ou nadar a velocidade regular, jogar bola, vôlei, basquete, tênis :

_____ dias por **SEMANA** () Nenhum - Vá para seção 5

4g. Nos dias em que você faz estas atividades moderadas **no seu tempo livre** quanto tempo no total você gasta **POR DIA**?

_____ horas _____ minutos

SEÇÃO 5 - TEMPO GASTO SENTADO

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto des-cansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

5a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um **dia de semana**?

_____ horas _____ minutos

5b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um **dia de final de semana**?

_____ horas _____ minutos

Anexo III

Short Physical Performance Battery

Identificação do participante:	Data: / /	Iniciais do examinador
--------------------------------	--------------	------------------------

VERSÃO BRASILEIRA DA SHORT PHYSICAL PERFORMANCE BATTERY SPPB

Todos os testes devem ser realizados na ordem em que são apresentados neste protocolo. As instruções para o avaliador e para o paciente estão separadas nos quadros abaixo. As instruções aos pacientes devem ser dadas exatamente como estão descritas neste protocolo.

1. TESTES DE EQUILÍBRIO

A. POSIÇÃO EM PÉ COM OS PÉS JUNTOS



Instruções para o Avaliador	Instruções para o Paciente
O paciente deve conseguir ficar em pé sem utilizar bengala ou andador. Ele pode ser ajudado a levantar-se para ficar na posição.	a) Agora vamos começar a avaliação. b) Eu gostaria que o(a) Sr(a). tentasse realizar vários movimentos com o corpo. c) Primeiro eu demonstro e explico como fazer cada movimento. d) Depois o(a) Sr(a). tenta fazer o mesmo. e) Se o(a) Sr(a). não puder fazer algum movimento, ou sentir-se inseguro para realizá-lo, avise-me e passaremos para o próximo teste. f) Vamos deixar bem claro que o(a) Sr(a). não tentará fazer qualquer movimento se não se sentir seguro. g) O(a) Sr(a). tem alguma pergunta antes de começarmos?
	Agora eu vou mostrar o 1º movimento. Depois o(a) Sr(a). fará o mesmo.
1. Demonstre.	a) Agora, fique em pé, com os pés juntos, um encostado no outro, por 10 segundos. b) Pode usar os braços, dobrar os joelhos ou balançar o corpo para manter o equilíbrio, mas procure não mexer os pés. c) Tente ficar nesta posição até eu falar "pronto".
2. Fique perto do paciente para ajudá-lo/a a ficar em pé com os pés juntos.	
3. Caso seja necessário, segure o braço do paciente para ficar na posição e evitar que ele perca o equilíbrio.	
4. Assim que o paciente estiver com os pés juntos, pergunte:	"O(a) Sr(a). está pronto(a)?"
5. Retire o apoio, se foi necessário ajudar o paciente a ficar em pé na posição, e diga:	"Preparar, já!" (disparando o cronômetro).
6. Pare o cronômetro depois de 10 segundos, ou quando o paciente sair da posição ou segurar o seu braço, dizendo:	"Pronto, acabou"
7. Se o paciente não conseguir se manter na posição por 10 segundos, marque o resultado e prossiga para o teste de velocidade de marcha.	
A. PONTUAÇÃO Manteve por 10 segundos ☐ 1 ponto Não manteve por 10 segundos ☐ 0 ponto Não tentou ☐ 0 ponto Se pontuar 0, encerre os Testes de Equilíbrio e marque o motivo no Quadro 1 Tempo de execução quando for menor que 10 seg: ____ segundos.	

B. POSIÇÃO EM PÉ COM UM PÉ PARCIALMENTE À FRENTE



Instruções para o Avaliador	Instruções para o Paciente
	Agora eu vou mostrar o 2º movimento. Depois o(a) Sr(a). Fará o mesmo.
1. Demonstre.	a) Eu gostaria que o(a) Sr(a). colocasse um dos pés um pouco mais à frente do outro pé, até ficar com o calcanhar de um pé encostado ao lado do dedão do outro pé. b) Fique nesta posição por 10 segundos. c) O(a) Sr(a). pode colocar tanto um pé quanto o outro na frente, o que for mais confortável. d) O(a) Sr(a). pode usar os braços, dobrar os joelhos ou o corpo para manter o equilíbrio, mas procure não mexer os pés. e) Tente ficar nesta posição até eu falar "pronto".
2. Fique perto do paciente para ajudá-lo(la) a ficar em pé com um pé parcialmente à frente.	
3. Caso seja necessário, segure o braço do paciente para ficar na posição e evitar que ele perca o equilíbrio.	
4. Assim que o paciente estiver na posição, com o pé parcialmente à frente, pergunte:	"O(a) Sr(a). está pronto(a) ?"
5. Retire o apoio, caso tenha sido necessário ajudar o paciente a ficar em pé na posição, e diga:	"Preparar, já!" (disparando o cronômetro).
6. Pare o cronômetro depois de 10 segundos, ou quando o paciente sair da posição ou segurar o seu braço, dizendo:	"Pronto, acabou".
7. Se o paciente não conseguir se manter na posição por 10 segundos, marque o resultado e prossiga para o Teste de velocidade de marcha.	

B. PONTUAÇÃO

Manteve por 10 segundos

Não manteve por 10 segundos

Não tentou

☐ 1 ponto

☐ 0 ponto

☐ 0 ponto

Se pontuar 0, encerre os Testes de Equilíbrio e marque o motivo no Quadro 1

Tempo de execução quando for menor que 10 seg: _____. ____ segundos.

C. POSIÇÃO EM PÉ COM UM PÉ À FRENTE



Instruções para o Avaliador	Instruções para o Paciente
	Agora eu vou mostrar o 3º movimento. Depois o(a) Sr(a). fará o mesmo.
1. Demonstre.	a) Eu gostaria que o(a) Sr(a). colocasse um dos pés totalmente à frente do outro até ficar com o calcanhar deste pé encostado nos dedos do outro pé. b) Fique nesta posição por 10 segundos. c) O(a) Sr(a). pode colocar qualquer um dos pés na frente, o que for mais confortável. d) Pode usar os braços, dobrar os joelhos, ou o corpo para manter o equilíbrio, mas procure não mexer os pés. e) Tente ficar nesta posição até eu avisar quando parar.
2. Fique perto do paciente para ajudá-lo(la) a ficar na posição em pé com um pé à frente.	
3. Caso seja necessário, segure o braço do paciente para ficar na posição e evitar que ele perca o equilíbrio.	
4. Assim que o paciente estiver na posição com os pés um na frente do outro, pergunte:	"O(a) Sr(a). Está pronto(a)?"
5. Retire o apoio, caso tenha sido necessário ajudar o paciente a ficar em pé na posição, e diga:	"Preparar, já!" (Disparando o cronômetro).
6. Pare o cronômetro depois de 10 segundos, ou quando o participante sair da posição ou segurar o seu braço, dizendo:	" Pronto, acabou".

C. PONTUAÇÃO

Manteve por 10 segundos
 Manteve por 3 a 9,99 segundos
 Manteve por menos de 3 segundos
 Não tentou

☐ 2 ponto
☐ 1 ponto
☐ 0 ponto
☐ 0 ponto

Se pontuar 0, encerre os Testes de Equilíbrio e marque o motivo no Quadro 1

Tempo de execução quando for menor que 10 seg: _____ segundos.

D. Pontuação Total nos Testes de Equilíbrio: _____ (Soma dos pontos)

Quadro 1

Se o paciente não realizou o teste ou falhou, marque o motivo:

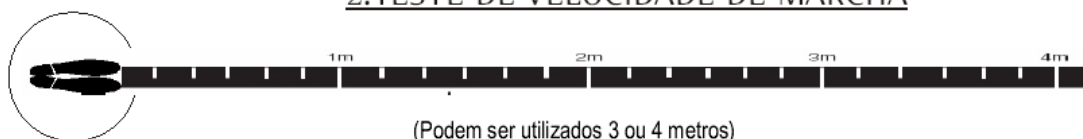
- 1) Tentou, mas não conseguiu.
- 2) O paciente não consegue manter-se na posição sem ajuda.
- 3) Não tentou, o avaliador sentiu-se inseguro.
- 4) Não tentou, o paciente sentiu-se inseguro.

- 5) O paciente não conseguiu entender as instruções.

- 6) Outros (Especifique) _____.

- 7) O paciente recusou participação.

2. TESTE DE VELOCIDADE DE MARCHA



(Podem ser utilizados 3 ou 4 metros)

Instruções para o Avaliador	Instruções para o Paciente
Material: fita crepe ou fita adesiva, espaço de 3 ou 4 metros, fita métrica ou trena e cronômetro.	Agora eu vou observar o(a) Sr(a). andando normalmente. Se precisar de bengala ou andador para caminhar, pode utilizá-los.
A. Primeira Tentativa	
1. Demonstre a caminhada para o paciente.	Eu caminharei primeiro e só depois o(a) Sr(a). irá caminhar da marca inicial até ultrapassar completamente a marca final, no seu passo de costume , como se estivesse andando na rua para ir a uma loja.
2. Posicione o paciente em pé com a ponta dos pés tocando a marca inicial.	a) Caminhe até ultrapassar completamente a marca final e depois pare. b) Eu andarei com o(a) Sr(a). sente-se seguro para fazer isto?
3. Dispare o cronômetro assim que o paciente tirar o pé do chão. 4. Caminhe ao lado e logo atrás do participante.	a) Quando eu disser "Já", o(a) Sr(a). comece a andar. b) "Entendeu?" Assim que o paciente disser que sim, diga: "Então, preparar, já!"
5. Quando um dos pés do paciente ultrapassar completamente a marca final pare de marcar o tempo.	
Tempo da Primeira Tentativa A. Tempo para 3 ou 4 metros: ____ . ____ segundos. B. Se o paciente não realizou o teste ou falhou, marque o motivo: 1) Tentou, mas não conseguiu. 2) O paciente não consegue caminhar sem ajuda de outra pessoa. 3) Não tentou, o avaliador julgou inseguro. 4) Não tentou, o paciente sentiu-se inseguro. 5) O paciente não conseguiu entender as instruções. 6) Outros (Especifique) _____ 7) O paciente recusou participação. C. Apoios para a primeira caminhada: Nenhum ☐ Bengala ☐ Outro ☐ D. Se o paciente não conseguiu realizar a caminhada pontue: ☐ 0 ponto e prossiga para o Teste de levantar da cadeira.	

B. Segunda Tentativa			
Instruções para o Avaliador	Instruções para o Paciente		
1. Posicione o paciente em pé com a ponta dos pés tocando a marca inicial.			
2. Dispare o cronômetro assim que o paciente tirar o pé do chão.			
3. Caminhe ao lado e logo atrás do paciente.			
4. Quando um dos pés do paciente ultrapassar completamente a marca final pare de marcar o tempo.			
Tempo da Segunda Tentativa A. Tempo para 3 ou 4 metros: ____ . ____ segundos. B. Se o paciente não realizou o teste ou falhou, marque o motivo: 1) Tentou, mas não conseguiu. 2) O paciente não consegue caminhar sem ajuda de outra pessoa. 3) Não tentou, o avaliador julgou inseguro. 4) Não tentou, o paciente sentiu-se inseguro. 5) O paciente não conseguiu entender as instruções. 6) Outros (Especifique) _____ 7) O paciente recusou participação. C. Apoios para a segunda caminhada: Nenhum ☐ Bengala ☐ Outro ☐ D. Se o paciente não conseguiu realizar a caminhada pontue: ☐ 0 ponto			
PONTUAÇÃO DO TESTE DE VELOCIDADE DE MARCHA Extensão do teste de marcha: Quatro metros ☐ ou Três metros ☐ Qual foi o tempo mais rápido dentre as duas caminhadas? Marque o menor dos dois tempos: ____ . ____ segundos e utilize para pontuar. [Se somente uma caminhada foi realizada, marque esse tempo] ____ . ____ segundos Se o paciente não conseguiu realizar a caminhada: ☐ 0 ponto <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Pontuação para a caminhada de 3 metros: Se o tempo for maior que 6,52 segundos: ☐ 1 ponto Se o tempo for de 4,66 a 6,52 segundos: ☐ 2 pontos Se o tempo for de 3,62 a 4,65 segundos: ☐ 3 pontos Se o tempo for menor que 3,62 segundos: ☐ 4 pontos </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Pontuação para a caminhada de 4 metros: Se o tempo for maior que 8,70 segundos: ☐ 1 ponto Se o tempo for de 6,21 a 8,70 segundos: ☐ 2 pontos Se o tempo for de 4,82 a 6,20 segundos: ☐ 3 pontos Se o tempo for menor que 4,82 segundos: ☐ 4 pontos </td> </tr> </table>		Pontuação para a caminhada de 3 metros: Se o tempo for maior que 6,52 segundos: ☐ 1 ponto Se o tempo for de 4,66 a 6,52 segundos: ☐ 2 pontos Se o tempo for de 3,62 a 4,65 segundos: ☐ 3 pontos Se o tempo for menor que 3,62 segundos: ☐ 4 pontos	Pontuação para a caminhada de 4 metros: Se o tempo for maior que 8,70 segundos: ☐ 1 ponto Se o tempo for de 6,21 a 8,70 segundos: ☐ 2 pontos Se o tempo for de 4,82 a 6,20 segundos: ☐ 3 pontos Se o tempo for menor que 4,82 segundos: ☐ 4 pontos
Pontuação para a caminhada de 3 metros: Se o tempo for maior que 6,52 segundos: ☐ 1 ponto Se o tempo for de 4,66 a 6,52 segundos: ☐ 2 pontos Se o tempo for de 3,62 a 4,65 segundos: ☐ 3 pontos Se o tempo for menor que 3,62 segundos: ☐ 4 pontos	Pontuação para a caminhada de 4 metros: Se o tempo for maior que 8,70 segundos: ☐ 1 ponto Se o tempo for de 6,21 a 8,70 segundos: ☐ 2 pontos Se o tempo for de 4,82 a 6,20 segundos: ☐ 3 pontos Se o tempo for menor que 4,82 segundos: ☐ 4 pontos		

3. TESTE DE LEVANTAR-SE DA CADEIRA



Posição inicial



Posição final

Instruções para o Avaliador	Instruções para o Paciente
Material: cadeira com encosto reto, sem apoio lateral, com aproximadamente 45 cm de altura, e cronômetro. A cadeira deve estar encostada à parede ou estabilizada de alguma forma para impedir que se mova durante o teste.	
PRÉ-TESTE: LEVANTAR-SE DA CADEIRA UMA VEZ	
1. Certifique-se de que o participante esteja sentado ocupando a maior parte do assento, mas com os pés bem apoiados no chão. Não precisa necessariamente encostar a coluna no encosto da cadeira, isso vai depender da altura do paciente.	Vamos fazer o último teste. Ele mede a força de suas pernas. O(a) Sr(a). se sente seguro(a) para levantar-se da cadeira sem ajuda dos braços?
2. Demonstre e explique os procedimentos	Eu vou demonstrar primeiro. Depois o(a) Sr(a). fará o mesmo. a) Primeiro, cruze os braços sobre o peito e sente-se com os pés apoiados no chão. b) Depois levante-se completamente mantendo os braços cruzados sobre o peito e sem tirar os pés do chão.
3. Anote o resultado.	Agora, por favor, levante-se completamente mantendo os braços cruzados sobre o peito.
4. Se o paciente não conseguir levantar-se sem usar os braços, não realize o teste, apenas diga: "Tudo bem, este é o fim dos testes".	
5. Finalize e registre o resultado e prossiga para a pontuação completa da SPPB.	
RESULTADO DO PRÉ-TESTE: LEVANTAR-SE DA CADEIRA UMA VEZ A. Levantou-se sem ajuda e com segurança Sim ☐ Não ☐ . O paciente levantou-se sem usar os braços ☐ Vá para o teste levantar-se da cadeira 5 vezes . O paciente usou os braços para levantar-se ☐ Encerre o teste e pontue 0 ponto . Teste não completado ou não realizado ☐ Encerre o teste e pontue 0 ponto B. Se o paciente não realizou o teste ou falhou, marque o motivo: 1) Tentou, mas não conseguiu. 2) O paciente não consegue levantar-se da cadeira sem ajuda. 3) Não tentou, o avaliador julgou inseguro. 4) Não tentou, o paciente sentiu-se inseguro. 5) O paciente não conseguiu entender as instruções. 6) Outros (Especifique) _____ 7) O paciente recusou participação.	

TESTE DE LEVANTAR-SE DA CADEIRA CINCO VEZES	
Instruções para o Avaliador	Instruções para o Paciente
	Agora o(a) Sr(a). se sente seguro para levantar-se da cadeira completamente cinco vezes, com os pés bem apoiados no chão e sem usar os braços?
1. Demonstre e explique os procedimentos.	Eu vou demonstrar primeiro. Depois o(a) Sr(a). fará o mesmo. a) Por favor, levante-se completamente o mais rápido possível cinco vezes seguidas, sem parar entre as repetições. b) Cada vez que se levantar, sente-se e levante-se novamente, mantendo os braços cruzados sobre o peito. c) Eu vou marcar o tempo com um cronômetro.
2. Quando o paciente estiver sentado, adequadamente, como descrito anteriormente, avise que vai disparar o cronômetro, dizendo:	"Preparar, já!"
3. Conte em voz alta cada vez que o paciente se levantar, até a quinta vez. 4. Pare se o paciente ficar cansado ou com a respiração ofegante durante o teste. 5. Pare o cronômetro quando o paciente levantar-se completamente pela quinta vez. 6. Também pare: . Se o paciente usar os braços . Após um minuto, se o paciente não completar o teste. . Quando achar que é necessário para a segurança do paciente. 7. Se o paciente parar e parecer cansado antes de completar os cinco movimentos, pergunte-lhe se ele pode continuar. 8. Se o paciente disser "Sim", continue marcando o tempo. Se o participante disser "Não", pare e zere o cronômetro.	
RESULTADO DO TESTE LEVANTAR-SE DA CADEIRA CINCO VEZES A. Levantou-se as cinco vezes com segurança: Sim ☐ Não ☐ B. Levantou-se as 5 vezes com êxito, registre o tempo: _____.seg. C. Se o paciente não realizou o teste ou falhou, marque o motivo: 1) Tentou, mas não conseguiu 2) O paciente não consegue levantar-se da cadeira sem ajuda 3) Não tentou, o avaliador julgou inseguro 4) Não tentou, o paciente sentiu-se inseguro 5) O paciente não conseguiu entender as instruções 6) Outros (Especifique) _____ 7) O paciente recusou participação.	
PONTUAÇÃO DO TESTE DE LEVANTAR-SE DA CADEIRA O participante não conseguiu levantar-se as 5 vezes ou completou o teste em tempo maior que 60 seg: ☐ 0 ponto Se o tempo do teste for 16,70 segundos ou mais: ☐ 1 ponto Se o tempo do teste for de 13,70 a 16,69 segundos: ☐ 2 pontos Se o tempo do teste for de 11,20 a 13,69 segundos: ☐ 3 pontos Se o tempo do teste for de 11,19 segundos ou menos: ☐ 4 pontos	
PONTUAÇÃO COMPLETA PARA A VERSÃO BRASILEIRA DA SHORT PHYSICAL PERFORMANCE BATTERY - SPPB	1. Pontuação total do teste de equilíbrio: _____ pontos 2. Pontuação do teste de velocidade de marcha: _____ pontos 3. Pontuação do teste de levantar-se da cadeira: _____ pontos 4. Pontuação total: _____ pontos (some os pontos acima).

Anexo IV

Qualidade de vida (SF-36)

Data: __/__/__ Momento: () PRÉ () PÓS

Nome: _____

Esta pesquisa questiona você sobre **sua saúde**. Estas informações nos manterão informados de como você se sente e quão bem você é capaz de fazer suas atividades de vida diária. Responda cada questão marcando a resposta como indicado. Caso você esteja inseguro em como responder, por favor escolha a opção que lhe pareça mais apropriada.

1. Em geral, você diria que sua saúde é: (circule uma)

- | | |
|------------------|---|
| Excelente | 1 |
| Muito boa | 2 |
| Boa | 3 |
| Ruim | 4 |
| Muito ruim | 5 |

2. **Comparado a um ano atrás**, como você classificaria sua saúde em geral, **agora**?

- | | |
|---|---|
| Muito melhor agora do que a um ano atrás | 1 |
| Um pouco melhor agora do que a um ano atrás | 2 |
| Quase a mesma de um ano atrás | 3 |
| Um pouco pior agora do que a um ano atrás | 4 |
| Muito pior agora do que a um ano atrás | 5 |

3. Os seguintes itens são sobre atividades que você poderia fazer atualmente durante um dia comum. **Devido a sua saúde**, você tem dificuldade para fazer essas atividades? Neste caso, quanto?

(circule um número em cada linha)

Atividades	Sim. Dificulta muito	Sim. Dificulta um pouco	Não.Não dificulta de modo algum
a. Atividades vigorosas , que exigem muito esforço, tais como correr, levantar objetivos pesados, participar em esportes árduos	1	2	3
b. Atividades moderadas , tais como mover uma mesa, passar aspirador de pó, jogar bola, varrer a casa	1	2	3
c. Levantar ou carregar mantimentos	1	2	3
d. Subir vários lances de escada	1	2	3
e. Subir um lance de escada	1	2	3
f. Curvar-se, ajoelhar-se ou dobrar-se	1	2	3
g. Andar mais de 1 quilômetro	1	2	3
h. Andar vários quarteirões	1	2	3
i. Andar 1 quarteirão	1	2	3
j. Tomar banho ou vestir-se	1	2	3

4. Durante as **últimas 4 semanas**, você teve algum dos seguintes problemas com o seu trabalho ou com alguma atividade diária regular, **como consequência de sua saúde física**?

(circule um número em cada linha)

	Sim	Não
a. Você diminuiu a quantidade de tempo que se dedicava ao seu trabalho ou a outras atividades?	1	2
b. Realizou menos tarefas do que gostaria?	1	2
c. Esteve limitado no seu tipo de trabalho ou em outras atividades?	1	2
d. Teve dificuldade de fazer seu trabalho ou outras atividades (p.ex: necessitou de um esforço extra)?	1	2

5. Durante as **últimas 4 semanas**, você teve algum dos seguintes problemas com o seu trabalho ou outra atividade regular diária, como consequência de algum **problema emocional** (como sentir-se deprimido ou ansioso)?

(circule um número em cada linha)

	Sim	Não
a. Você diminuiu a quantidade de tempo que se dedicava ao seu trabalho ou a outras atividades?	1	2
b. Realizou menos tarefas do que gostaria?	1	2
c. Não trabalhou ou fez qualquer das atividades com tanto cuidado como geralmente faz?	1	2

6. Durante as **últimas 4 semanas**, de que maneira sua saúde física ou problemas emocionais interferiram nas suas atividades sociais normais, em relação a família, vizinhos, amigos ou em grupo?

(circule uma)

- | | |
|-----------------------|---|
| De forma alguma | 1 |
| Ligeiramente | 2 |
| Moderadamente | 3 |
| Bastante | 4 |
| Extremamente | 5 |

7. Quanta dor **no corpo** você teve durante as **últimas 4 semanas**?

(circule uma)

- | | |
|-------------------|---|
| Nenhuma | 1 |
| Muito leve | 2 |
| Leve | 3 |
| Moderada | 4 |
| Grave | 5 |
| Muito grave | 6 |

8. Durante **as últimas 4 semanas**, quanto a dor interferiu com o seu trabalho normal (incluindo tanto o trabalho fora de casa e dentro de casa)?

(circule uma)

- De maneira alguma 1
- Um pouco 2
- Moderadamente 3
- Bastante 4
- Extremamente 5

9. Estas questões são sobre como você se sente e como tudo tem acontecido com você durante **as últimas 4 semanas**. Para cada questão, por favor dê a resposta que mais se aproxime da maneira como você se sente. Novamente, responda em relação **as últimas 4 semanas**.

(circule um número em cada linha)

	Todo tempo	A maior parte do tempo	Uma boa parte do tempo	Alguma parte do tempo	Uma pequena parte do tempo	Nunca
a. Quanto tempo você tem se sentido cheio de vigor, cheio de vontade, cheio de força?	1	2	3	4	5	6
b. Quanto tempo você tem se sentido uma pessoa muito nervosa?	1	2	3	4	5	6
c. Quanto tempo você tem se sentido tão deprimido que nada pode animá-lo?	1	2	3	4	5	6

d. Quanto tempo você tem se sentido calmo ou tranquilo?	1	2	3	4	5	6
e. Quanto tempo você tem se sentido com muita energia?	1	2	3	4	5	6
f. Quanto tempo você tem se sentido desanimado e abatido?	1	2	3	4	5	6
g. Quanto tempo você tem se sentido esgotado?	1	2	3	4	5	6
h. Quanto tempo você tem se sentido uma pessoa feliz?	1	2	3	4	5	6
i. Quanto tempo você tem se sentido cansado	1	2	3	4	5	6

10. Durante as **últimas 4 semanas**, quanto do seu tempo a sua **saúde física ou problemas emocionais** interferiram com as suas atividades sociais (como visitar amigos, parentes, etc.)?

(circule uma)

- Todo o tempo 1
 A maior parte do tempo 2
 Alguma parte do tempo 3
 Uma pequena parte do tempo 4
 Nenhuma parte do tempo 5

11. O quanto **verdadeiro** ou **falso** é **cada** uma das afirmações para você?

(circule um número em cada linha)

	Definitivamente verdadeiro	A maioria das vezes verdadeiro	Não sei	A maioria das vezes falsa	Definitivamente falsa
a. Eu costumo adoecer um pouco mais facilmente que as outras pessoas	1	2	3	4	5
b. Eu sou tão saudável quanto qualquer pessoa que eu conheço	1	2	3	4	5
c. Eu acho que a minha saúde vai piorar	1	2	3	4	5
d. Minha saúde é excelente	1	2	3	4	5

Anexo V

Escala de depressão geriátrica (GDS-15)

Data: __/__/__ Momento: () PRÉ () PÓS

Nome: _____

	Sim	Não
1. Está satisfeito com a sua vida?	0	1
2. Diminuiu a maior parte de suas atividades e interesses?	1	0
3. Sente que a vida está vazia?	1	0
4. Aborrece-se com frequência?	1	0
5. Sente-se de bem com a vida na maior parte do tempo?	0	1
6. Teme que algo de ruim possa lhe acontecer?	1	0
7. Sente-se feliz a maior parte do tempo?	0	1
8. Sente-se frequentemente desamparado(a)?	1	0
9. Prefere ficar em casa a sair e fazer coisas novas?	1	0
10. Acha que tem mais problemas de memória do que a maioria?	1	0
11. Acha que é maravilhoso estar vivo agora?	0	1
12. Vale a pena viver como vive agora?	0	1
13. Sente-se cheio(a) de energia?	0	1
14. Acha que sua situação tem solução?	0	1
15. Acha que tem muita gente em situação melhor?	1	0

Anexo VI

Material utilizado para divulgação online e por flyer da pesquisa



Atenção!

Selecionamos **adultos e idosos sedentários** para participação voluntária em estudo envolvendo **12 semanas de treino de musculação**, o qual será realizado nas dependências da Escola Superior de Educação Física (ESEF/UFPeI).

Requisitos:

Adultos: idade entre 40 e 55 anos

Idosos: idade acima de 60 anos



Fone/Whatsapp: (53) 981 54-3265 (mencionar estudo)
E-mail: gustavoschaun@hotmail.com



Rua Luís de Camões, 625 - Três Vendas, Pelotas
Laboratório de Avaliação Neuromuscular
Escola Superior de Educação Física

Os participantes devem ter disponibilidade para realização das atividades, duas vezes por semana, no endereço da escola.



Atenção!

Selecionamos **idosos com limitações na sua mobilidade** para participação voluntária em estudo envolvendo **12 semanas de treino de musculação**, o qual será realizado nas dependências da Escola Superior de Educação Física (ESEF/UFPeI) sob orientação e supervisão de equipe capacitada.

Requisitos:

Os voluntários devem ter **60 anos ou mais**, serem **sedentários** e apresentarem dificuldade na realização de tarefas como, por exemplo, **caminhar 400m e/ou subir escadas**.



Fone/Whatsapp: (53) 981 54-3265 (mencionar estudo)
E-mail: gustavoschaun@hotmail.com



Rua Luís de Camões, 625 - Três Vendas, Pelotas
Laboratório de Avaliação Neuromuscular
Escola Superior de Educação Física

Os participantes devem ter disponibilidade para realização das atividades, duas vezes por semana, no endereço da escola.

Anexo VII

Matéria utilizada para divulgação do estudo e recrutamento

Pesquisa da Esef visa o bem-estar dos adultos de meia idade e idosos

Os interessados podem se inscrever até o término das 60 vagas



🕒 19 de Maio de 2019 - 08h52

✎ Corrigir

A +

A -

Um estudo que visa o melhoramento do desempenho funcional e o mapeamento dos efeitos das atividades físicas nos aspectos neuromusculares. Refere-se às ações que integram as pesquisas acadêmicas do Laboratório de Avaliação Neuromuscular (LabNeuro) da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal de Pelotas (Esef/UFPe) e têm como objeto de estudo membros da comunidade. Dessa vez, adultos entre 45 e 55 anos e idosos compõem o recorte. Os interessados podem se inscrever



O autor do trabalho, o doutorando em Educação Física Gustavo Schaun, explica que, conforme o envelhecimento das pessoas se acentua, o sistema neuromuscular do corpo, ou seja, a parte na qual os nervos se conectam com os músculos, caminha junto desse processo. (Foto: Jô Folha - DP)

Disponível em: https://www.diariopopular.com.br/geral/pesquisa-da-esef-visa-o-bem-estar-dos-adultos-de-meia-idade-e-idosos-141293/?fbclid=IwAR2d7uqt4shLee5d52e0aNt_V5-gOu1tIVJxESEa9RVx_5TImNOGSgijAiw (último acesso em 30 de setembro de 2021).

Anexo VIII

Fotos da confraternização realizada com os participantes ao fim da pesquisa



Anexo IX

Normas de submissão – *Experimental Gerontology*

GUIDE FOR AUTHORS

Your Paper Your Way

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

To find out more, please visit the Preparation section below.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable)

Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our [Support Center](#).

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

Please see our information on [Ethics in publishing](#).

Declaration of interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential competing interests include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double anonymized) or the manuscript file (if single anonymized). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. [More information](#).

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where

the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service [Crossref Similarity Check](#).

Preprints

Please note that [preprints](#) can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's [sharing policy](#). Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information).

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Content should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader; contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition; and use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, stereotypes, slang, reference to dominant culture and/or cultural assumptions. We advise to seek gender neutrality by using plural nouns ("clinicians, patients/clients") as default/wherever possible to avoid using "he, she," or "he/she." We recommend avoiding the use of descriptors that refer to personal attributes such as age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition unless they are relevant and valid. These guidelines are meant as a point of reference to help identify appropriate language but are by no means exhaustive or definitive.

Author contributions

For transparency, we encourage authors to submit an author statement file outlining their individual contributions to the paper using the relevant CRediT roles: Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Funding acquisition; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing - original draft; Writing - review & editing. Authorship statements should be formatted with the names of authors first and CRediT role(s) following. [More details and an example](#)

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Article transfer service

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. [More information](#).

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see [more information](#) on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. [Permission](#) of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If

excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has [preprinted forms](#) for use by authors in these cases.

For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'License Agreement' ([more information](#)). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of [user license](#).

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. [More information](#).

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can [share your research](#) published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Open access

Please visit our [Open Access page](#) for more information.

Elsevier Researcher Academy

[Researcher Academy](#) is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars, downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the [English Language Editing service](#) available from Elsevier's Author Services.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Referees

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our [Support site](#). Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

PREPARATION

Queries

For questions about the editorial process (including the status of manuscripts under review) or for technical support on submissions, please visit our [Support Center](#).

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality

figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file. The corresponding caption should be placed directly below the figure or table.

Peer review

This journal operates a single anonymized review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. Editors are not involved in decisions about papers which they have written themselves or have been written by family members or colleagues or which relate to products or services in which the editor has an interest. Any such submission is subject to all of the journal's usual procedures, with peer review handled independently of the relevant editor and their research groups. [More information on types of peer review.](#)

REVISED SUBMISSIONS

Use of word processing software

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Guide to Publishing with Elsevier](#)). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal as they help increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the examples here: [example Highlights](#).

Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum

of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

Authors can make use of Elsevier's [Illustration Services](#) to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.

- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF) or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) in addition to color reproduction in print. [Further information on the preparation of electronic artwork.](#)

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged.

A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

For reference style 2 Harvard: [dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, v1. <http://dx.doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support [Citation Style Language styles](#), such as [Mendeley](#). Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. [More information on how to remove field codes from different reference management software](#).

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/experimental-gerontology>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference

Reference style

Text: Indicate references by first author last name and date of publication in parentheses in line with the text. The actual authors can be referred to, however the complete reference must always be given. Example: 'Barnaby (2001) obtained a different result...'

Reference to a journal publication:

J. van der Geer, J.A.J. Hanraads, R.A. Lupton, 2010. The art of writing a scientific article, *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

W. Strunk Jr., E.B. White, 2000. *The Elements of Style*, fourth ed., Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

G.R. Mettam, L.B. Adams, 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: B.S. Jones, R.Z. Smith (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*, E-Publishing Inc., New York, 281–304.

Journal abbreviations source

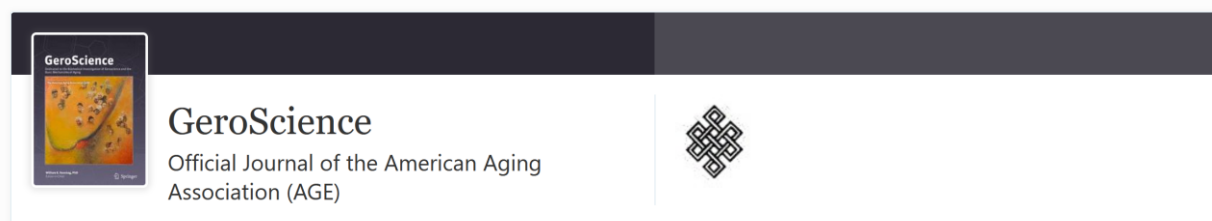
Journal names should be abbreviated according to the [List of Title Word Abbreviations](#).

Anexo X

Normas de submissão – *GeroScience* (AGE)



Search Authors & Editors My account



Instructions for Authors

GeroScience publishes original research manuscripts, review articles, minireviews, commentaries and other invited content related to research into the biology of aging, pathophysiology of age-related diseases and research on biomedical applications that impact aging and/or the pathogenesis of diseases associated with old age, including advances in basic and translational research as well as observational studies, clinical trials, epidemiology, and outcomes studies. The scope of articles to be considered covers the whole spectrum of geroscience and include physiology/pathophysiology, geriatrics/gerontology, neuroscience, biochemistry, pathology, molecular and cell biology, biophysics, genetics, genomics, proteomics, epigenetics and relevant sub-fields of endocrinology, immunology, pharmacology, neurology, cardiovascular medicine, ophthalmology, otolaryngology and psychology. *GeroScience* is especially interested in manuscripts developing innovative pharmacological, genetic or nutritional strategies to improve cardiovascular, neurocognitive, and musculoskeletal health-span. It welcomes studies using a variety of experimental approaches, including in vivo studies and investigations using isolated tissue preparations and cultured cells. Articles focusing on the intersection of aging research, nutritional sciences and alternative and complementary medicine are considered. Articles concerning veterinary sciences (e.g. studies on age-related pathologies of companion dogs, horses and non-human primates), comparative biology and evolutionary biology are also encouraged. Articles concerning clinical investigations are also considered especially if the results reveal the underlying biological mechanisms of aging (e.g. the role of inflammation, senescence or oxidative stress in the pathogenesis of age-related diseases). Studies must reflect more than issues related to the care and treatment of geriatric patients. Papers concerned with social, economic, and political issues of aging will generally not be considered unless they relate directly to biomedical gerontology. Submitted manuscripts are examined by the editorial staff and editors, and a decision is made whether to refer the manuscript for external peer review. In order to provide a rapid response to authors, manuscripts that are not likely to receive a priority sufficient for publication in *GeroScience* will not be referred for external peer review and will be returned after initial screening. Manuscripts rejected without review comprise the majority of submissions given the current acceptance rate of ~25% of submitted original research articles. Manuscripts sent for review that receive an initial favorable response will undergo independent statistical review and/or figure review, when appropriate. The editors will not discuss a decision about a manuscript over the phone. All rebuttals must be submitted in writing to the editorial office.

The authors are requested to avoid references to previously published articles in the journal, which could be construed as excess journal self-citation.

Manuscript Submission

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit manuscript” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Please ensure you provide all relevant editable source files. Failing to submit these source files might cause unnecessary delays in the review and production process.

How to submit to GeroScience

All manuscripts must be submitted electronically. Before proceeding to the online submission site, please prepare your manuscript according to the instructions below. When your manuscript is ready for submission, please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen

Article Types

Research Articles

Original research articles present important new research results including the entire contents of a research project. Research articles include an abstract, an introduction, methods and results sections, a discussion, and relevant citations. Inclusion of links to data supplements and source data are permitted. Articles are peer-reviewed.

[...]

Manuscript Submission Requirements

We will consider initial Original Research Article submissions that are not formatted according to GeroScience standards (e.g. papers formatted for submission to Nature or PNAS). The following minimum submission requirements have been developed to reduce the burden on authors of extensive reformatting while ensuring that manuscripts are complete and relatively uniform to allow for consistent and thorough review by editors and reviewers. Accordingly, the initial Original Research Article submission must include a complete list of authors entered into the online submission portal and include all submission files necessary for review (see below). Those papers that are revised or ultimately accepted will be required to be formatted by the authors according to specific GeroScience requirements (ie, title page, abstract, full Methods and material

section, references, tables and figures, and disclosures etc). At that stage, please refer to the journal's Revised & Accepted Manuscripts instructions.

Submission Files:

- Manuscript text file. Tables must be embedded within the manuscript.
- Figures should be submitted separately. Please note that only PDF and TIFF files will be allowed for publication.
- Supplemental Files: When submitting supplemental files, please note whether or not they are intended for review purposes only or if they are intended for publication as an online data supplement.
- For all revisions or invited de novo submissions, please note that two additional files are required:
 - Response to Reviewers
 - Tracked changes and clean versions of the revised manuscript

All Author Information should be collected, including:

- First name, middle initial, and last names
- Affiliations
- E-mail addresses

Manuscript Format:

- Number every page except the title page, including figures, tables, and references. Cite each figure and table in text in numerical order.
- Assemble the manuscript in this order: Title Page, Abstract, Text (Introduction, Methods, Results, Discussion), Acknowledgments, Sources of Funding, Disclosures, References, Figure Legends, Tables, and Figures.
- References, figures, and tables should be cited in numerical order according to first mention in the text.
- Guidelines & Policies: Manuscripts must conform to "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals" (<http://www.icmje.org>).

Title page

Please make sure your title page contains the following information.

Title

The title should be concise and informative.

Author information

- The name(s) of the author(s)
- The affiliation(s) of the author(s), i.e. institution, (department), city, (state), country
- A clear indication and an active e-mail address of the corresponding author
- If available, the 16-digit ORCID of the author(s)

If address information is provided with the affiliation(s) it will also be published.

For authors that are (temporarily) unaffiliated we will only capture their city and country of residence, not their e-mail address unless specifically requested.

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

For life science journals only (when applicable)

Trial registration number and date of registration

Trial registration number, date of registration followed by “retrospectively registered”

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Statements and Declarations

The following statements should be included under the heading "Statements and Declarations" for inclusion in the published paper. Please note that submissions that do not include relevant declarations will be returned as incomplete.

- **Competing Interests:** Authors are required to disclose financial or non-financial interests that are directly or indirectly related to the work submitted for publication. Please refer to “Competing Interests and Funding” below for more information on how to complete this section.

Please see the relevant sections in the submission guidelines for further information as well as various examples of wording. Please revise/customize the sample statements according to your own needs.

Methods

The methods section should provide all the details for the experiments to be reproduced, as needed. We encourage the publication of a detailed, inclusive methods section, instead of an Online Supplement (although additional methods and information may be included in an Online Supplement).

The following information should be included as appropriate:

- **Use SI units of measure.** A more conventionally used measurement may follow in parentheses. Make all conversions before manuscript submission.
- **Statistics:** A subsection on statistics should be included in the Methods section and the measures of variance, such as standard deviation or standard error, should be indicated.
- **Experimental animals:** State the species, strain, number used, and pertinent descriptive characteristics. All studies in animals should be conducted in accordance with the National Institutes of Health (NIH) Guide for the Care and Use of Laboratory Animals, or the equivalent. When describing surgical procedures, identify the preanesthetic and anesthetic agents used and the amounts, concentrations, routes, and frequency of administration of each. For other invasive procedures on animals, report the analgesic or tranquilizing drug used. If none were used, provide justification for exclusion.
- **Human studies:** Indicate that the study was approved by an institutional review board along with the name of the IRB, and that the participants gave written informed consent (or that no informed consent was required). Describe the characteristics of human subjects or patients and indicate that the procedures followed were in accordance with institutional guidelines. Please provide sex-specific and/or race/ethnicity-specific data when appropriate in describing the outcomes of epidemiologic analyses or clinical trials, or specifically state that no sex-based or race/ethnicity-based differences were present.

- **Studies of medications, biologics and devices:** Generic names of all therapeutics should be used (trademark names can be included in parentheses).

Text

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX. We recommend using Springer Nature's LaTeX template.

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

References

Citation

Reference citations in the text should be identified by numbers in square brackets. Some examples:

1. Negotiation research spans many disciplines [3].
2. This result was later contradicted by Becker and Seligman [5].
3. This effect has been widely studied [1-3, 7].

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text.

The entries in the list should be numbered consecutively.

If available, please always include DOIs as full DOI links in your reference list (e.g. “<https://doi.org/abc>”).

- *Journal article*

Smith JJ. The world of science. *Am J Sci.* 1999;36:234–5.

- *Article by DOI*

Slifka MK, Whitton JL. Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med.* 2000; <https://doi.org/10.1007/s001090000086>

- *Book*

Blenkinsopp A, Paxton P. Symptoms in the pharmacy: a guide to the management of common illness. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science; 1998.

- *Book chapter*

Wyllie AH, Kerr JFR, Currie AR. Cell death: the significance of apoptosis. In: Bourne GH, Danielli JF, Jeon KW, editors. *International review of cytology*. London: Academic; 1980. pp. 251–306.

- *Online document*

Doe J. Title of subordinate document. In: *The dictionary of substances and their effects*. Royal Society of Chemistry. 1999. <http://www.rsc.org/dose/title of subordinate document>. Accessed 15 Jan 1999.

Always use the standard abbreviation of a journal’s name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see [ISSN.org LTWA](http://ISSN.org/LTWA)

If you are unsure, please use the full journal title.

Tables

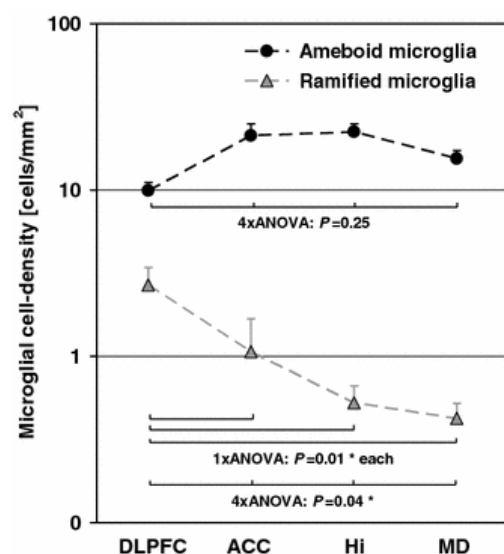
- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

Artwork and Illustrations Guidelines

Electronic Figure Submission

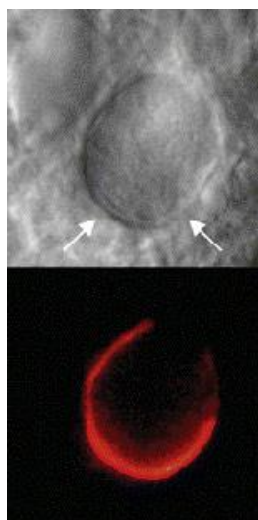
- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art



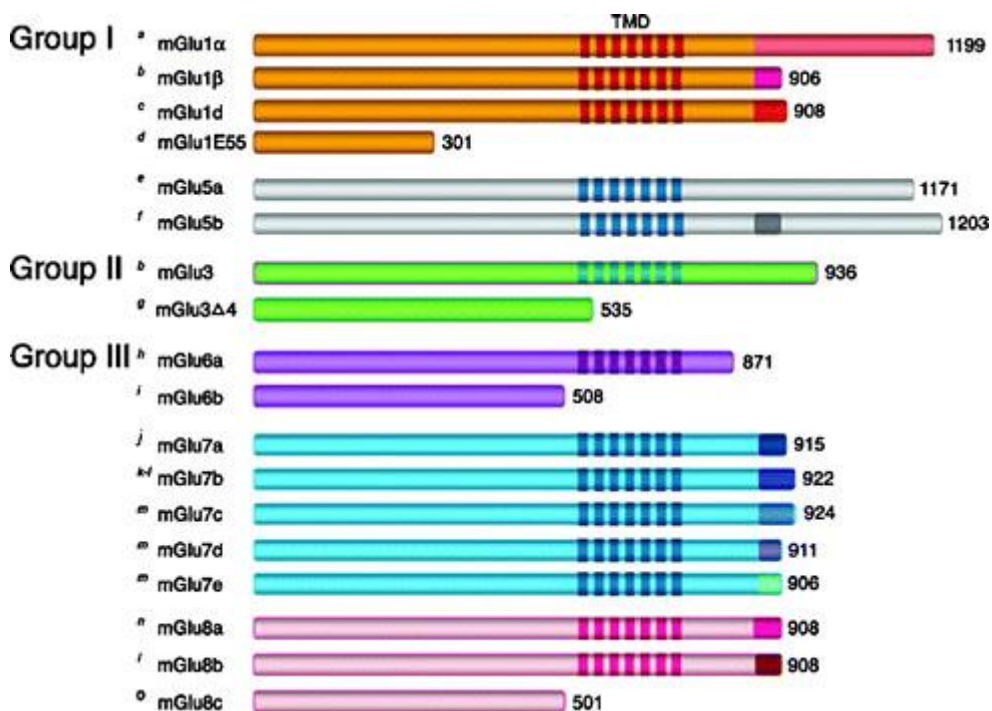
- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art



- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3,

etc." Figures in online appendices [Supplementary Information (SI)] should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- Figures should be submitted separately from the text, if possible.
- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For large-sized journals the figures should be 84 mm (for double-column text areas), or 174 mm (for single-column text areas) wide and not higher than 234 mm.
- For small-sized journals, the figures should be 119 mm wide and not higher than 195 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Please note: All Figure Legends are required to include:

- o Statistical tests used
- o n value for each condition in every panel
- o Sex (for vertebrates) - if not stated as only one sex in the Methods
- o Selective, non-uniform, adjustments to digital images (gels, blots, micrographs, etc.)

Supplementary Information (SI)

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as Supplementary Information, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.
- High resolution (streamable quality) videos can be submitted up to a maximum of 25GB; low resolution videos should not be larger than 5GB.

Audio, Video, and Animations

- Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB for high resolution files; 5 GB for low resolution files
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as "Online Resource", e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4".
- Name the files consecutively, e.g. "ESM_3.mpg", "ESM_4.pdf".

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Supplementary Information (SI) will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.