TREINAMENTO RESISTIDO PARA IDOSOS

Prescrição baseada em evidências



Luiz Carlos Pereira
Alex Silva Ribeiro

SOBRE OS AUTORES

Luiz Carlos Pereira

- Doutor em Exercício Físico na Promoção da Saúde – Universidade Norte do Paraná (UNOPAR)
- Mestre em Exercício Físico na Promoção da Saúde – Universidade Norte do Paraná (UNOPAR)
- Especialização em Treinamento Esportivo Escolar – Faculdade do Centro do Paraná (UCP/ASSESPI)
- Especialização em Educação Especial – Instituto de Estudos Avançados (ESAP)
- Graduação em Educação Física - Universidade Norte do Paraná (UNOPAR)
- Graduação em Pedagogia – Centro Universitário de Araras Dr. Edmundo Ulson (UNAR)

Alex Silva Ribeiro

- Doutor em Educação Física – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
- Mestre em Educação Física – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
- Especialização em Fisiologia do Exercício – Universidade Pitágoras UNOPAR
- Professor Pesquisador da Universidade Pitágoras UNOPAR
- Membro do Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício (GEPEMENE)

TREINAMENTO RESISTIDO PARA IDOSOS

Prescrição baseada em evidências

Luiz Carlos Pereira
Alex Silva Ribeiro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa Joseane, meus filhos Raí e Lorenzo, e aos meus pais Celso e Thelma

Alex Silva Ribeiro

Dedico esse trabalho à minha família que acreditou sempre em mim e esteve sempre presente nos momentos de dificuldade, as irmãs Vilma e Edina pela sua preocupação e carinho diariamente, aos meus filhos Hugo e Andrieli, os quais são a razão do meu esforço de querer sempre buscar o conhecimento. À minha Mãe Maria (In memoriam), que desde o início dessa caminhada não faltou incentivo e demostrava orgulho a cada passo dado.

Luiz Carlos Pereira

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde, especialmente ao coordenador do programa Prof. Dr. Dartagnan Pinto Guedes.

Aos professores Dr. Juliano Casonatto, Dr. Márcio Rogério Oliveira, Dr. Danilo Rodrigues Pereira da Silva e Dr. Ewertton de Souza Bezerra, que como membros da banca auxiliaram na avaliação final deste trabalho.

Este trabalho é fruto do trabalho de doutorado do Dr. Luiz Carlos Pereira, a quem agradeço a confiança, a amizade e a parceria durante todo o processo. Sua dedicação foi fundamental para a realização desse material.

Muito obrigado!

Alex Silva Ribeiro

A gratidão não é apenas a maior de todas as virtudes, ela é a mãe de todas as outras, por isso sou grato a todas as pessoas que fizeram parte da minha vida e torceram, incentivaram, ensinaram, ajudaram e oraram para que tudo se encaminhasse para obter êxito nessa etapa alcançada.

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida, por me proporcionar força e sabedoria para trilhar o caminho, por todas as bênçãos recebidas durante essa etapa importante na minha vida dando sinais de sua presença sempre quando apareciam as dificuldades.

Uma das virtudes do ser humano é a humildade, característica que significa a qualidade daqueles que reconhecem as próprias limitações e sabem que não têm conhecimento a respeito de tudo. Diante disso, agradeço ao Orientador Dr. Alex Silva Ribeiro, pela sua humildade, dedicação, competência e pela paciência demonstrada em todos esses anos tornando-se um exemplo de sucesso a ser exaltado a cada discussão da temática trabalhada aqui.

Aos Professores Dr Denílson Castro Teixeira e Dr Rubens A da Silva por me ensinar a valorizar cada decisão tomada no ingresso a essa etapa acadêmica.

Ao Professor Dr Marcio Rogério de Oliveira e sua equipe de Grupo de Estudos, por se colocar à disposição na coordenação da coleta de dados com os idosos em seu Laboratório.

Aos colegas de classe João W Cavalari, Rafael, Jayne e Marcelo, por dividirem as dificuldades durante o curso proporcionando melhor entendimento e se colocando à disposição no auxílio uns aos outros com muita humildade, pois a humilde é saber que sempre se pode aprender com alguém, independentemente de qualquer característica.

À minha sobrinha, Lilian e sua Mãe Marli (cunhada — In memoriam) e o cunhado Marcos, por estar sempre à disposição quando estava em recuperação de fratura no membro inferior, momento de dificuldade enfrentado com locomoção.

Ao Departamento de Assistência Social dos Municípios Paranaenses de Jardim Alegre, Godoy Moreira, Lunardelli e Lidianópolis, por disponibilizar transporte e acompanhar os idosos na coleta de dados no Laboratório da Universidade em Londrina.

Não há conquistas fáceis. São as estradas sinuosas que levam ao caminho certo. O profissional, em qualquer ofício, alcançará o triunfo a partir de um espírito tenaz, forte, obstinado. (Afonso Opazo)

Luiz Carlos Pereira

TREINAMENTO RESISTIDO PARA IDOSOS

Prescrição baseada em evidências

Luiz Carlos Pereira
Alex Silva Ribeiro

Capa, Projeto Gráfico e Editoração Eletrônica: rodolfo GAION

Pereira, Luiz Carlos
X000g Treinamento Resistido para Idosos: prescrição baseada em evidências / Luiz Carlos Pereira, Alex Silva Ribeiro. – Londrina, 2022
84 fl.

ISBN: 978-65-00-55363-5.

Orientador: Alex Silva Ribeiro.
Tese (Doutorado) – UNOPAR – Universidade Norte do Paraná, Doutorado Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde, 2022.

1. Exercício resistido. 2. Envelhecimento. 3. Idoso. I. Ribeiro, Alex Silva. II. Título.
CDD 615.8

Evelyn Moraes – CRB-8 10289

A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste livro poderá ser reproduzida,
por qualquer processo, sem a permissão expressa dos editores.

1ª EDIÇÃO – 2022

Editora Científica
Rua Marselha 591 – Jardim Piza
CEP 86.041-120 – Londrina – Paraná
Fone 43 3371.7931 | *www.pgsskroton.com.br*

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA 04

AGRADECIMENTOS 05

CAPÍTULO 1 - Envelhecimento e desempenho muscular 11

Envelhecimento da população 11

Envelhecimento e desempenho muscular 13

Sarcopenia 20

Diagnóstico da sarcopenia 22

CAPÍTULO 2 - Benefícios do treinamento resistido para a população idosa 25

Aptidão neuromuscular 25

Benefícios metabólicos 29

CAPÍTULO 3 - Prescrição do treinamento resistido 33

Princípios biológicos aplicados a prescrição do exercício resistido 33

Princípio da sobrecarga 33

Individualidade 34

Treinabilidade 36

Continuidade / Reversibilidade 36
Especificidade 37
Interdependência entre volume e intensidade 37
Prescrição do treinamento resistido 38
Intensidade 38
Séries até a falha 41
Velocidade do movimento 43
Velocidade do movimento e hipertrofia 43
Velocidade do movimento e força 45
Velocidade do movimento e potência 46
Volume 50
Volume de séries 50
Frequência 52
Seleção dos exercícios 53
Exercícios para os membros inferiores 55
Exercícios para membros superiores e tronco 58
Exercícios em pé ou sentado 62
Pesos livre e máquinas 62
Ordem dos exercícios 63
Recomendações gerais 64

REFERÊNCIAS 66

APRESENTAÇÃO

O treinamento resistido (TR) é uma modalidade de exercício físico no qual os movimentos são realizados contra uma resistência externa. A resistência pode ser oferecida mediante a utilização de pesos livres (conjunto de pesos, barras e anilhas) máquinas específicas ou o próprio peso corporal. A literatura científica apresenta diferentes nomenclaturas para esse tipo de exercício físico, como, por exemplo, treinamento resistido, treinamento de força, treinamento com pesos, e popularmente é conhecido como "musculação". Esse livro utilizará o termo treinamento resistido.

A prática do TR é antiga com relatos desde a antiga Grécia, no qual atletas realizavam testes de resistência, por meio da utilização de sacos de areia, pedras e animais, com o objetivo de fortalecer a musculatura para competições e batalhas. A partir da década de 1970, os estudos com TR começaram a ganhar mais notoriedade, especialmente as investigações sobre o impacto do TR, no que se refere a indicadores de força muscular e rendimento esportivo. A partir de então, muitos estudos foram conduzidos tendo como principal modalidade de exercício físico o TR, verificando respostas fisiológicas agudas e crônicas, mecanismos de adaptação e efeitos sobre a saúde e qualidade de vida. No cenário atual, a modalidade de TR é recomendada para diversas populações devido a uma série de evidências científicas que demonstram efeitos benéficos para promoção da saúde, qualidade de vida e longevidade.

Ao fazer a busca por estudos na base de dados *PubMed,* selecionando os estudos por ensaios clínicos aleatorizados e estudos com idosos, a busca oferece um total de 50 estudos entre 1989-1999, 262 estudos entre 2000-2009, 1.214 estudos entre 2010-2019, indicando um crescente interesse da comunidade científica sobre essa modalidade de exercício físico em idosos ao longo das últimas décadas. O interesse se dá, sobretudo, pelo potencial do TR em prevenir e melhorar o controle de síndromes geriátricas como a fragilidade e a sarcopenia. A prática regular de TR, vem demostrando de forma consistente, ser capaz de promover melhorias no desempenho muscular e produzir efeitos positivos na saúde, mobilidade, independência, bem-estar psicológico e qualidade de vida de idosos. O objetivo desse livro é providenciar informações sobre o TR direcionado para indivíduos idosos, utilizando as evidências científicas sobre o tema para apresentar informações concernentes ao impacto do processo de envelhecimento sobre o sistema musculoesquelético, bem como, oferecer informações sobre o diagnóstico de sarcopenia, e por fim, informações que irão orientar a prescrição do programa de treinamento. O livro está dividido em três capítulos, o primeiro será destinado a apresentar os mecanismos do processo de envelhecimento sobre o sistema neuromuscular e a composição corporal. O segundo capítulo apresentará os principais benefícios proporcionados pela prática do TR. O terceiro capítulo oferecerá informações sobre formas de prescrição e progressão do TR.

CAPÍTULO 1

ENVELHECIMENTO E DESEMPENHO MUSCULAR

Esse capítulo tem como objetivo apresentar informações sobre a transição demográfica induzida pelo envelhecimento populacional, bem como, abordar o impacto do processo de envelhecimento biológico sobre o sistema musculoesquelético e as consequências para o indivíduo idoso.

Envelhecimento da população

O critério cronológico é geralmente utilizado para definir um indivíduo como idoso. No Brasil uma pessoa é considerada idosa a partir dos 60 anos de idade. O estatuto do idoso foi criado no Brasil em 2003 (Lei nº 10.741/2003) garantindo a essa população proteção à vida e a saúde, mediante efetivação de políticas sociais e públicas, que permitam um envelhecimento saudável e em condições de dignidade [1]. A população idosa vem aumentando no Brasil, sendo a faixa etária que tem o crescimento mais rápido da sociedade brasileira. Esse cenário aponta para uma tendência do envelhecimento populacional, que indica o aumento do percentual de idosos na população e consequente diminuição relativa aos demais grupos etários.

A Pesquisa Nacional por amostras de Domicílios (Pnad) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), indica que o Brasil atingiu 34 milhões de pessoas com 60 anos ou mais, representando 16,2% da população total (Figura 1).

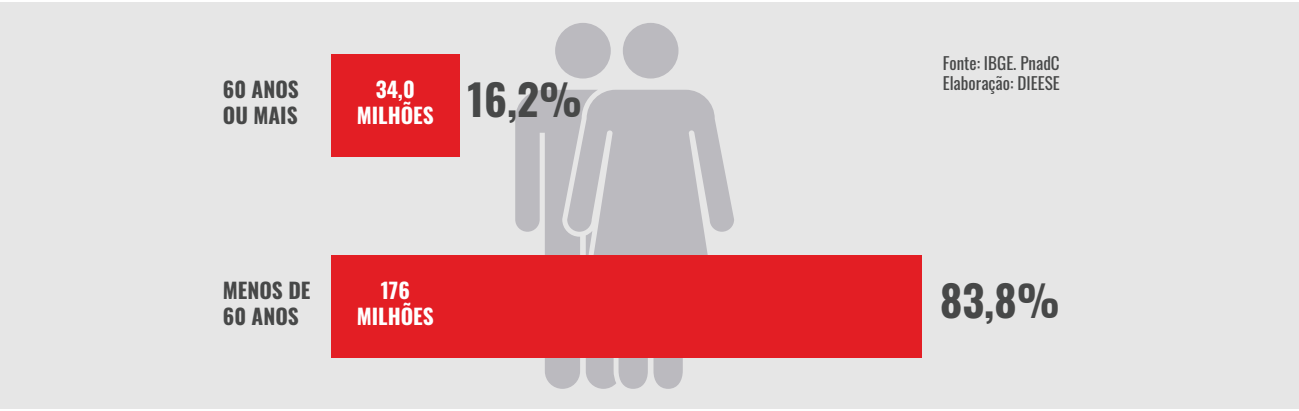
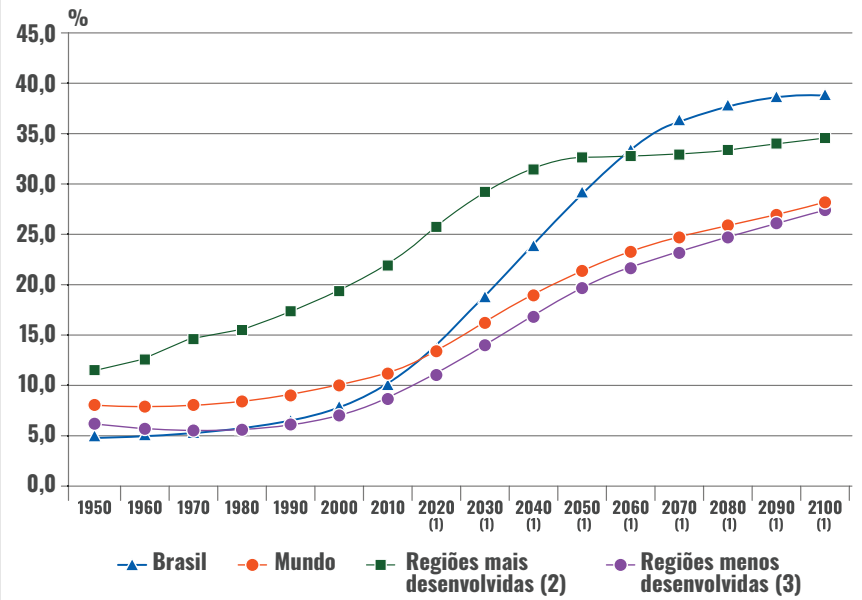


Figura 1. Distribuição da população segundo a idade. Brasil, 4º trimestre de 2019.

Espera-se que o crescimento de pessoas com 60 anos ou mais na população brasileira seja marcante nas próximas décadas. A projeção para o Brasil é de que a população idosa poderá triplicar entre 2010 a 2050 [2]. Entre 1950 e 2000, a proporção de idosos na população brasileira foi abaixo de 10%, e semelhante a estatística observada nos países menos desenvolvidos. A partir de 2010, o indicador para o Brasil começa a se aproximar

dos países mais desenvolvidos. Em 2070, a estimativa é que a proporção da população idosa brasileira (acima de 35%) seria inclusive superior ao indicador para o conjunto dos países desenvolvidos [3] (Figura 2).



Fonte: Population indicators. In: Word population prospects: the 2015 revision. New York: United Nations, Departament of Economic and Social Affair, Population Division, 2015. Disptonível em: <http://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Standard/Population//>. Acesso em: nov. 2016
(1) Dados projetados (variante média). (2) Compreende Europa, América do Norte, Austrália/ Nova Zelândia e Japão. (3) Compreende todas as regiões da África, Ásia (exceto Japão), América Latina e Caribe mais Melanésia, Micronésia e Polinésia.

Figura 2. Proporção de pessoas de 60 anos ou acima desta idade na população total – Mundo – 1950/2100.

Outra transição demográfica estimada pelo IBGE é da estrutura etária, com a mudança de forma piramidal, com base larga, paredes inclinadas e ápice pontiagudo para outro formato que apresenta base estreita e topo ampliado (Figura 3). Além da tendência do estreitamento da base e alargamento do topo, também se observa que uma população mais envelhecida tende a apresentar maior concentração de mulheres.

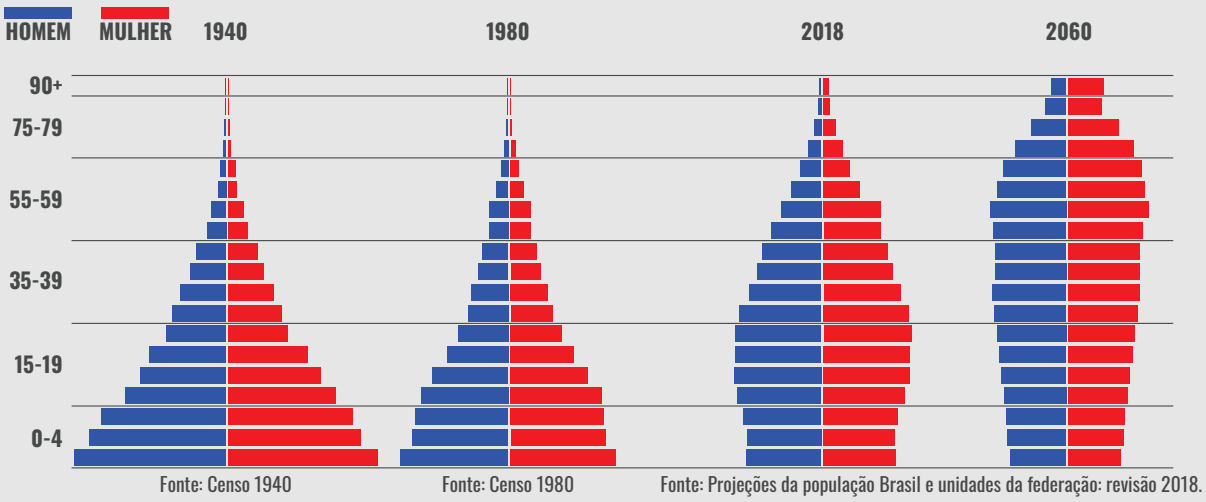


Figura 3. Transição Demográfica no Brasil a partir de 1940, segundo o sexo. Fonte: IBGE, 2018.

O movimento populacional no sentido do aumento expressivo na quantidade e proporção de idosos, ocorre, sobretudo, em virtude do aumento da expectativa de vida e a queda na taxa de natalidade. O aumento na expectativa de vida é reflexo de uma série de fatores tais como, melhora no acesso ao sistema de saúde, saneamento básico, avanços científicos na medicina que permitiram descobertas de tratamentos mais efetivos contra várias doenças, além do desenvolvimento de vacinas. Assim, menos pessoas morrem de forma prematura aumentando sua longevidade.

O processo de transição demográfica naturalmente levou a modificações no perfil epidemiológico, aumentando as síndromes geriátricas, afetando tanto a morbidade como mortalidade na população idosa. Apesar do aumento da longevidade, também se observa aumento da prevalência de doenças crônicas degenerativas não transmissíveis, redução na capacidade física e funcionalidade na população idosa. Portanto, o aumento da expectativa de vida não está necessariamente associado a melhora na qualidade de vida.

Tal transição demográfica tem despertado interesse em profissionais da saúde, particularmente nos profissionais de Educação Física, preocupados em proporcionar melhorias na qualidade de vida e no processo de envelhecimento, mediante aplicação de estratégias, que favoreçam a promoção da saúde e da autonomia, que proporcionem a ascensão da autoestima e que reduzam o desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas não transmissíveis.

Envelhecimento e desempenho muscular

O processo natural do envelhecimento, está associado a importantes modificações em diversos sistemas orgânicos, que podem afetar negativamente a saúde e a aptidão físico-funcional do indivíduo idoso. Uma das alterações morfológicas mais marcantes relacionadas ao envelhecimento, é a redução gradativa da massa muscular esquelética[4]. A Figura 4 apresenta o músculo de um adulto jovem e de sujeito idoso, no qual pode-se notar reduzidos níveis de massa muscular, maior conteúdo de gordura subcutânea e gordura intramuscular no músculo do idoso.

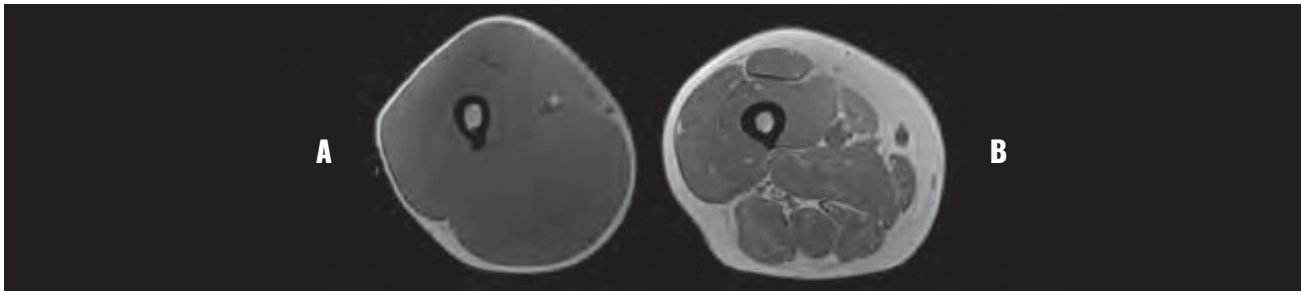


Figura 4. Composição do músculo de um indivíduo adulto jovem (A) e de um idoso (B). Adaptado de Morgan et al. [5].

Os níveis de massa muscular variam ao longo da vida, os quais, aumentam com o crescimento durante a juventude, atingem valores elevados na idade adulta jovem, e consequentemente por seguinte, inicia-se um processo de redução na musculatura esquelética. Nos indivíduos sedentários, a redução pode se iniciar por volta dos 30 anos, tal redução se mantém relativamente constante com uma diminuição gradual durante a meia-idade, e a partir da sexta década de vida, a perda passa a ser mais acentuada [6, 7]. Estima-se que durante a terceira e a quarta década de vida perde-se em torno de 0,2 kg de massa muscular por ano (3-5% por década), já em pessoas acima dos 50 anos, a taxa de redução pode alcançar aproximadamente 0,5 kg por ano (5-10% por década) [8, 9]. Uma estimativa média geral é de que a massa muscular esquelética diminui em torno de 0,5% a cada ano entre 40-60 anos, e acelera para 1% por ano após os 60 anos [10]. Essa redução da musculatura esquelética, ocorre por meio da diminuição do tamanho e quantidade das fibras musculares - (Figura 5). Isso acontece em virtude da célula muscular possuir um tamanho mínimo definido geneticamente, o que faz com que uma célula ao alcançar dimensões abaixo desse limiar, desencadeie morte celular por apoptose [11].

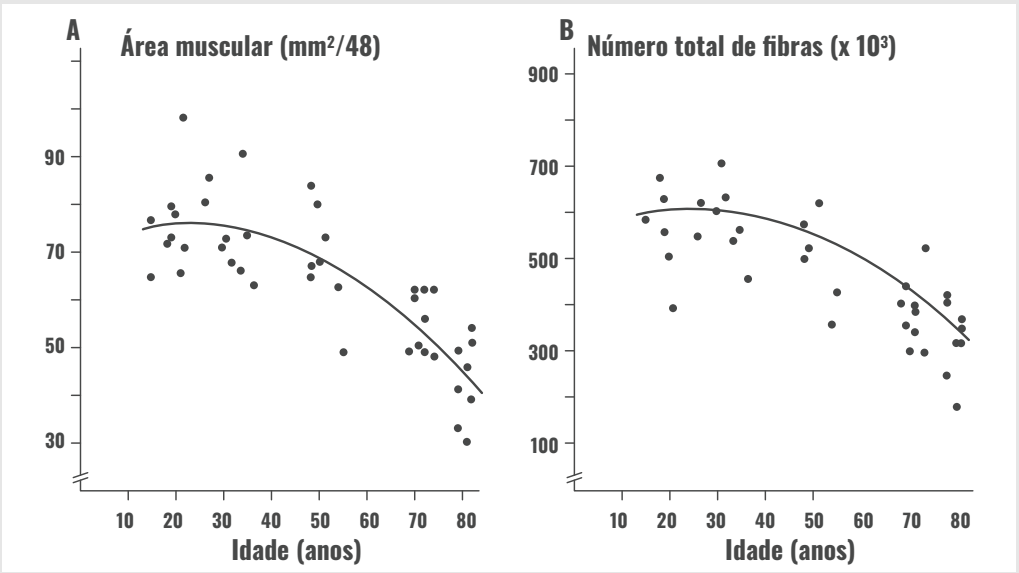


Figura 5 – Relação entre a idade e a área muscular (Painel A), e a quantidade de fibras musculares (Painel B). Adaptado de Lexell et al. [7].

Os níveis de força muscular também são reduzidos na terceira idade. Ao longo da vida, os valores mais elevados são geralmente alcançados durante a idade adulta jovem, entre os 20-30 anos de idade e a partir de então, existe um progressivo declínio. Inicialmente, a redução é de menor magnitude, porém, passa a ser acentuada após os 50 anos de idade, período em que existe uma estimativa de redução de 1-2% de massa muscular e de 1,5 a 5% da força muscular a cada ano [12-15]. A redução da força muscular é maior nos membros inferiores, a Figura 6 apresenta informações do banco de dados do

nosso laboratório (ainda não publicadas), referentes a 264 mulheres idosas participantes do projeto Envelhecimento Ativo. Os dados indicam uma redução na força de extensão de joelhos de aproximadamente 0,9 kg por ano, e uma redução de aproximadamente 0,3 kg por ano na força de flexão de cotovelos.

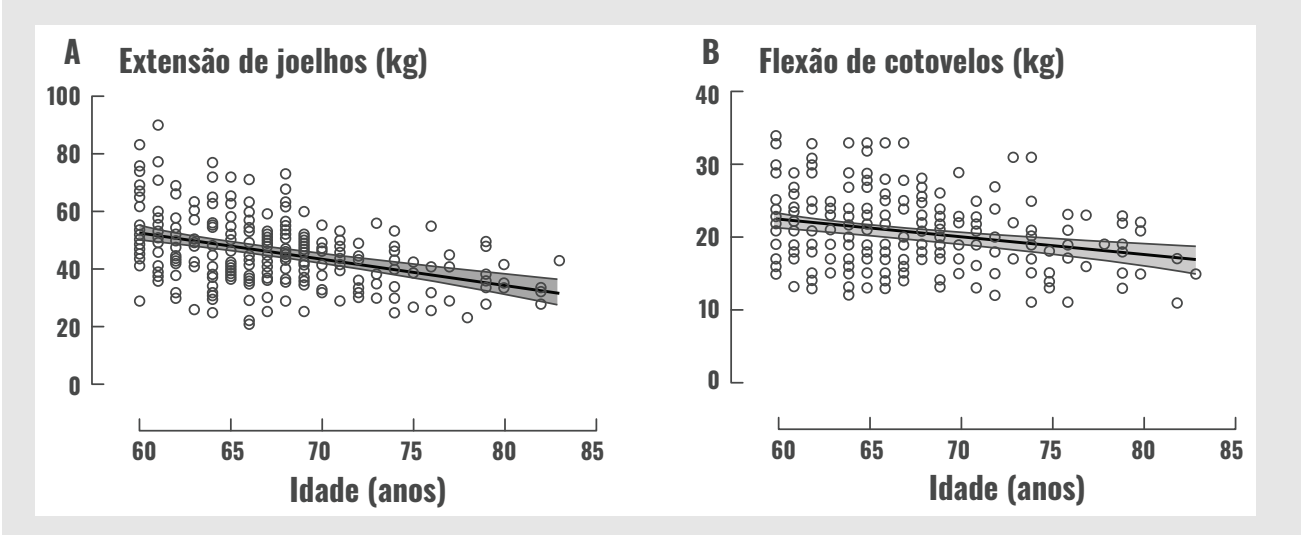


Figura 6. Força muscular de extensão de joelhos (A) e flexão de cotovelos (B) em função da idade. Dados ainda não publicados do projeto Envelhecimento Ativo.

Baixos níveis de força e massa muscular têm como consequência a redução do desempenho muscular, entretanto, a força é determinante na realização de tarefas do dia a dia, tendo impacto direto sobre a capacidade funcional, qualidade de vida, autonomia e longevidade do indivíduo idoso [4, 16]. Baixos níveis de força e massa muscular estão associados ao aumento da probabilidade de desfechos adversos, incluindo quedas e fraturas [17, 18], dificuldade de realização de ações básicas e instrumentais do dia a dia [19], prejuízo na função cognitiva [20], piora na qualidade de vida [21]; também possui associação com doenças cardiovasculares, diabetes mellitus, demência, doença respiratória [22], incapacidade física [23, 24] e morte precoce [24, 25]. Portanto, a aptidão neuromuscular é um componente fundamental da aptidão física para a manutenção da saúde do idoso. Baixos níveis de força e massa muscular também tem impacto social e econômico [26], uma vez que os cuidados e custos durante a hospitalização aumentam nos indivíduos com sarcopenia [27-30].

Um dos principais impactos da redução de níveis de força e massa muscular, é na capacidade funcional e independência física dos idosos. A função básica do músculo esquelético é promover os movimentos articulares, logo, a redução do desempenho muscular pode prejudicar o sistema locomotor em idosos [31, 32], e dessa forma, comprometer a autonomia da ação, a capacidade de locomoção e sustentação de objetos, a manutenção do equilíbrio corporal [33, 34], favorecendo quedas e dificultando a realização de atividades

cotidianas [13, 32, 35]. O estudo conduzido por Janssen et al. [23], indica uma relação na qual quanto menor for o índice de massa muscular, maior será o percentual de incapacidade física (Figura 7). Cenário altamente preocupante, uma vez que, a incapacidade física exerce importante influência na mortalidade, independentemente da idade e de outras variáveis clínicas e funcionais, podendo inclusive, apresentar maior associação com mortalidade do que as comorbidades [36].

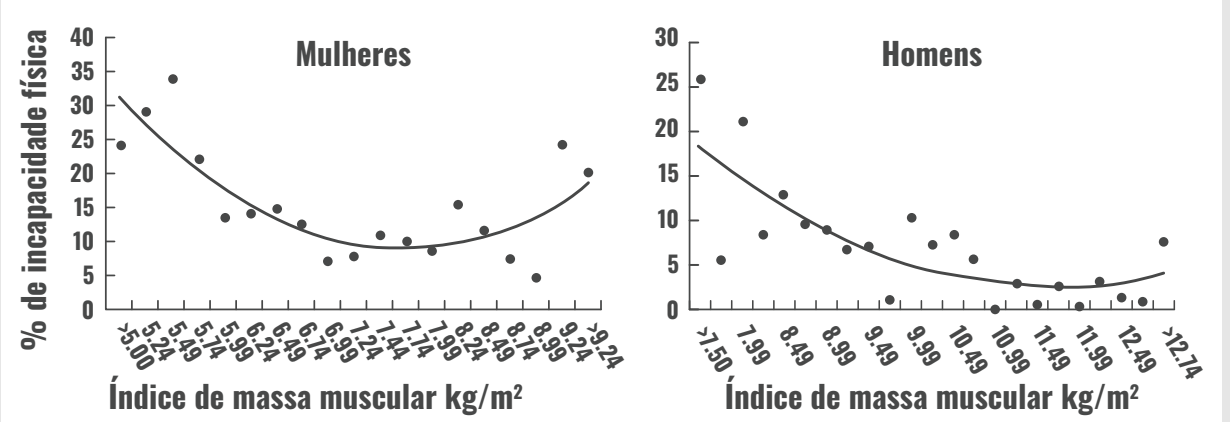


Figura 7. Percentual de incapacidade física de homens e mulheres de acordo com o índice de massa muscular. Adaptado de Janssen et al. [23].

O principal tipo de fibra afetado por essa redução, é a do tipo II, ou seja, as fibras de contração rápida [33, 37, 38]. A Figura 8 indica que a maior diferença entre o volume muscular de idosos e adultos jovens ocorre nas fibras do tipo II. Um dos motivos para essa maior redução na quantidade das fibras de contração rápida é devido a menor exigência nas atividades diárias, já que normalmente idosos estão envolvidos em atividades de baixa intensidade, e passam pouco tempo em atividades de moderada a vigorosa intensidade [39, 40]; logo, ativam predominantemente as fibras de contração lenta e, assim, as fibras de contração rápida ficam mais expostas ao desuso e consequente apoptose.

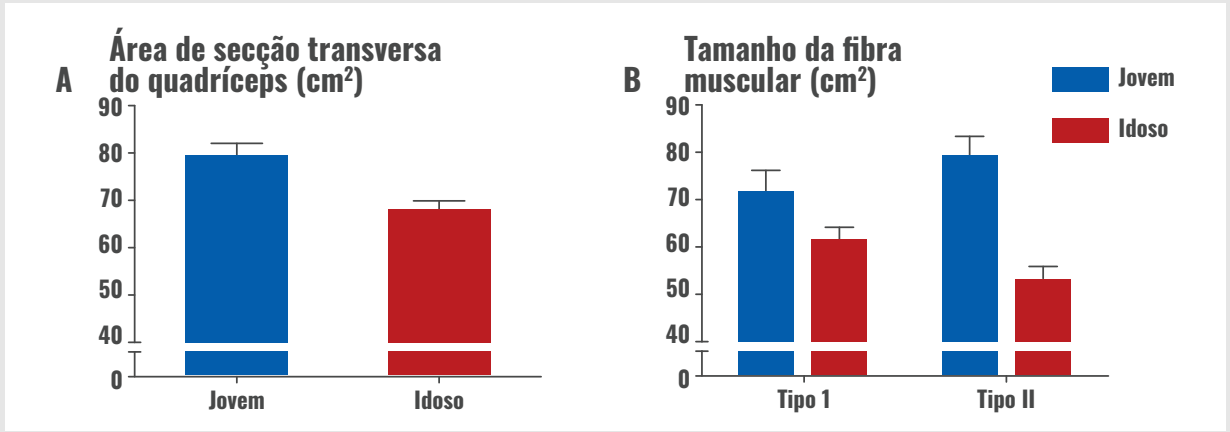


Figura 8. Área de secção transversal do músculo quadríceps de jovens e idosos (Painel A), e volume dos tipos de fibras de acordo com a idade (Painel B). Adaptado de Nilwik et al. [38].

O impacto resultante dessa redução nas fibras de contração lenta, é uma diminuição da potência muscular. A taxa de redução da potência muscular é bastante acentuada em idosos [41], e evidências longitudinais indicam uma perda anual de potência de 6% ao longo de três anos entre adultos com idade entre 70-85 anos [42]. A redução da potência muscular é bastante preocupante uma vez que essa variável vem sendo reportada como um forte indicador de funcionalidade [43-46] e mortalidade em idosos [47, 48]. Metter et al. [47] evidencia uma associação significante entre baixos níveis de potência muscular e mortalidade em homens de meia idade, após 25 anos de acompanhamento, independente da massa muscular, força e atividade física. Recentemente, Alcazar et al. [48] em um estudo multicêntrico que incluiu 2.563 idosos, reportou que baixos níveis de potência muscular foi um preditor independente de mortalidade, sendo que homens e mulheres idosos com baixos níveis de potência muscular tiveram uma mortalidade maior do que idosos com moderado e elevado níveis de potência muscular durante um período de nove anos. Entretanto, parece haver um platô para a potência muscular relacionadas a redução no risco de mortalidade, uma vez que o risco foi semelhante entre àqueles com potência normal e alta. Portanto, a partir de um certo ponto, não haverá benefícios adicionais. Vale destacar que nesse estudo [48] os indicadores de obesidade não mitigaram os benefícios proporcionados pelos níveis adequados de potência muscular nos idosos. Os achados indicaram que possuir níveis adequados de potência muscular é um requisito mais importante para longevidade de idosos do que ser magro. Em comparação ao grupo de obesos e baixos níveis de potência muscular (grupo de maior risco), os participantes com adequados níveis de potência muscular e magros reduziram o risco de mortalidade (-43%), enquanto os participantes magros, porém, com baixos níveis de potência muscular, não reduziram o risco de mortalidade, por sua vez, os participantes obesos, mas com adequados níveis de potência muscular, tiveram redução (- 45%) da mortalidade.

A redução da massa muscular e da produção de força não ocorrem na mesma proporção. A taxa de declínio da força muscular ocorre em maior magnitude e velocidade em relação ao declínio de massa muscular [49, 50]. Isso significa, uma menor capacidade de produzir força por uma área muscular. Essa interação entre a quantidade de força muscular produzida por uma área muscular específica, vem sendo operacionalmente reconhecida como qualidade muscular [51]. Tal informação parece bastante relevante, no que se refere ao ponto de vista da funcionalidade, uma vez que pode indicar mudanças intrínsecas associadas ao desempenho do sistema musculoesquelético no contexto do envelhecimento, que vão além das análises isoladas de força e da massa muscular [50].

O índice de qualidade muscular está relacionado com a qualidade de vida e longevidade, por conseguinte, idosos com maiores índices de qualidade muscular tem

maior expectativa de vida [51, 52]. Essa interação entre força e músculo também apresenta correlação com a integridade da membrana celular e a hidratação celular [51, 53], e parece ser um indicador mais sensível da função muscular do que a análise da força ou da massa muscular separadamente [51].

Uma das causas para a redução na qualidade muscular são as alterações no sistema neuromuscular, que levam a prejuízos no mecanismo de excitação-contração para a geração de força. Esse mecanismo envolve processos fisiológicos e bioquímicos que convertem um sinal neural para ativação muscular em ação muscular para produção de força.

Adicionalmente a redução do volume e da quantidade das fibras musculares, existe um processo de infiltração de gordura intramuscular associada ao envelhecimento [8, 9, 54]. Esse incremento do tecido adiposo no tecido muscular (miosteatose) ocorre principalmente nos músculos de membros inferiores [55]. Estudos indicam que a adiposidade intramuscular está associada à redução da força muscular e redução de atividades funcionais [56-59]. A miosteatose também apresenta associação com a resistência à insulina, inflamação, estresse oxidativo, alterações no perfil lipídico e redução da capacidade funcional [55].

Uma outra alteração na composição corporal que acompanha o envelhecimento é o aumento na adiposidade corporal. O excesso de gordura corporal, especialmente a gordura visceral, resulta importantes alterações metabólicas, danos em múltiplos órgãos e um estado de inflamação sistêmica crônica de baixo grau, portanto, é um fator de risco para a síndrome metabólica, resistência à insulina, aumento no risco de doenças cardiovasculares, doença renal, dislipidemia, diabetes e câncer [33, 60-63].

A obesidade e o envelhecimento compartilham similaridades em vários mecanismos que causam alterações multisistêmicas e o declínio da função orgânica. Essa ligação entre envelhecimento e obesidade, atua no sentido de que com o avanço da idade, aumenta-se o risco de obesidade ao passo que os distúrbios metabólicos relacionados à obesidade podem acelerar o envelhecimento. Essa interação entre a aceleração do envelhecimento com a obesidade é conhecido como *adipaging* [61]. Portanto, idosos, sobretudo obesos, estão em uma condição bastante delicada do que se refere a uma vida saudável.

A massa do tecido adiposo é determinada pelo equilíbrio entre o armazenamento do triacilglicerol nos adipócitos que podem ser provenientes de alimentos que contenham lipídicos ou precursores lipídicos (carboidratos e proteínas) versus a oxidação de gordura. Portanto, o acúmulo de gordura corporal nos adipócitos ocorre pelo balanço energético positivo crônico, ou seja, quando a ingestão de energia é superior ao gasto energético por um período.

Os indivíduos idosos têm uma diminuição na capacidade dos tecidos em oxidar gordura, bem como, a redução do gasto energético do metabolismo voluntário, devido a uma diminuição da atividade física diária. Contudo, o principal fator contribuinte para o gasto energético diário total é a taxa metabólica de repouso. A redução da taxa metabólica de repouso, observada em idosos, ocorre principalmente em virtude da redução da massa muscular [64, 65]. A massa muscular esquelética representa entre 40-60% do peso corporal total, sendo o componente que possui o maior gasto absoluto de calorias no corpo [66]. Desse modo, considerando o impacto direto da massa muscular esquelética no gasto calórico diário, a redução da massa muscular criará um cenário favorável para o acúmulo de gordura corporal.

A obesidade e o envelhecimento estão altamente associados a níveis sanguíneos mais elevados de citocinas pró-inflamatórias, que permitem ativar uma rede de vias inflamatórias, a fim de promover o desenvolvimento de resistência à insulina, aterosclerose, neurodegeneração e crescimento tumoral [60]. As concentrações elevadas de citocinas pró-inflamatórias também afetam o metabolismo muscular e contribuem para a redução de performance muscular em idosos [67]. As citocinas pró-inflamatórias afetam o metabolismo muscular por mecanismos que incluem a inibição da síntese proteica muscular, e elevação da atividade catabólica [68]. Foi relatado, que os níveis elevados da citocina interleucina-6, estão associados a um risco de duas a três vezes de perda de mais de 40% da força muscular, após 3 anos de acompanhamento [69] com resultados semelhantes encontrados para a citocina TNF-α [69, 70].

Por outro lado, as miocinas sintetizadas e liberadas pelo músculo contrabalanceiam os fatores pro-inflamatórios que são produzidos pelos adipócitos [71-73]. O músculo esquelético vem sendo identificado como um órgão secretor de substâncias denominadas de miocinas (IL-6, IL8, IL-15, fator neurotrófico derivado do cérebro, irisina, fator inibidor da leucemia, IGF-1, etc) que exercem inúmeras funções autócrinas, parácrinas e endócrinas que promovem vários benefícios à saúde [72, 74-78]. A secreção de miocinas pelo músculo esquelético permite que ele interaja com outros órgãos como o tecido adiposo, fígado, pâncreas, ossos e cérebro, podendo influenciar diretamente ou indiretamente suas funções [77-81]. Muitas miocinas podem afetar o metabolismo energético, o crescimento de células cancerígenas, a função pancreática, atuar na regulação de respostas inflamatórias e imunológicas e função cognitiva [73, 78, 82]. Recentemente, a irisina vem recebendo bastante destaque devido ao seu potencial efeito terapêutico para obesidade, diabetes tipo dois, doenças hepáticas, osteoporose, hipertensão, aterosclerose e função cognitiva [73, 83].

O exercício físico é reconhecido por seu papel na redução do risco de desenvolvimento de doenças e certos tipos de câncer. Acredita-se que muitos dos benefícios proporcionados pelo exercício físico nos diversos parâmetros de saúde, são mediados pela ação das miocinas, que são liberadas na circulação sanguínea durante o exercício físico, e que trabalham exercendo efeitos em outros órgãos [72, 75, 80, 84]. Nesse sentido, a contração muscular atua como um fator importante para síntese e secreção de miocinas pelas células musculares, uma vez que muitas miocinas produzidas pelo músculo esquelético são dependentes da sua contração [72, 75]. Os níveis de miocinas no sangue podem ser aumentados com a prática de TR [85].

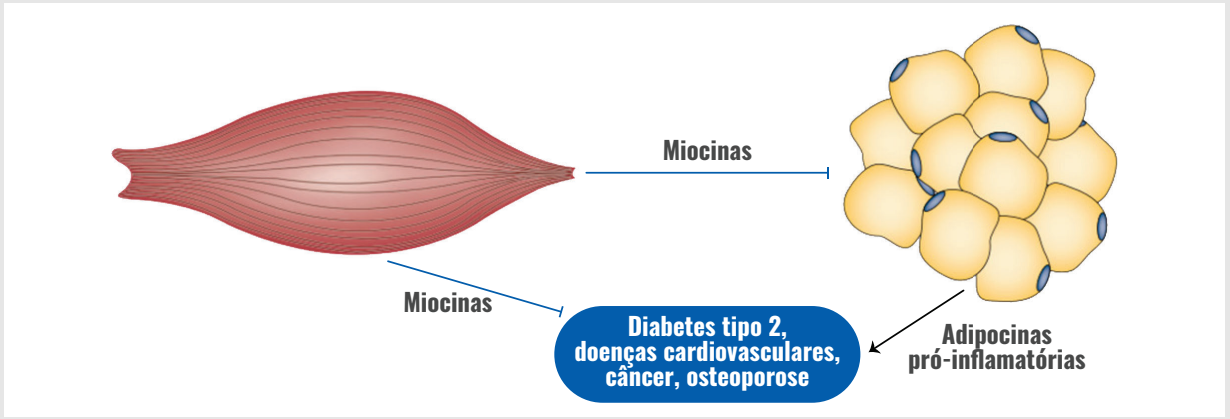


Figura 9. Interação entre adipocinas, produzidas pelos adipócitos que contribuem para estabelecer um ambiente inflamatório crônico que promove processos patológicos, e a produção de miocinas, pelos músculos esqueléticos que podem antagonizar os efeitos nocivos das adipocinas pró-inflamatórias. Adaptado de Pedersen e Febbraio [74].

Sarcopenia

A redução acentuada da massa e do desempenho muscular associada ao envelhecimento é uma síndrome geriátrica conhecida como sarcopenia [86]. O termo sarcopenia tem origem no grego e indica deficiência de massa muscular. Esse termo, foi inicialmente introduzido por Rosenberg [64] para indicar a redução da massa muscular em função da idade. A partir de então, várias definições foram propostas e passaram a incluir indicadores de força muscular e tarefas motoras [4, 16]. Esse avanço no entendimento de que a sarcopenia deveria ir além da massa muscular, se deu em virtude de várias evidências científicas indicarem que o desempenho muscular avaliado mediante testes específicos de força muscular e de funcionalidade são importantes preditores de equilíbrio, quedas, fraturas, agravamento da qualidade de vida, incapacidade física, risco e tempo de hospitalização e mortalidade precoce em idosos [87-91]. Desta forma, o desempenho muscular foi incorporado como um fator relevante e primário, gerando uma mudança no entendimento e definição da sarcopenia. A sarcopenia é definida de acordo com o Grupo de Trabalho Europeu sobre Sarcopenia em Pessoas Idosas (EWGSOP) como: "baixa força muscular em associação com a baixa massa muscular" [4].

Além do aumento do risco para o desenvolvimento da fragilidade e morbidade em idosos, a sarcopenia também aumenta o risco para a mortalidade precoce em idosos [4, 16]. Uma meta-análise [92] de estudos de coorte verificou a relação entre massa magra e mortalidade. Um total de 188 estudos com 98.468 sujeitos foram incluídos na meta-análise. Os resultados indicaram que a diminuição da massa magra é um preditor significativo de mortalidade por todas as causas em diferentes populações, independentemente das condições de saúde e modalidades de medição da massa magra. Em um estudo com 839 idosos brasileiros que foram acompanhados por quatro anos [93], foi observado que baixos níveis de massa muscular apendicular aumenta em aproximadamente 11 vezes o risco de mortalidade e em 14 vezes o risco de morte por doenças cardiovasculares. Por outro lado, um grupo de pesquisadores [94] analisou dados de estudos prospectivos e identificou que o aumento da massa magra pode refletir um risco 30% menor de mortalidade.

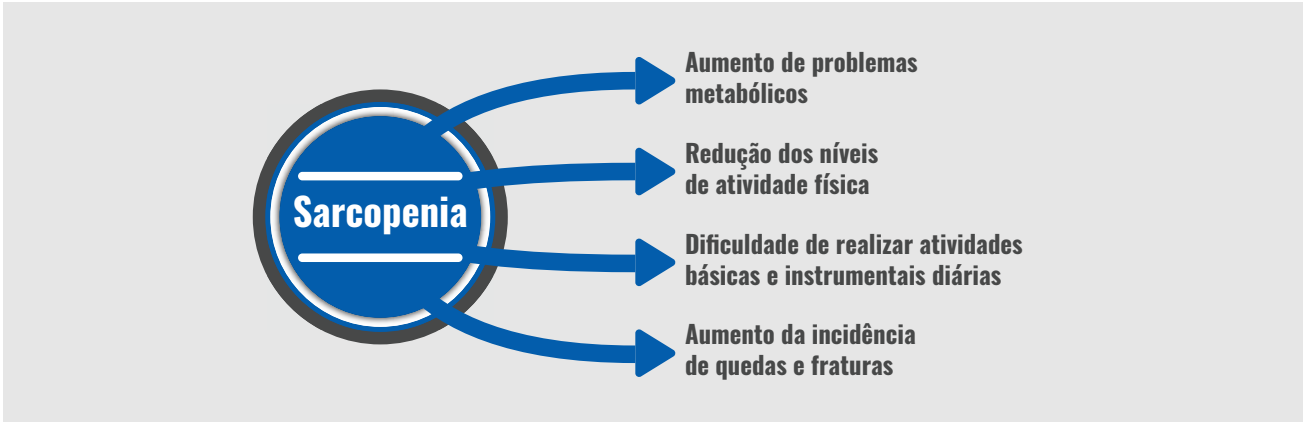


Figura 10. Problemas associados a sarcopenia.

A redução do desempenho muscular é algo inerente ao processo de envelhecimento, assim sendo, a sarcopenia induzida exclusivamente pelo avançar da idade, é considerada sarcopenia primária. Todavia, a perda muscular não se deve apenas a fatores relacionados à idade, mas também, a outros motivos que podem acelerar o processo. Dentre estes fatores, uma das principais causas é o nível de atividade física [39]. Estudos indicam que ser fisicamente ativo é um fator chave para a manutenção do desempenho muscular ao longo da vida, já que reduzidos níveis de atividade física, estão associados a um maior risco no que diz respeito ao desenvolvimento de sarcopenia [14, 95]. Aspectos nutricionais, com destaque para baixa ingestão proteica também contribuem para acelerar o processo de sarcopenia [4, 16, 96, 97]. Fatores como inflamação [4, 16], anabolismo reduzido ou aumento do catabolismo [98], resistência à insulina [99], redução da produção de hormônios anabólicos, a produção acentuada de citocinas inflamatórias [68] e de radicais livres que acentuam o catabolismo muscular, podem afetar o metabolismo proteico muscular e favorecer a sarcopenia.

A redução da massa muscular também está relacionada a vários outros problemas de saúde, tais como disfunções crônico-degenerativas [100], diabetes, osteoporose, artrite [101, 102], doenças cardíacas, câncer de colo, aumento da resistência periférica à insulina [103, 104], aumento da pressão arterial em repouso e do estado inflamatório basal do organismo [105]. Logo, é esperado a utilização de polifármacos em idosos [106]. Uma revisão recente concluiu que fármacos comuns como estatinas e antidiabéticos podem estar associados com o desenvolvimento da sarcopenia, [107] pois, podem afetar o metabolismo muscular. O estudo de Lee et al. [92] também observou maior razão de risco para baixa quantidade de massa muscular com a mortalidade em pacientes de câncer, doenças cardiovasculares, doenças hepáticas, doenças renais e doenças pulmonares. Portanto, não é surpreendente que a perda muscular excessiva seja um prognóstico para uma variedade de doenças que vão desde câncer, falência de órgãos e infecções, sendo considerada um importante preditor de longevidade em idosos [31, 32, 108].

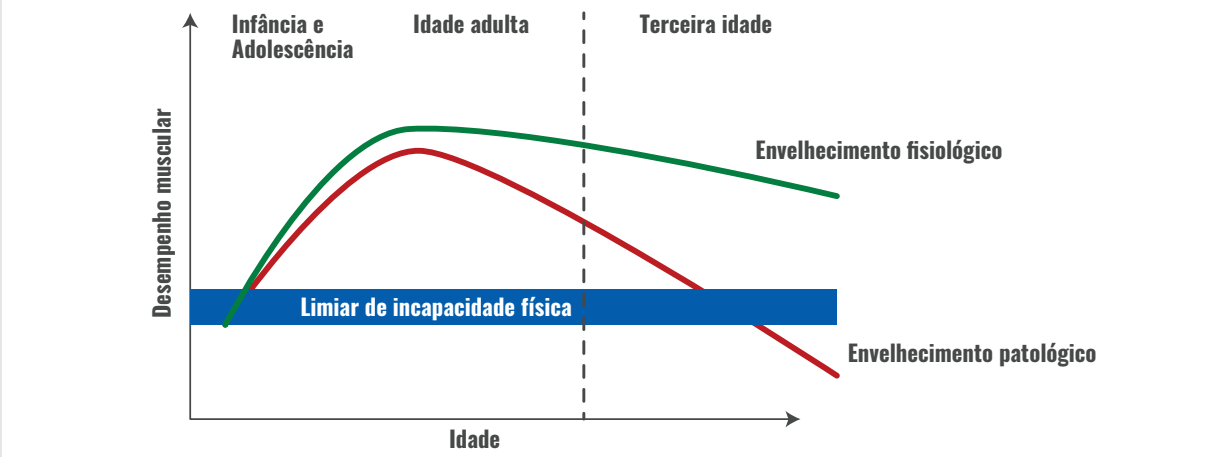


Figura 11. Redução fisiológica e patológica do desempenho muscular em função da idade.

Diagnóstico da sarcopenia

Inicialmente a massa muscular era utilizada como o fator primário para diagnóstico de sarcopenia. Nesse sentido, alguns pesquisadores estabeleceram pontos de corte baseados na massa muscular para diagnosticar a sarcopenia. Baumgartner et al. [109] em um estudo populacional incluindo 883 homens e mulheres, definiram pontos abaixo de dois desvios padrão de uma população de referência para o índice de massa muscular apendicular (massa muscular apendicular dividida pelo quadrado da estatura), que foi avaliada por densitometria radiológica de dupla energia (DEXA). Por sua vez, Janssen et al. [23] analisaram informações de 4.449 idosos para determinar pontos de corte da quantidade de massa muscular esquelética que estavam associadas ao risco de desenvolver incapacidade física. A incapacidade física foi avaliada por um questionário e o índice de massa muscular (massa muscular total dividida pelo quadrado da estatura) foi estimado utilizando bioimpedância elétrica.

O diagnóstico de sarcopenia é tema de debate e foi recentemente atualizado [4]. Uma das principais mudanças foi que o desempenho físico passou ter mais destaque e ser o primeiro componente de diagnóstico. Tal alteração se baseia em estudos que indicam uma forte associação das variáveis de desempenho físico como preditoras de incapacidade física e mortalidade [30, 47, 110-112]. Por exemplo, Menant et al. [90] verificaram que a força de membros inferiores foi tão eficaz para prever o equilíbrio, mobilidade funcional e as quedas nos idosos como medidas mais significativas da massa muscular. Schaap et al. [89] observaram que a baixa força muscular está associada ao declino funcional, e este resultado não foi observado para a baixa massa muscular. Além disso, dois estudos recentes do *Baltimore Longitudinal Study of Aging* demonstraram que a adiposidade corporal [113] e hiperglicemia crônica [114] estão associadas a qualidade e força muscular persistentemente mais baixas, respectivamente. Senechal et al. [115] observaram que o baixo nível de força muscular está associado ao aumento nas chances de síndrome metabólica em idosos.

Portanto, a força muscular passou a ter bastante destaque para diagnóstico de sarcopenia. Um ponto importante com relação a composição corporal é a validade dos métodos, pois a avaliação da massa muscular por métodos padrão ouro é menos acessível, assim, muitos estudos utilizam métodos indiretos com menor precisão. Estudos que utilizam métodos mais precisos tendem a encontrar associação entre mortalidade e os níveis de massa muscular [116, 117].

A força de preensão manual é uma medida bastante utilizada, por ser uma medida simples e preditora de quedas, fraturas, incapacidade física, risco de hospitalização e mortalidade [87-91]. Leong et al. [88], verificaram informações de 139.691 indivíduos e observaram que a força de preensão manual foi inversamente associada a mortalidade por todas as causas, inclusive sendo um melhor preditor de mortalidade por doenças cardiovasculares que a pressão arterial sistólica. A força de preensão manual está associada a um maior número de quedas, incapacidade física, agravamento da qualidade de vida, maior tempo de hospitalização e mortalidade [87]. Maiores níveis de força de preensão manual estão associados com redução de mortalidade (-28%), morte por doenças cardiovasculares (-16%) e incidência de incapacidade física (-24%). Os resultados indicam que a força de preensão manual é um indicador de saúde, mortalidade precoce e incapacidade física [91]. Portando a máxima força produzida pela preensão manual serve como um marcador geral de força.

Para muitos idosos, as tarefas diárias como subir escadas necessitam de esforço quase máximo de sua capacidade, fazendo que uma redução adicional torne-o incapaz de realizar tal tarefa. Com relação a função física, a bateria curta de desempenho físico (*Short Physical Performance Battery*, SPPB) é de fácil aplicação e compreende três testes [118].

Equilíbrio estático, velocidade de marcha, e se sentar e se levantar da cadeira. Cada teste é pontuado e resulta em uma pontuação final geral da SPPB.

Tabela 1 – Testes e pontos de corte para o diagnóstico da sarcopenia de acordo com o Grupo de Trabalho Europeu sobre sarcopenia em idosos [4].

	Homens	Mulheres
Baixa força muscular		
Preensão manual	<27 kg	<16 kg
Sentar-se e levantar da cadeira	>15 segundos para cinco repetições	
Baixa massa muscular		
Massa muscular apendicular	< 20 kg	< 15 kg
Índice de massa muscular apendicular	< 7 kg/m^2	< 5,5 kg/m^2
Baixa função muscular		
Marcha de 4 metros	≤ 0,8 m/s	
SPPB	≤ 8 pontos	
TUG	≥ 20 segundos	
Caminhada de 400 metros	≥ 6 minutos	

Notas: Bateria curta de desempenho físico (*Short Physical Performance Battery*).
TUG = Teste de sentar e caminhar cronometrado (*Time up and go test*)

No geral, a prevalência de sarcopenia é de aproximadamente 10% na população com mais de 60 anos. Todavia, o critério utilizado para diagnóstico afeta a prevalência de sarcopenia, que varia bastante, dependendo do ponto de corte utilizado [119]. Essa diferença nos pontos de corte de sarcopenia provoca uma heterogeneidade nas estimativas de prevalência da sarcopenia, podendo variar entre 0,5 e 13% [120]. Um estudo de revisão comparou [121] a atual recomendação do Grupo Europeu de Trabalho sobre Sarcopenia em Pessoas Idosas (EWGSOP2), [4] com a recomendação anterior (EWGSOP1)[122] para diagnóstico sobre a prevalência de sarcopenia e sua associação com desfechos desfavoráveis de saúde (risco de hospitalização ou mortalidade). Para tanto, nove estudos foram incluídos na revisão, e foi observado que a prevalência de sarcopenia foi de 17,7% pelo EWGSOP1 e 11% pelo EWGSOP2. Apenas cinco estudos avaliaram a associação entre a prevalência de sarcopenia (EWGSOP1 vs. EWGSOP2) e desfechos desfavoráveis de saúde, sendo que três estudos mostraram que o EWGSOP1 teve melhor associação com maior risco de hospitalização e/ou mortalidade. Portanto, a adição de novas variáveis e mais destaque as variáveis de desempenho físico diagnosticou menos pessoas com sarcopenia e apresentou ser inferior para predizer risco de hospitalização e/ou mortalidade. Vale destacar que a quantidade de estudos ainda é reduzida, sendo necessário mais estudos específicos sobre esse tema.

Portanto, o baixo nível de desempenho muscular é um problema de saúde pública, e estratégias que busquem aumentar os níveis de massa muscular são necessários. Nesse sentido, a seguir, serão abordados os efeitos benéficos do TR para a população idosa.

CAPÍTULO 2

BENEFÍCIOS DO TREINAMENTO RESISTIDO PARA A POPULAÇÃO IDOSA

O TR vem sendo amplamente recomendado para a população idosa, devido, sobretudo, aos inúmeros benefícios proporcionados sobre os diversos parâmetros de saúde, com destaque para a melhoria na aptidão neuromuscular, melhoria nos componentes da composição corporal e indicadores de saúde metabólica [123-125]. A seguir, serão apresentados alguns dos principais benefícios em indicadores de saúde induzidos pela prática regular do TR em indivíduos idosos.

Aptidão neuromuscular

O TR tem se mostrado uma importante modalidade de exercício físico para promover adaptações positivas no sistema neuromuscular em indivíduos idosos, sobretudo, por aumentar a massa e o desempenho muscular [123-126].

Um dos primeiros ensaios clínicos controlados e aleatorizados a investigar os efeitos do TR sobre a força muscular em idosos foi o de Hagberg et al. [127], no qual homens e mulheres de 70-79 anos realizaram TR ou exercícios aeróbios. Especificamente, o TR consistiu na realização de uma série de 8-12 repetições em 10 exercícios, com frequência de três sessões semanais durante 26 semanas. Os resultados indicaram que houve aumento da força muscular na magnitude de 9 e 18% na força de membro inferior e superior, respectivamente, somente no grupo que realizou TR. Provavelmente o estudo mais clássico sobre TR na população idosa foi o conduzido por Fiatarone et al. [128] que verificou os efeitos do TR em 10 idosos (seis mulheres e quatro homens) com idade entre 86-96 anos, sendo que oito tinham histórico de quedas e seis histórico de fraturas, além disso, sete indivíduos necessitavam de equipamento de auxílio para atividades diárias.

Os participantes treinaram três sessões semanais, três séries de cadeira extensora com oito repetições a 80% da força máxima. Os resultados revelaram ganhos de força de 174% e massa muscular de 9%, melhoria na velocidade de caminhada de 48%, dois participantes deixaram de usar bengala, e um, passou a levantar-se sem apoio. A partir dessa etapa, muitos estudos foram conduzidos indicando efeitos positivos do TR sobre a força e a massa muscular de idosos [129-132]. Recentemente a meta-análise de Grgic et al. [133] verificou os efeitos do TR sobre os ganhos de força e a hipertrofia muscular em indivíduos com idade igual ou superior a 75 anos.

O aumento de força reportado na literatura em idosos a partir do TR pode variar grandemente, a literatura apresenta efeitos que podem variar de 9 a 147% [124].Ademais,

os sujeitos que mais se beneficiam do efeito do TR sobre a força muscular são os mais fracos. Um estudo recente reportou que os melhores resultados para os ganhos de força promovidos pelo TR são observados nos mais fracos. Kassiano et al. [134] analisaram 113 mulheres idosas que realizaram oito exercícios resistidos, três vezes por semana, durante 12 semanas. A amostra foi inicialmente dividida pelo tercil de força classificando as idosas em grupos de baixa, moderada e alta força. Após o programa de treino, o grupo de baixa força teve maior ganho do que o grupo de maior força, e um considerado número de participantes mudou de categoria e avançou para a categoria seguinte. Ou seja, as mulheres idosas inicialmente caracterizadas como fracas (ocupantes do tercil inferior de força) atingiram um nível de força muscular superior e foram inseridas em uma categoria melhor (tercis médios ou superiores). A partir desses resultados, pode-se inferir que mulheres idosas ocupantes do tercil de menor força apresentam ganhos de força muscular mais significativos quando comparadas as mais fortes. Além disso, 12 semanas de TR parecem ser suficientes para elevar mulheres idosas anteriormente caracterizadas como "fracas" para uma categoria melhor. Possivelmente houve um "efeito teto" para as mais fortes que já estavam mais próximas do seu limiar máximo, logo tendo uma menor janela adaptativa.

O envelhecimento provoca atrofia e apoptose das fibras musculares, todavia, o TR promove o aumento da massa muscular. Esse aumento ocorre principalmente por hipertrofia muscular, que é o aumento fisiológico no tamanho da célula muscular. Aumentos de aproximadamente 20% na fibra de contração lenta e 30% nas de contração rápida podem ser observados após um período de intervenção com TR [135]. Aumentos em torno de 0,5 a 1,0 kg na massa livre de gordura são observados após períodos de TR, até nos idosos mais velhos [125, 136].

Embora exista uma correlação positiva entre a produção de força muscular e a musculatura esquelética muscular [128, 137], o aumento da força muscular induzida pelo TR ocorre em uma magnitude superior a resposta hipertrófica. Isso significa que o TR também promove melhoria da qualidade muscular [53, 112, 138-143].

Portanto, outros fatores além da quantidade de músculo, estão envolvidos na capacidade intrínseca de produção de força do músculo esquelético dos idosos. De forma geral, a correlação entre a força e a hipertrofia seria esperado, uma vez que, no processo de hipertrofia ocorre um acréscimo de unidades contráteis, logo, a capacidade de produzir força aumenta. Porém, os fatores que mais contribuem são as adaptações neurais como, por exemplo, o aumento no recrutamento de unidades motoras, aumento nas taxas em que os neurônios motores descarregam potenciais de ação (frequência de disparo), melhoria

na coordenação intermuscular, permitindo maior sincronia da ativação de músculos agonistas e sinergistas. Desse modo, considerando esses ajustes neurais, o aumento da força muscular pode, inclusive, ocorrer na ausência de hipertrofia muscular.

Outro componente da aptidão neuromuscular que tem um impacto vital na capacidade funcional e prevenção de quedas em idosos é a potência muscular [144]. A potência muscular é o produto da força e da velocidade do movimento, logo, será possível aumentar a potência tanto pelo aumento da velocidade do movimento e/ou mediante ao aumento da força produzida. Nesse sentido, a literatura científica tem apresentado que o TR é uma modalidade de exercício físico eficaz para promover aumento na potência muscular de idosos [144-148]. Por exemplo, a meta-análise de Straight et al. [147] teve como objetivo verificar os efeitos do TR sobre a potência muscular de membros inferiores de indivíduos de meia idade e idosos. Doze ensaios clínicos controlados e aleatorizados foram analisados, e os resultados indicaram que o TR apresentou efeito para melhorar a potência muscular. Os principais mecanismos responsáveis por esse aumento da potência muscular em idosos é devido as adaptações neurais, como melhoria da frequência de disparo, e também, por haver hipertrofia das fibras de contração rápida induzidas pelo TR [149].

Os programas de exercício físico orientados para a população idosa, devem ter como prioridade, a manutenção da autonomia funcional e independência física do indivíduo. [150]. Nesse sentido, o TR tem se mostrado eficaz para melhorar a capacidade funcional de idosos [151, 152], com melhoria na velocidade de caminhada, equilíbrio dinâmico, redução no risco de quedas, e melhorias na realização das atividades do dia a dia [153]. O efeito positivo do TR sobre a capacidade funcional de idosos ocorre principalmente porque a força muscular e a potência muscular são preditores de incapacidade física. Além disso, elevados níveis de força muscular, também ajudam a prevenir a incidência de osteoartrite [154] e na redução de dores lombares [155], o que pode resultar na melhoria do desempenho de tarefas diárias. Logo, o aumento de força e potência muscular induzidos pelo TR, resultam na manutenção e/ou melhoria da capacidade funcional de idosos.

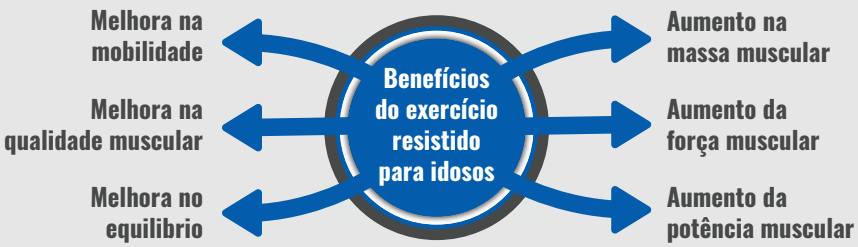


Figura 12. Benefícios neuromusculares para idosos praticantes de exercício resistido.

A prática regular do TR também promove a redução de adiposidade corporal em idosos [156-158]. Desse modo, existe a possibilidade de um concomitante aumento da massa muscular e redução na gordura corporal, fenômeno conhecido como recomposição corporal [159]. O aumento da massa muscular ocorre pela hipertrofia da fibra muscular, a partir de estímulos mecânicos, metabólicos e hormonais induzidos pelo exercício [160]. O processo de hipertrofia muscular envolve mecanismos que demandam energia [161], logo, é necessário que a energia adicional seja destinada para o crescimento muscular. Esse suprimento de energia, pode vir de fontes endógenas (tecido adiposo e reservas de glicogênio), e/ou diretamente de macronutrientes exógenos fornecidos pela dieta.

Por sua vez, o emagrecimento ocorre pelo princípio da termogênese, de modo que o gasto energético diário supere a ingestão energética diária. Nesse sentido, o TR contribui diretamente no emagrecimento pelo gasto energético da sessão de treino, que pode variar entre 70-200 kcal por sessão [162-164]. Adicionalmente ao gasto da sessão de treino, o TR também eleva a taxa metabólica de repouso em torno de 100 kcal/dia [164-166]. Portanto, o gasto calórico total estimado a partir do TR é um aumento de 200-300 kcal/dia [158].

Embora o TR seja eficaz para promover a redução na gordura corporal, o efeito é geralmente de baixa magnitude, já que apresenta redução modesta em torno de 0,5 kg de massa gorda e entre 1-2 pontos percentuais [167]. O principal fator para induzir o déficit calórico são os ajustes dietéticos. Contudo, o exercício físico, especialmente o TR, tem um papel muito importante no aumento ou preservação da massa muscular em períodos de déficit calórico [168, 169], assim, auxilia no processo, permitindo um emagrecimento mais saudável e sustentável a longo prazo. Além da redução dos estoques de gordura visceral e subcutânea, o TR também promove redução na gordura intramuscular [170] e do fígado[171].

Outro importante componente da composição corporal que é positivamente impactado pelo TR é a massa óssea [172]. O tecido ósseo é dinâmico e está em constante renovação, e as células que atuam nesse processo são denominadas de osteoblastos e osteoclastos. Os osteoclastos atuam na degradação e reabsorção dos ossos, os osteoblastos, por sua vez, induzem a síntese óssea. Essas células trabalham de forma complementar em equilíbrio, ou seja, dinâmica balanceada entre atividade de formação óssea pelos osteoblastos e reabsorção óssea pelos osteoclastos. Contudo, com o avançar da idade, o metabolismo de renovação de tecido ósseo é prejudicado, já que existe um desequilíbrio que se inclina a favor de maior atividade dos osteoclastos, de modo que, esse desequilíbrio entre a capacidade de síntese de componentes orgânicos da massa óssea fica com menor ação do que as células responsáveis pela remoção do tecido ósseo. Portanto, a

predominância da atividade dos osteoclastos, é um cenário que induz a predisposição para osteopenia e osteoporose, sobretudo nas mulheres pós menopáusicas, o que aumenta o risco para o desenvolvimento da síndrome da fragilidade e fraturas, especialmente de quadril, coluna e parte distal do antebraço [173, 174].

Por outro lado, o estímulo mecânico imposto pelos exercícios resistidos são importantes para estimular a síntese de massa óssea, auxiliando a atenuar o processo de perda de massa óssea, de forma geral, o TR aumenta em aproximadamente 1% a densidade mineral óssea de mulheres na pós menopausa [175], contudo, o saldo líquido pode ser ainda maior. Por exemplo, Nelson et al. [176] conduziu um estudo randomizado e controlado com duração de um ano de TR em mulheres na pós-menopausa. Os resultados demonstraram que houve um aumento médio de 1% na densidade mineral óssea do colo do fêmur e da coluna lombar, enquanto o grupo controle perdeu 2,5% e 1,8% nesses locais, respectivamente.

O mecanismo pelo qual o TR induz aumento na força e massa óssea é complexo, mas pelo menos em parte, pode ser explicado pela sobrecarga mecânica imposta nos ossos a partir da tração muscular. Essa ação de tração muscular, ativa uma cascata de eventos celulares, os quais estimulam fatores de crescimento que levam a formação óssea [174]. De forma geral, os ossos de indivíduos praticantes de TR tendem a ser mais densos e, portanto, mais mineralizados e mais fortes do que os de indivíduos sedentários de mesma idade e gênero.

Benefícios metabólicos

O processo de envelhecimento também está associado a alterações bioquímicas que guardam estreita relação com os fatores de risco à saúde, tais como aumento da resistência à insulina, dislipidemia e inflamação crônica de baixo grau. Essas alterações metabólicas acabam predispondo o indivíduo idoso a um maior risco para o desenvolvimento de algumas doenças crônicas não transmissíveis, com destaque para as doenças cardiovasculares, que são a principal causa de morbidade e mortalidade nesta faixa etária [177].

Com relação ao perfil glicêmico, estudos indicam que o TR ajuda a promover melhorias em indicadores como a glicose em jejum, hemoglobina glicada (HbA1c) e insulina em idosos que participaram de programas de TR [143, 178-184]. Alguns mecanismos fisiológicos, são sugeridos para o efeito do TR, sobre a redução dos níveis de glicose sanguínea. Provavelmente, o principal fator seja a melhoria na sensibilidade à insulina, que ocorre por meio de múltiplos mecanismos, incluindo melhoria qualitativa nas

propriedades metabólicas do músculo esquelético, como aumento da densidade do transportador GLUT4 e aumento do conteúdo/atividade da enzima glicogênio sintase [185]. Além disso, o exercício físico possui a capacidade de ativar a translocação do GLUT4 de forma independente da ação da insulina. Ainda vale mencionar, que a via glicolítica de produção de energia, é a fonte predominante nos exercícios resistidos [186]. Portanto, uma vez que tais efeitos podem auxiliar no controle da glicose sanguínea, o TR tem se mostrado uma estratégia interessante para auxiliar no controle e tratamento do diabetes [187, 188]. Além disso, o TR pode reduzir a dose da medicação prescrita para diabetes [189, 190], e reverter alguns dos efeitos negativos sobre a capacidade funcional e aptidão neuromuscular associados ao diabetes tipo 2 em idosos [178, 191].

Em relação ao perfil lipídico, este, inclui a medida da quantidade dos principais lipídios circulantes no plasma, como triglicérides, colesterol total e suas frações, conhecidas como lipoproteínas, que incluem a lipoproteína de alta densidade (HDL) e a lipoproteína de baixa densidade (LDL); e o TR também tem se mostrado eficaz para melhoria do perfil lipídico em idosos [143, 180, 181, 184]. Os mecanismos do efeito do TR no perfil lipídico, ainda não estão totalmente elucidados. Contudo, é razoável especular que os benefícios do TR sobre o perfil lipídico, podem estar relacionados, a um aumento da capacidade do músculo esquelético em utilizar gordura como fonte energética [192, 193]. Este efeito, também pode ser devido a alterações enzimáticas que regulam o metabolismo das lipoproteínas.

O envelhecimento está associado a diversas alterações estruturais e funcionais no sistema cardiovascular que promovem maior rigidez arterial [194] e função endotelial prejudicada [195], o que eleva ao aumento da prevalência da hipertensão arterial sistêmica em pessoas idosas [196]. A hipertensão arterial é considerada uma das principais causa para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e está fortemente relacionada a modificações metabólicas, funcionais e estruturais em órgãos específicos como o coração, rins e vasos sanguíneos. Para o controle e tratamento da hipertensão arterial, estratégias medicamentosas e não medicamentosas são utilizadas. Nesse sentido, o TR tem sido recomendado como complemento em uma estratégia abrangente de tratamento da hipertensão [197, 198]. Tal recomendação reside no fato de que existem evidências indicando o benefício do TR na redução nos níveis de pressão arterial de repouso [199-204].

Os mecanismos atuantes, para à redução na pressão arterial pela prática TR, ainda não são completamente compreendidos e parecem ser multifatoriais. Contudo, o efeito hipotensor do TR pode ser relacionado a reduções no débito cardíaco, bem como, na menor resistência vascular periférica. Com relação as melhorias na resistência

vascular periférica, estas, parecem estar especialmente relacionadas, a incrementos na biodisponibilidade de substâncias vasodilatadoras, como o óxido nítrico [200], que contribui para reduzir a rigidez arterial e, consequentemente, reduzir os níveis de pressão arterial. Contudo, o aumento de outras substâncias vasodilatadoras e/ou redução de substâncias vasoconstritoras, também podem estar relacionadas com a regulação da pressão arterial, sem mencionar a influência de outros fatores, como a modulação autonômica cardíaca e a sensibilidade barorreflexa [205].

Frente a esses benefícios metabólicos e hemodinâmicos, o TR promove a redução no risco de desenvolvimento de síndrome metabólica [179], e redução no risco cardiovascular [206, 207]. Além disso, mais recentemente, atenção especial tem sido dispensada ao papel da inflamação crônica de baixo grau no evento cardiovascular, uma vez que tanto o envelhecimento quanto o sedentarismo estão associados a produção endógena de citocinas pró-inflamatórias [208, 209], um fenômeno que acarreta estado inflamatório basal, sendo considerado um fator de risco independente para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares [210-213]. O estado de inflamação pode ser identificado pelas concentrações de proteína-C reativa no sangue [214], um biomarcador bastante utilizado para identificação de inflamação sistêmica e predição de doenças cardiovasculares e metabólicas [215-219]. Muitos estudos reportaram que o TR promove melhoria no perfil inflamatório, apresentando reduções nas citocinas pró-inflamatórias e na proteína-C reativa em idosos [105, 179-181, 210, 212, 220-225]. A contração muscular produz miocinas anti-inflamatórias que antagonizam as citocinas pró-inflamatórias, o que pode ajudar na melhoria do perfil inflamatório [84]. Além disso, alterações em alguns componentes da composição corporal, como gordura corporal e massa muscular esquelética, podem desempenhar um papel importante na mediação dos níveis inflamatórios, [105, 210, 212, 215, 222, 225], logo, o TR pode ter um efeito indireto na melhoria do perfil inflamatório a partir do impacto positivo na composição corporal de seus praticantes.

Não obstante, a prática regular do TR promove melhoria no estresse oxidativo [220, 226, 227], na integridade da membrana celular [53, 157, 220, 228-230], reduz sintomas de depressão e ansiedade [231], auxilia na função cognitiva [232] e propicia o aumento na atividade física no tempo livre [158]. Portanto, o TR pode ser considerado um *polypill*, ou seja, um fator que promove uma multiplicidade de benefícios em vários parâmetros da saúde. Desta forma, frente a esses inúmeros benefícios para a saúde, praticantes de TR possuem um reduzido risco de mortalidade precoce [233-235]. Portanto, os exercícios resistidos devem ser considerados de suma importância no que diz respeito a promover a saúde e qualidade de vida de idosos.

Todavia, apesar dos diversos benefícios e um baixo custo, a prevalência de participação dos idosos em programas de TR ainda é baixa [236-238] e infelizmente a maioria dos idosos não atendem as recomendações mínimas para atividades de fortalecimento muscular [239]. Por exemplo, Bennie et al. [236] em uma amostra de quase 200.000 participantes, evidenciou que a participação de pessoas acima de 50 anos de idade em exercícios de fortalecimento, é menor, em comparação as demais faixas etárias, ficando em torno de cinco por cento.

CAPÍTULO 3

PRESCRIÇÃO DO TREINAMENTO RESISTIDO

Esse capítulo apresentará as informações sobre prescrição do TR utilizando uma abordagem de prática baseada em evidências. Para tanto, foram coletadas evidências científicas sobre o tema para desenvolver as recomendações que atendam às necessidades específicas e aos objetivos da população idosa.

Princípios biológicos aplicados a prescrição do exercício resistido

O conhecimento dos princípios que norteiam e fundamentam a prescrição do TR se faz necessário para uma prescrição adequada do programa de exercício físico. Nesse sentido, a seguir, serão apresentadas informações sobre os princípios biológicos fundamentais do TR.

Princípio da sobrecarga

O sistema biológico sofre adaptação ao ser exposto a um estímulo superior àquele que já está habituado, esse estímulo é o que se denomina de sobrecarga. Dessa forma, a partir de uma sobrecarga que coloque um estresse no organismo acima de seu estado de equilíbrio atual, haverá uma assimilação compensatória e o organismo, então, se adaptará a demanda imposta, buscando adequar o organismo para adaptá-lo a um novo estado de organização.

Especificamente no TR, durante a sessão de treino, o sistema neuromuscular será exposto a estímulos tensionais e metabólicos que proporcionarão a ativação de mecanismos para adaptação. Após o exercício físico, durante a recuperação haverá uma recomposição das energias depletadas e o aumento da síntese proteica, acima da condição anterior ao exercício. Isso induzirá a alterações estruturais na musculatura esquelética como hipertrofia das fibras musculares, maior eficiência neural, e aumento das reservas energéticas. No entanto, vale ressaltar que tanto um período de repouso quanto uma alimentação adequada serão fatores importantes para promover as adaptações musculares.

A partir dessas adaptações, será necessária uma nova sobrecarga para possibilitar nova melhoria no desempenho. Logo, a aplicação de sobrecargas progressivas será importante para adaptações a longo prazo. A manipulação de variáveis agudas de treino como a carga de treino, quantidade de séries e repetições, intervalos de recuperação,

velocidade de execução, dentre outros, poderão serem utilizadas para gerar sobrecarga progressiva ao longo do programa de treinamento.

Individualidade

O princípio da individualidade biológica está relacionado a magnitude das adaptações induzidas pelo treinamento, no qual cada indivíduo apresentará um determinado grau de adaptação frente a um estímulo aplicado. Desta forma, mesmo quando submetidos a um protocolo de treinamento similar, poderá haver adaptações de diferentes magnitudes entre os indivíduos. Por exemplo, em um treinamento visando hipertrofia muscular, é esperado que todos os indivíduos aumentem a massa muscular, entretanto, a magnitude da hipertrofia muscular induzida pelo TR será diferente entre os sujeitos. Alguns indivíduos poderão alcançar ganhos extremamente acima da média, enquanto outros, poderão apresentar ganhos relativamente baixos, quando comparados com a média. Portanto, o princípio da individualidade biológica explica a grande variabilidade em termos de responsividade entre os sujeitos.

A responsividade será determinada, sobretudo, por fatores genéticos que estão associados aos mecanismos hipertróficos. O principal mecanismo para hipertrofia muscular, ocorre mediante a ativação das células satélites e sua diferenciação em mionúcleos. Nesse sentido, o estudo de Petrella et al. [240] reportou que a magnitude da hipertrofia muscular foi fortemente associada a mediação das células satélites, após 16 semanas de treinamento, no qual os sujeitos mais responsivos a hipertrofia muscular foram os que tinham mais células satélites no momento pré-treinamento. Sugerindo maior potencial basal para adição de mionúcleos. Além disso, as células satélites aumentaram mais no grupo de maior responsividade (117%). Portanto, baseado nesses achados, pode-se concluir que a disponibilidade de células satélites no músculo parece ser um fator determinante e de grande relevância do potencial hipertrófico.

O tipo de fibras musculares também pode afetar a magnitude dos ganhos, uma vez que as fibras mais responsivas ao TR são as fibras de contração rápida [149]. Logo, aqueles praticantes com maior quantidade relativa de fibras de contração rápida, poderão alcançar maiores magnitudes de hipertrofia. Além disso, questões relacionadas ao crescimento e a inibição de crescimento, também poderão impactar no grau de hipertrofia muscular. Além de outros fatores, tais como, a síntese e a densidade ribossomal [241, 242] também podem afetar os ganhos hipertróficos.

Um tema que em geral é pouco debatido na indústria do fitness, é a existência de indivíduos que não demonstram adaptações ao TR para algum desfecho específico.

Estudos científicos, indicam a existência de indivíduos não responsivos. Por exemplo, um estudo [243] em que adultos jovens (20-35 anos) e idosos (60-75 anos) de ambos os sexos treinaram por 16 semanas, reportou que para hipertrofia do quadríceps, 25% dos sujeitos apresentaram alta responsividade, 50% foram respondedores moderados e 25% foram não responsivos.

Em estudo conduzido pelo nosso laboratório, Nunes et al. [244] analisaram a responsividade de mulheres idosas ao ganho de massa muscular após 12 semanas de TR e, também, se o grupo de idosas não responsivas após esse período poderia ganhar massa muscular com aumento do volume semanal de treinamento ao longo de mais 12 semanas adicionais de treinamento resistido. Para tanto, 39 mulheres (idade ≥ 60 anos) completaram 24 semanas de treinamento resistido, incluindo oito exercícios realizados de 2-3 vezes por semana, sendo que na primeira etapa do experimento foi executada uma série por exercício, enquanto na segunda fase foram realizadas duas séries por exercício. A massa muscular esquelética foi estimada pela densitometria radiológica de dupla energia, e o valor de corte para responsividade foi definido em duas vezes o erro padrão da medição. Logo, as participantes foram consideradas responsivas quando excederam esse valor de corte após as primeiras 12 semanas, enquanto o grupo não responsivo foi aquele que não conseguiu atingir o ponto de corte. Após a primeira etapa, 17 mulheres foram consideradas responsivas, e após a segunda etapa, todas essas continuaram a ganhar massa muscular. Por outro lado, das 22 mulheres que foram não responsivas durante a primeira etapa, apenas três, conseguiram obter ganhos de massa muscular acima do ponto de corte após as 12 semanas adicionais, enquanto as demais não responsivas mantiveram ou apresentaram reduções na massa muscular esquelética com o aumento do volume. Sendo assim, os resultados deste estudo sugerem que a responsividade parece estar mais associada a fatores intrínsecos do que a manipulação do volume de treino.

Embora os mecanismos relacionados a não responsividade no TR, observada em alguns indivíduos ainda não estejam totalmente elucidados, alguns fatores podem afetar, como por exemplo, o tempo de treino e o tipo de instrumento utilizado para realizar a avaliação. Um estudo interessante conduzido em idosos [245] , demonstrou que indivíduos que não tiveram respostas positivas com treinamento após 12 semanas, apresentaram adaptações positivas no período de 24 semanas. Além disso, todos os participantes foram submetidos a cinco testes diferentes para força, hipertrofia e funcionalidade, e todos os participantes demonstram respostas positivas em pelo menos um dos testes.

Dessa forma, uma questão importante para a prática, é como lidar com os não responsivos ao treinamento. Primeiramente, será necessário identificar a responsividade

do praticante para algum desfecho a partir de avaliações específicas. Contudo, é importante que se utilize mais de um parâmetro de monitoramento, pois, pode ser que para um teste seja não responsivo, porém, obtenha adaptação em outro, ou seja, aumentar o número de parâmetros analisados reduz a prevalência de não-respondedores ao exercício físico. Assim sendo, caso exista a identificação de algum não responsivo, alguns estudos indicam que a manipulação das variáveis de treino como volume e intensidade pode afetar a responsividade em sujeitos com baixa responsividade [246, 247]. Nesse sentido, um pouco de experimentação prática e monitoramento serão necessários para identificar se há uma melhor manipulação das variáveis de treino para o indivíduo.

Treinabilidade

As respostas adaptativas ao TR são dependentes do nível de treinamento do praticante, no qual os indivíduos iniciantes possuem uma ampla janela de adaptação, sendo mais responsivos ao programa de TR, por outro lado, indivíduos mais treinados terão mais dificuldade para obter novas adaptações [248, 249], ou seja, quanto mais treinado for um indivíduo, menos sensível ele se torna para alcançar uma nova adaptação. Desta forma, nos estágios iniciais do treinamento, haverá maiores ganhos, e esta evolução se tornará mais lenta à medida que o indivíduo atinge níveis de performances cada vez maiores.

Considerando que o iniciante tende a responder mais favoravelmente ao estímulo, um treino mais básico poderá ser suficiente para promover adaptações satisfatórias. Entretanto, à medida que o praticante for se tornando mais treinado, será necessário um treino mais específico e preciso para continuar promovendo ganhos evitando o estabelecimento de um platô de adaptações. Nesse sentido, estratégias de progressão de treinamento, podem ser ferramentas interessantes para auxiliar os praticantes mais experientes para limitar o platô de adaptação.

Continuidade / Reversibilidade

Para que as adaptações induzidas pelo TR sejam mantidas, será necessário que o estímulo seja fornecido continuamente, caso o sujeito interrompa o treinamento, haverá uma redução gradativa dos ganhos. A interrupção do programa de TR levará a um cenário de destreinamento, que poderá ocorrer de forma planejada, como em um programa de treino periodizado, ou sem planejamento da interrupção devido a diferentes fatores. Assim, um estímulo mínimo de manutenção deverá ser aplicado para que não haja reversão dos ganhos obtidos [250].

O destreinamento a curto prazo seguido de retreino terá pouco impacto no resultado final em termos de força e hipertrofia muscular [251], permitindo retornar rapidamente aos mesmos níveis com o retreinamento, após curto período de destreinamento. Além disso, após breves e moderados períodos de destreinamento, os praticantes ainda apresentarão resultados superiores em comparação ao início do treinamento. Todavia, o destreinamento de médio a longo prazo poderá induzir reduções mais acentuadas na força e massa muscular.

Especificidade

Algumas adaptações no sistema neuromuscular, mediante a prática de TR, ocorrerão de acordo com a demanda específica imposta. Por exemplo, com relação aos ganhos de força muscular, existe um condicionamento contínuo específico, no qual a carga utilizada no treino promoverá adaptações específicas.

Adaptações específicas também ocorrerão de acordo com a velocidade de execução do movimento, no qual o TR produzirá maiores ganhos de potência muscular quando os movimentos forem executados com maior velocidade em comparação a movimentos intencionalmente lentos [252]. Ganhos específicos também serão observados tanto quanto a ação muscular envolvida, no qual os ganhos de força serão específicos da ação muscular empregada. Por exemplo, um treinamento dinâmico irá promover maior ganho de força dinâmica em comparação a força isométrica, e vice-versa. Isso ocorre devido as adaptações neurais específicas, que resultam na capacidade de recrutar os músculos de forma mais eficiente para um determinado tipo de ação muscular.

Além disso, a especificidade também está relacionada aos grupos musculares envolvidos, ao ângulo articular do exercício, e a fonte energética predominante. O programa de treinamento promoverá maiores adaptações nos sistemas metabólicos fornecedores de energia que são predominantes durante o exercício. Via de regra, a fonte energética predominante no TR é o sistema anaeróbico, porém, a manipulação das variáveis que compõem a sessão de treino, pode ser realizada para permitir maior predominância de uma ou de outra fonte energética.

Interdependência entre volume e intensidade

O volume e a intensidade são duas importantes variáveis de manipulação de treinamento que estão fortemente associadas. O aumento do volume tenderá a provocar redução na intensidade e vice-versa. Por exemplo, para se trabalhar com cargas elevadas, poucas repetições serão possíveis de serem realizadas, por outro lado, para se treinar com alto volume de repetições, cargas moderadas e baixas serão utilizadas.

Dessa forma, o equilíbrio entre essas variáveis deverá ser analisado e planejado de acordo com os objetivos e necessidades do praticante. Especificamente, sobre os estímulos proporcionados pelo TR, a manipulação de volume e intensidade pode impactar fatores relacionados às adaptações neuromusculares como: o metabolismo energético, o recrutamento de unidades motoras, a liberação de hormônios, dentre outros. A intensidade de carga elevada permite maior ativação muscular, por outro lado, irá permitir menor acúmulo de metabólitos e pouco tempo sob tensão, ao passo que, o maior volume, com cargas leves, irá permitir um maior acúmulo de metabólitos, porém, uma menor ativação muscular.

Prescrição do treinamento resistido

As variáveis agudas de treino são os elementos utilizados para prescrição da sessão de treino. As adaptações promovidas pelo TR, são dependentes da forma como são manipuladas as variáveis de treino. Portanto, é importante o conhecimento das variáveis que podem impactar as adaptações musculares promovidas pelo TR. A seguir, as principais variáveis agudas de treino serão abordadas de forma mais específica.

Intensidade

A intensidade dos exercícios está relacionada ao nível de força alcançado pelo praticante. Via de regra, a intensidade é expressa pela carga externa utilizada, dessa forma, também é conhecida como intensidade de carga ou intensidade externa. Em termos relativos, a intensidade de carga pode ser ajustada pelo percentual dá força máxima, que é mensurada no teste de uma repetição máxima (1RM), ou relativa à quantidade de quilos que pode ser mobilizado em uma determinada zona de repetições, como, por exemplo, um peso relativo a realização de 8-12 repetições máximas.

Percentual da força máxima	Zona de repetições máximas	Percentual da força máxima
Alta intensidade	1-6RM	81-100%
Moderada intensidade	8-15RM	60-80%
Baixa intensidade	>15RM	<60%

Os efeitos agudos e crônicos da intensidade de carga tem sido uma temática bastante investigada. De forma aguda, é reportado que essa variável pode influenciar o metabolismo energético [253], as respostas hemodinâmicas [254], a síntese proteica muscular [255, 256], o recrutamento de unidades motoras [257], a percepção de esforço [258-260], e as sensações de prazer do exercício [260, 261]. Todavia, a prescrição do exercício físico deve se pautar, principalmente, nos achados de ensaios clínicos aleatorizados que investigaram os efeitos crônicos de diferentes intensidades de treino.

Especificamente os estudos com idosos, indicam a existência de um contínuo de adaptações sobre as manifestações de força muscular de acordo com a intensidade imposta, no qual a intensidade elevada promove maiores ganhos de força máxima em comparação a intensidades mais baixas [130, 131, 262, 263], até mesmo em idosos frágeis [264]. Em um estudo de meta-análise Csapo e Alegre [265] realizaram uma análise dicotômica entre carga alta e carga baixa, no qual a intensidade alta foi considerada com intervenções que progredia até 80% de 1RM ou mais, enquanto intervenções que utilizaram 60% de 1RM ou menos, foram consideradas como baixa intensidade, assim, a média observada foi de ~44% e ~80% de 1RM para cargas baixas e altas, respectivamente. Os resultados indicaram que o ganho de força, e hipertrofia tenderam a serem superiores com maior intensidade de carga.

Na tentativa de identificar a relação de dose-resposta entre diferentes intensidades e adaptações musculares em idosos, Borde et al. [263] realizaram uma meta-análise incluindo 25 estudos, e observaram que intensidades moderada progredindo até 70-79% de 1RM, promoveram maiores efeitos nos ganhos de força muscular. Portanto, embora exista uma adaptação específica obedecendo um contínuo de adaptações entre a carga imposta e o ganho de força muscular, isso vai até certo ponto em idosos, e a partir de então, maiores intensidades não promovem efeitos aditivos nos ganhos de força. Logo, não são necessárias cargas próximas da máxima, para otimizar os ganhos de força em idosos.

Com relação as respostas hipertróficas, a comparação indicou que intensidades moderadas (51-69% 1RM) promoveram os maiores efeitos [263]. É importante destacar, que a literatura vem reportando com bastante consistência que o volume total de treinamento parece ser uma variável muito associada aos ganhos de massa muscular, ao contrário dos ganhos de força que estão mais associados a carga de treino [266, 267]. A meta-análise de Csapo e Alegre [265] observou uma tendência para a hipertrofia com cargas mais elevadas, mas essa diferença entre as intensidades, desapareceu, quando o volume total foi equalizado entre as condições. Baseando-se nesses achados, parece que realizar séries com cargas moderadas, pode ser uma interação interessante para otimizar os ganhos de força e massa muscular em idosos.

Além disso, a recém meta-análise de Straight et al. [64], que inclui 35 experimentos, investigou os efeitos do TR nas adaptações musculares em sujeitos com idade variáveis entre 59-89 anos. Os principais achados, indicam que o treinamento induziu o aumento nas fibras do tipo I e do tipo II, com maior magnitude de aumento para as fibras do tipo II em comparação as do tipo I. Entretanto, a elevada intensidade de carga foi associada com menor aumento nas fibras do tipo II. Isso sugere que idosos tem maior dificuldade em lidar com cargas elevadas, atenuando o estímulo imposto ao músculo.

O efeito da carga de treino sobre a qualidade muscular foi investigado no estudo de Ribeiro et al. [141] que comparou cargas relativas a 10RM, versus cargas relativas a 15RM, em mulheres idosas, e os resultados indicaram que não houve diferença entre as condições, logo, cargas variando entre 10-15RM podem ser utilizadas para otimizar a qualidade muscular. Com relação a massa óssea, Kerr et al. [268] relataram um aumento somente no grupo que treinou com carga referente a 8RM, mas não no regime de treino que utilizou cargas baixas, e um alto número de repetições (20 RM), em mulheres na pós-menopausa. Sugerindo, dessa forma, que um estresse mecânico muito baixo provocado pela carga mais leve não foi suficiente para alcançar um limiar mínimo para promover efeito positivo sobre a massa óssea.

Uma outra questão importante, relacionada a carga de treino, é se a variação da carga poderia induzir melhores repostas, devido a maior variação dos estímulos. Nesse sentido, De Freitas et al. [269] verificaram os efeitos de variação da carga a partir do modelo de periodização linear na força e massa muscular em mulheres idosas e sarcopênicas. Um grupo realizou o modelo linear com quatro mesociclos de quatro semanas cada. A carga foi aumentada a cada mesociclo, sendo o primeiro mesociclo realizado com uma carga de 12-15 RM, seguindo para 10RM no segundo mesociclo, 8RM no terceiro e 5RM no quarto mesocilco. Ao passo que o grupo realizou as 16 semanas com a carga relativa para 12-15RM. Os resultados indicaram que não houve diferença entre os grupos para o ganho de força e de massa muscular.

Além da variação ao longo de blocos semanais, a carga também pode ser variada entre as séries de um mesmo exercício, como por exemplo no método de treino piramidal. Nesse sentido, Ribeiro et al. [270]. comparou os efeitos do treino piramidal, versus tradicional, de prescrição da carga na força e massa muscular de mulheres idosas. No grupo piramidal, as participantes realizaram a primeira série com carga para 12RM, a segunda com carga de 10RM e a terceira com carga de 8RM. Enquanto o grupo tradicional executava as três séries com intensidade relativa para 8-12RM. Os resultados indicaram que ambos os grupos aumentaram de forma similar a força e a massa muscular, concluindo que a variação da carga entre as séries não promoveu efeito adicional. Entretanto, a amplitude da variação da carga entre a primeira e a última série foi muito pequena no grupo piramidal, o que pode não ter sido suficiente para induzir estímulos diferentes para promover ganhos adicionais. Posteriormente, em outro estudo, Dos Santos et al. [271] verificaram o efeito do método pirâmide com maior amplitude de variação da carga entre as séries, sendo a primeira executada com carga para 15RM, a segunda com carga de 10RM e a terceira com carga de 5RM. Após o período de intervenção, foi observado que essa estratégia induziu um maior aumento da massa muscular em comparação à

pirâmide com menor amplitude de variação. Isso indica um potencial benefício para o treinamento com utilização de maior variação de carga. Os mecanismos exatos para explicar tais achados ainda não estão claros, porém, a variação da carga pode ter otimizado os estímulos mediadores de hipertrofia muscular.

A carga de treino também poderá afetar sensações de prazer e desprazer da sessão de treinamento em idosos. Pereira et al. [272] observou que executar séries até a falha, com carga moderada (8RM), pode resultar uma maior sensação de prazer em comparação a carga leve (25RM) e pesada (3RM). Diante dessas informações, e considerando que as sensações de prazer e desprazer reportadas durante o exercício físico poderão influenciar a aderência do praticante [273-275], a utilização de cargas moderadas parece ser mais recomendada.

Em resumo, as evidências apresentadas até o momento, sugerem que a intensidade moderada parece ser uma interessante via para promover a interação entre os ganhos de força e massa muscular. Mas vale destacar, que intensidades mínimas (20% 1RM), já podem promover melhorias modestas nos níveis de força de idosos [276]. A tomada de decisão também deve levar em consideração a condição articular do idoso.

Séries até a falha

A intensidade dos exercícios também pode ser determinada pelo esforço do praticante, sendo conhecido como intensidade de esforço ou carga interna. Uma forma de determinar esse tipo de esforço é se a série é realizada até a falha muscular, ou o quão próximo ficou da falha muscular. Com relação a falha muscular, podemos distingui-la entre três tipos: 1) Falha muscular momentânea: que é quando o praticante realmente falha na última repetição da série, ou seja, tenta realizar mais uma repetição, mas não consegue completar o movimento. 2) Falha voluntária: nesse caso, o praticante interrompe voluntariamente a série porque estava muito difícil, mas não observa-se uma repetição incompleta. 3) Falha técnica: o praticante até consegue executar mais uma repetição, mas a técnica do movimento não é mais mantida de forma adequada.

Os estudos indicam que realizar as séries até a falha não é necessário por não promover adaptações fisiológicas adicionais em idosos [277, 278]. Em geral, em torno de 70-80% do número máximo de repetições que seriam possíveis de serem realizadas em boa técnica, é suficiente para provocar melhorias neuromusculares, evitando execução inadequadas dos movimentos e lesões [279]. Logo, para uma carga de 10RM, a realização de 7-8 repetições já será suficiente para promover adaptações desejadas.

De forma prática, para exemplificar, basicamente o praticante colocaria 20 kg em um exercício, realizaria apenas 10 repetições, e ao tentar a 11ª repetição, ele não conseguiria completá-la. Dessa forma, a série passa a ser considerada até a falha muscular momentânea concêntrica. Agora, digamos que sejam executadas oito repetições com o mesmo peso, ou seja, ainda poderia ter executado mais uma ou duas repetições com boa técnica. Este é um exemplo de treinar até quase a falha e ter repetições de reserva. Especificamente nesse exemplo, o praticante teria duas repetições de reserva, já que poderia ter realizado mais duas repetições.

A prescrição da carga a partir de repetições de reserva é uma abordagem emergente no TR. Nesse sentido, pode ser muito útil ensinar o praticante a estimar as repetições de reserva. Por exemplo, se ao final da série o praticante reportar "zero", quando perguntado quantas repetições adicionais ainda poderia ter executado, significa que realizou sua última repetição da série no esforço máximo e não conseguiria mais nenhuma repetição. Se reportar "um", significa que poderia executar todas as repetições possíveis, exceto aquela que acha que seria a última. Se reportar "dois", significa que teria duas repetições de reserva antes da falha, e assim por diante. Nessa abordagem de repetições de reserva, os participantes irão finalizar a série com base em sua previsão das repetições que ainda seriam possíveis de serem realizadas antes da falha muscular.

Embora essa abordagem seja bastante promissora, uma etapa importante em seu desenvolvimento, é determinar o quão precisos os participantes são em suas previsões. Ou seja, qual é a diferença entre o número previsto e real de repetições restantes para a falha da tarefa, que idealmente deve ser o menor possível. No geral, os praticantes conseguem ter uma boa capacidade de predição de quantas repetições conseguiriam realizar antes da falha, e quando existe erro nessa estimativa, é em torno de duas repetições [280, 281]. E esse baixo grau de imprecisão, provavelmente não irá afetar as adaptações promovidas pelo treinamento. A precisão da estimativa das repetições de reserva diminui em séries com baixa carga e elevado número de repetições, e quando o praticante interrompe a série ainda muito longe da falha momentânea, dessa forma, quando muitas repetições de reserva são estimadas, resultará em erros maiores.

Buskard et al. [282] verificou os efeitos de quatro abordagens para a determinação e progressão da carga de treino em idosos, sendo o percentual de 1RM, zona de repetições, repetições de reserva e escala de percepção de esforço. Especificamente os participantes do grupo de repetições de reserva treinaram com carga para 8RM, mas com uma repetição de reserva. Portanto, eram orientados a interromper a série ao perceberem que só seriam capazes de realizar mais uma repetição, ou seja, quando sentissem que

teriam apenas uma repetição de reserva. Dessa forma, os participantes foram instruídos a finalizar cada série quando completassem sete repetições ou quando sentissem que havia apenas uma repetição de reserva (o que ocorrer primeiro), eliminando assim a possibilidade de treinar até o ponto de falha muscular. Logo, quando executavam sete repetições, mas indicavam duas repetições de reserva, havia um ajuste de carga para preservar a intensidade relativa ao longo do experimento. Os resultados para os ganhos de força muscular e melhoria em testes funcionais, foram semelhantes entre todas as condições, sugerindo, que as repetições de reserva podem ser uma estratégia simples e útil para determinar e progredir a carga de treino em idosos.

Velocidade do movimento

A velocidade do movimento é uma variável que pode afetar de forma aguda outras variáveis de treino e promover algumas adaptações distintas [283]. Em termos gerais, existem dois tipos de controle da velocidade do movimento durante os exercícios: o controle voluntário e o controle involuntário. No controle voluntário, o praticante tem a capacidade de decidir realizar o movimento mais rápido ou mais lento. Já no controle involuntário, o praticante não consegue controlar a velocidade do movimento.

Basicamente, dois fatores afetam o controle involuntário da velocidade, a intensidade da carga e a fadiga acumulada. Cargas mais pesadas reduzem a velocidade do movimento, assim, quanto mais próxima a carga estiver da força máxima da pessoa, mais lenta será a ação concêntrica, mesmo quando a intenção é mover o peso o mais rápido possível, pois, não é possível realizar movimento com máxima velocidade com cargas elevadas. A manifestação de fadiga também é um fator que afeta a velocidade do movimento; o início da fadiga faz com que a velocidade diminua devido à incapacidade das fibras musculares de manter a produção de força, sendo a principal responsável por um movimento mais lento nas últimas repetições de uma série. Dessa forma, a capacidade de realizar o movimento rápido é reduzida, até mesmo com a utilização de cargas muito leves, quando as repetições se aproximam da falha muscular. Deste modo, o controle intencional da velocidade do movimento só é possível até certo ponto. De forma geral, a utilização de cargas moderadas e leves permite que praticantes consigam variar a cadência durante a fase concêntrica sem o estabelecimento da fadiga muscular.

Velocidade do movimento e hipertrofia

Com relação a hipertrofia muscular e velocidade da ação concêntrica, as evidências existentes até o momento, ainda não são suficientes para indicar uma clara influência do ritmo da fase concêntrica no aumento da massa muscular [283,284]. Entretanto, Schoenfeld et al.

[284] conduziram uma meta-análise para verificar a influência da velocidade do movimento sobre a hipertrofia muscular e observou uma tendência para menor hipertrofia com redução acentuada da velocidade concêntrica. Porém, é importante destacar que essa meta-análise incluiu poucos estudos (oito), com muitas diferenças metodológicas entre eles. Especificamente em indivíduos com idade elevada, a meta-análise de Orssatto et al. [285] reportaram que o treino com alta velocidade concêntrica pode promover hipertrofia similar ao treino tradicional de moderada velocidade em idosos.

Diferentemente da fase concêntrica, existem evidências mais consistentes que a velocidade da fase excêntrica pode afetar a hipertrofia muscular. Nesse sentido, os estudos indicam que reduzir a velocidade na fase excêntrica parece favorecer maior hipertrofia, contudo, para um trabalho mais eficiente na fase excêntrica, será necessário desacelerar o movimento, e uma duração em torno de 2-4 segundos já parece ser suficiente para produzir os melhores resultados em termos de hipertrofia muscular [286-288]. Portanto, parece que o mais favorável é uma combinação de movimento mais lento na fase excêntrica com um movimento mais rápido durante a fase concêntrica.

Com relação a velocidade de cada repetição, Martins-Costa et al. [289] investigaram os efeitos de dois protocolos de treino com diferentes velocidades, mas com o tempo total sob tensão equalizado na hipertrofia e força muscular, no qual um grupo realizou 12 repetições, com três segundos de duração cada repetição, enquanto outro grupo, realizou seis repetições com duração de seis segundos cada repetição. Dessa forma, ambos os grupos totalizaram 36 segundos por série. Após 10 semanas de intervenção, a estatística probabilística (valor de *p*) não indicou diferença significante entre os grupos. Entretanto, considerando a análise do tamanho do efeito, os resultados sugerem uma pequena vantagem para maior velocidade na hipertrofia muscular. Além disso, na análise individual, foi observado um menor percentual de indivíduos responsivos no grupo de repetições mais lentas, indicando uma resposta mais heterogênea para esse grupo, provavelmente por ser mais difícil manter as repetições em cadências muito lenta. A meta-análise de Schoenfeld et al. [284] indicou que repetições muito lentas com duração total igual ou superior a 10 segundos, são inferiores para promover hipertrofia. Tal evidência, provavelmente pode estar atrelada à redução muito acentuada na carga de treino para executar repetições muito lentas, resultado em estímulo tensional muito baixo para otimizar o crescimento muscular.

É importante ressaltar que a velocidade do movimento é uma variável complexa para ser investigada, uma vez que a mudança na velocidade do movimento, pode afetar direta ou indiretamente outras variáveis que também desempenham um papel significativo nos processos adaptativos, tais como: carga, número de repetições realizadas, tempo

sob tensão, fadiga, dentre outros. Portanto, a hipertrofia muscular pode ser afetada positiva ou negativamente pela mudança do ritmo do movimento, dependendo de uma quantidade elevada de outros fatores inter-relacionados.

Em resumo, o atual corpo de evidências científicas sobre velocidade do movimento sugere pouca diferença na hipertrofia muscular ao treinar com durações de repetição variando de 1-6 segundos até a falha muscular. Logo, o profissional dispõe de uma gama bastante ampla no que tange a duração das repetições quando o objetivo principal for o ganho de massa muscular. Por outro lado, o treinamento com durações muito lentas (> 10 segundos por repetição) parece produzir menor resposta hipertrófica. Ação concêntrica em torno de 1-3 segundos pode ser considerada uma opção viável. Com relação a ação excêntrica, pelo menos dois segundos parecem ser necessários para garantir que as cargas sejam adequadamente desaceleradas e otimizar a hipertrofia muscular. Além disso, ainda é possível especular que a combinação de diferentes durações de repetição possa aumentar a resposta hipertrófica, embora essa hipótese precise ser melhor elucidada em estudos futuros.

Velocidade do movimento e força

Com relação ao efeito da velocidade do movimento sobre os ganhos de força muscular, existem teorias para o favorecimento tanto de velocidade alta, quanto de velocidade baixa. Por um lado, acredita-se que o treinamento com movimento mais rápido pode fornecer um estímulo melhor para as adaptações neurais como um maior recrutamento de unidades motoras e/ou frequência de disparo, e considerando que os ajustes neuromusculares são os principais estímulos para promover ganhos de força muscular, essas adaptações levariam a uma maior produção de força. Já os argumentos para realizar repetições com velocidades de movimento mais lentas, inclui a relação força-velocidade, a qual aponta, que conforme a velocidade do movimento aumenta, a produção de força muscular diminui, devido a menor quantidade de formação de pontes cruzadas musculares para produzir força [290]. Ainda, o ganho de força é dependente da intensidade de carga imposta, assim sendo, para realizar o movimento com maior velocidade, a intensidade de carga será reduzida. Ou seja, quanto mais próximo de 1RM (100%) estiver a carga, maior será o ganho de força máxima, porém, mais lento será o movimento. Todavia, a menor carga pode ser compensada pela maior velocidade concêntrica. Já que maior velocidade concêntrica pode promover maior drive motor e melhor adaptação neural. Portanto, a análise de estudos experimentais que investigaram os efeitos crônicos de diferentes velocidades de movimento e os ganhos de força muscular é necessária.

Davies et al. [291] conduziram uma meta-análise para verificar o efeito da velocidade do movimento sobre o ganho de força muscular. Um total de 15 estudos incluindo adultos jovens e idosos foram sistematicamente selecionados para a análise. Os resultados não indicaram diferenças entre os ganhos de força seguindo tempos mais rápidos e mais lentos, no qual o treino com velocidade rápida aumentou a força dinâmica em 22% e o moderado-lento em 21%. No entanto, quando a intensidade foi considerada, houve uma tendência de um pequeno efeito favorecendo o movimento rápido em comparação com o treinamento moderado-lento com intensidades moderadas, definidas como 60-79%. Orssatto et al. [144] reportaram que nos estudos que utilizam a mesma intensidade de carga, maiores ganhos de força ocorrem, com velocidade alta, quando comparado à velocidade baixa.

Com relação aos efeitos da alteração da velocidade durante o movimento para os ganhos de força muscular, Sánchez-Moreno et al. [292] compararam um grupo que treinou com uma perda de velocidade de 25% em cada série (aproximadamente 50% do número de repetições que poderiam ser realizadas até a falha), versus, outro grupo que treinou com perda de velocidade de 50% em cada série (aproximadamente 85% do número de repetições que poderiam ser realizadas até a falha). Após oito semanas, os resultados indicaram que a menor perda de velocidade causou maiores ganhos na força máxima em comparação com a maior perda de velocidade, mesmo realizando menos repetições (11 vs. 7 repetições). Portanto, o programa de treinamento focado no ganho de força deve ter menor grau de fadiga. Em termos práticos, isso representa interromper a série em torno de 3-4 repetições antes da falha muscular.

Portanto, parece que a capacidade de realizar repetições em altas velocidades de movimento podem influenciar positivamente as adaptações da força muscular dinâmica, especialmente devido a uma aceleração compensatória com cargas mais baixas.

Velocidade do movimento e potência

O treino de potência muscular vem sendo amplamente recomendado para a população idosa, dado ao conjunto de evidências indicando as consequências prejudiciais de baixos níveis de potência muscular, sobre o desempenho físico e índice de mortalidade precoce em pessoas idosas [48, 124, 144]. Especificamente, uma grande quantidade de evidências, tem demonstrado, que a potência muscular de membros inferiores é um fator determinante de função física em idosos [46, 293-297]. Isso ocorre provavelmente devido ao papel crítico que músculos como quadríceps, glúteo máximo, isquiotibiais, plantiflexores e dorsoflexores tem para realizar atividades funcionais vitais, tais como: levantar, sentar-se, subir e descer degraus e caminhar.

Aqui será importante o entendimento de alguns parâmetros relacionados a potência muscular. A potência é o produto da força e a velocidade (P = F x V); dessa forma, será possível aumentar a potência por mobilizar mais peso em uma mesma velocidade, ou por aumentar a velocidade do movimento mantendo a produção de força. A literatura científica vem indicando que a força tem uma relevância de destaque para a capacidade funcional de evitar quedas em idosos. Essa eficiência em produzir força rapidamente, é denominada de taxa de desenvolvimento de força, ou seja, é a rapidez com a qual um determinado nível de força é produzido.

Gurjão et al. [148] conduziram um ensaio clínico controlado e aleatorizado para verificar o efeito do TR tradicional sobre a taxa de desenvolvimento de força de mulheres idosas, o treino consistiu na realização de três séries de 10-12RM, com velocidade de aproximadamente dois segundos para a fase concêntrica, e três segundos para a fase excêntrica, com frequência de três sessões semanais. Os resultados indicaram que após oito semanas, o grupo que realizou o TR apresentou um aumento na taxa de desenvolvimento de força.

Com base no princípio da especificidade, é plausível sugerir que um treino com maior velocidade concêntrica pudesse promover maior ganho na taxa de desenvolvimento de força em comparação ao treino tradicional com velocidades mais baixas. Em teoria, a carga para otimizar o treino de potência, deverá levar em consideração a relação força-velocidade concêntrica, sendo considerada a carga ideal a maior carga, que ainda permita produzir a máxima velocidade. Isso sugere que possa existir uma intensidade de carga ideal para melhorar a potência muscular, e a literatura apresenta algumas informações sobre essa relação força-velocidade.

Nesse sentido, estudos indicam que quando o treino é realizado com uma mesma carga, mas com controle da velocidade distinta, o movimento mais rápido parece ser mais eficaz para induzir o aumento da potência. Fielding et al. [298] compararam o treinamento de alta velocidade concêntrica com o modelo de treino tradicional em 30 mulheres idosas (média de 73 anos), com limitações físicas. O treinamento foi realizado três vezes por semana, a partir de três séries de 8-10 repetições no *leg press* e cadeira extensora a 70% de 1RM, a diferença entre os grupos foi a velocidade do movimento. No grupo um, as participantes foram orientadas a executar a fase concêntrica na maior velocidade possível, enquanto no outro grupo, as participantes realizaram a fase concêntrica em dois segundos, a fase excêntrica foi fixada em dois segundos para ambos os grupos. Após 16 semanas de treino o grupo de alta velocidade aumentou mais a potência do que o grupo de baixa velocidade. O ganho de força foi similar entre os grupos.

De forma similar, Bottaro et al. [299] investigaram os efeitos de 10 semanas de treino com alta velocidade, versus baixa velocidade, com a mesma carga em homens idosos. Três séries de 8-10 repetições a 60% de 1RM foram realizadas nos exercícios, com uma frequência de duas vezes por semana. A diferença entre os grupos foi a velocidade do movimento, no qual um grupo realizou a fase concêntrica com máxima velocidade possível, enquanto o outro grupo realizou a fase concêntrica com 2-3 segundos de duração. A fase excêntrica foi 2-3 segundos para ambos os grupos. O grupo de maior velocidade aumentou mais a potência e a funcionalidade em comparação ao grupo de baixa velocidade concêntrica. Ambos os grupos aumentaram a força de forma similar. A meta-análise de Steib et al. [130] reportou que o treino de potência, foi mais efetivo do que o treino progressivo, para melhorar a potência de idosos. Resultados similares foram observados na meta-análise de Straight et al. [147], que reportou que o treino com alta velocidade promoveu maior ganho de potência muscular de membros inferiores. Coletivamente, tais achados indicam que a velocidade voluntária mais baixa promove ganhos inferiores na potência muscular.

Contudo, outros experimentos indicam que quando a velocidade é mais baixa devido a carga mais elevada, a velocidade não é o fator determinante para o aumento de potência. Por exemplo, Reid et al. [300] compararam os efeitos de manipulação da carga e da velocidade sobre adaptações musculares em idosos com limitações de mobilidade. Para tanto, 52 idosos foram aleatorizados para um grupo que treinou com baixa carga e maior velocidade (40% de 1RM), enquanto outro grupo treinou com carga mais alta e menor velocidade de movimento (70% de 1RM). Ambos os grupos realizaram três séries de 10 repetições no *leg press* e na cadeira extensora na maior velocidade possível na fase concêntrica, e dois segundos na fase excêntrica. Foram medidas a produção de força (Newtons), potência (Watts) e a velocidade (radianos) do movimento. Como esperado, o grupo com baixa carga treinou com menor produção de força e maior velocidade em comparação ao grupo de maior carga, entretanto, ambos os grupos treinaram com a mesma produção de potência. Ou seja, a maior carga compensou a menor velocidade para a produção de potência muscular. Após 16 semanas, ambos os grupos aumentaram de forma semelhante a velocidade de contração, a produção de potência, a produção de força e a funcionalidade. Foi observado diferença somente entre os grupos para a ativação do músculo vasto lateral, que aumentou somente no grupo de baixa intensidade e maior velocidade. Isso sugere que a ativação muscular medida por eletromiografia de superfície pode não ser sensível para determinar alterações neurais que promovem o aumento de força e potência.

Em uma amostra de 112 idosos (69 anos em média), fisicamente independentes De Vos et al. [276], compararam realizar treino com intensidade de 20%, 50% e 80% de 1RM

na potência pico média. O treino foi realizado duas vezes por semana, sendo realizados cinco exercícios, três séries, oito repetições com máxima velocidade na fase concêntrica, e três segundos na fase excêntrica. Os resultados indicaram que a potência pico média aumentou de forma similar em todos os grupos. Entretanto, o ganho de força foi maior nos grupos de maior intensidade em comparação ao grupo de 20%. A meta-análise de Guizelini et al. [301] concluiu que o TR tradicional é tão eficaz para aumentar a taxa de desenvolvimento de força em idosos quanto o treino de potência. Portanto, esses achados indicam que a intenção de realizar o movimento com máxima velocidade repetidas vezes parece ser mais determinante para os ganhos do que a velocidade em si [302].

Em resumo, a potência muscular pode ser melhorada de forma semelhante usando cargas leves, moderadas ou pesadas, quando o estímulo for de uma intenção de executar o movimento com alta velocidade. Assim, o profissional pode optar por utilizar diferentes intensidades de carga que se adeque a condição de cada indivíduo. O uso de cargas moderadas e pesadas é eficaz para alcançar melhorias simultâneas na força e potência muscular. De outro ponto de vista, cargas mais baixas podem ser interessantes para a prescrição, sobretudo em idosos com desconforto e problemas articulares como artrite, osteoporose ou outros distúrbios debilitantes, onde exercícios com maior intensidade podem ser menos tolerados.

Embora as diferentes intensidades possam promover ganhos similares na potência muscular quando a intensidade de realizar o movimento for máxima, os mecanismos fisiológicos de adaptação podem ser diferentes ao aplicar treino de potência com carga baixa, versus carga alta [303]. Mais especificamente, maior intensidade pode aumentar a força máxima, enquanto baixa intensidade melhora a potência pelo componente velocidade de contração da fibra muscular. Nesse sentido, existe a possibilidade de treino que utilize a combinação de diferentes intensidades de carga, a fim de produzir resultados superiores por focar nos dois componentes da potência muscular. Essa hipótese precisa ser confirmada em estudos futuros.

Com relação ao treino de potência em idosos, é preciso destacar que uma grande variedade de resultados em termos de potência é observada nos idosos, variando ganhos de 14 a 97% [147]. A explicação para essa grande variação nos resultados, pode ser, pelo menos em parte, atribuída aos diferentes procedimentos metodológicos utilizados nos experimentos como por exemplo, a característica do treino aplicado e o método utilizado para a avaliação da potência, e ainda há, particularidades inerentes à população idosa, que já é uma população com características bastante heterogêneas e em idosos com comorbidades e/ou mobilidade limitada, podem ocorrer resultados em magnitude e tempo diferentes em comparação com as melhorias observadas em idosos saudáveis.

Por fim, com relação as recomendações, a literatura indica que o treinamento com foco na potência deve ser caracterizado pela intenção de executar a fase concêntrica o mais rápido possível, enquanto que, na fase excêntrica, o movimento é realizado de forma mais controlada em torno de 2-3 segundos [146]. As cargas podem variar de 20-80%, podendo ter variação ao longo do programa de treino. A quantidade de repetições não deve ser elevada para evitar a fadiga acumulada, ficando em torno de 8-10 repetições. Straight et al. [147], observaram que repetições muito elevadas, são inferiores para promover ganhos de potência muscular em idosos. Também deve-se evitar séries realizadas até a falha muscular, a orientação é que seja mais produtivo treinar com 2-3 repetições de reserva. Isso significa que ao utilizar uma carga para 10RM, o praticante realizará em torno de 7-8 repetições.

Volume

Dentre as variáveis agudas de treino, o volume é considerado uma das mais importantes para promover ganhos de força e massa muscular [266, 267]. Especificamente em idosos, estudos também indicam que o volume de treino é uma variável moderadora para as adaptações musculares [132, 263, 265].

O volume representa a quantidade de treinamento e pode ser manipulado pela quantidade de repetições, número de séries e frequência semanal [304]. Existem diferentes formas para quantificar o volume de treino. O produto entre a quantidade de séries, repetições e o peso utilizado (séries x repetições x peso), é conhecido como volume de carga ou volume total, e vem sendo indicado como uma das principais formas de monitoramento do volume de treino [266, 304].

Volume de séries

Na prática, a forma mais simples e frequentemente utilizada para se quantificar o volume de treino é a partir do volume de séries, que é a determinação da quantidade de séries executadas para um determinado grupo muscular [304-306]. Essa abordagem vem sendo sugerida pela maior aplicabilidade e mais fácil controle na prática, especialmente quando as repetições estão entre 6 e 20, as séries são executadas até próximo da falha muscular [304-306]. Portanto, essa subseção fornecerá evidências sobre o volume de séries para otimizar as adaptações promovidas pelo TR.

Com relação ao volume mínimo efetivo para promover adaptações musculares, estudos indicam que realizar uma série duas vezes por semana, já pode ser um estímulo suficiente para induzir ganhos de força e massa muscular, e promover adaptações

importantes em parâmetros metabólicos, cardiovasculares e celulares em idosas iniciantes [206, 226, 230, 307, 308]. Todavia, a literatura indica a existência de uma relação de dose-resposta entre a quantidade de séries a as adaptações musculares [309].

Ribeiro et al. [310] observaram que realizar três séries por exercício, três vezes por semana, produziu um ganho de força superior ao grupo que realizou uma série três vezes por semana. Em outro experimento, Cunha et al. [311] compararam uma, versus três séries, por exercício com frequência de três sessões semanais, e observou-se que idosas que realizaram três séries por exercício, tiveram resultados mais favoráveis na composição corporal e menor risco para o desenvolvimento da síndrome da obesidade osteosarcopenica em comparação ao grupo que realizou uma única série por exercício. Para além das adaptações musculares, o volume de treino também afeta parâmetros cardiovasculares, metabólicos e oxidativos. Cunha et al. [312] observaram ainda, que três séries por exercício produziu melhores adaptações nos parâmetros de estresse oxidativo em comparação a realizar uma série por exercício. Em outro estudo, Cunha et al. [313] também reportaram que realizar três séries promove melhores resultados para a redução de gordura corporal e marcadores metabólicos.

Os resultados de uma meta-análise que investigou os efeitos do TR na massa magra de indivíduos idosos, mostraram que um maior número de séries por sessão foi associado a maiores aumentos na massa corporal magra [131]. A meta-análise de Schoenfeld et al. [309] incluindo adultos jovens e idosos indicou uma relação de dose-resposta entre quantidade de séries e hipertrofia muscular, na qual ao realizar de 1-4 séries por grupo muscular por semana induz a um ganho de 5%, realizar entre 5-9 séries por grupo muscular por semana induz a um ganho de 7%, enquanto realizar 10 ou mais séries por grupo muscular por semana induz a um ganho de 10%. Entretanto, é plausível especular que indivíduos idosos também podem não ser capazes de tolerar volumes muito altos em comparação a adultos jovens. Nesse sentido, a meta-análise de Borde et al. [263] que foi realizada com estudos específicos em idosos, indicou que realizar entre 2–3 séries por exercício produz os maiores efeitos na força muscular e massa muscular. Todavia, um estudo recente de Oliveira-Júnior et al. [314] avaliou o efeito de três ou seis séries de *leg press*, panturrilha sentada, extensão e flexão de joelhos em 58 mulheres pós-menopausa (idade média de 59 anos). Após 12 semanas de treino, o grupo que fez três séries por exercício apresentou 2,3% de hipertrofia já o grupo de seis séries teve hipertrofia de 6,1%. O que indica que o volume de treino pode induzir respostas diferentes entre os segmentos corporais, e que especificamente em membros inferiores, maiores volumes parecem ser necessários.

Radaelli et al. [315] observaram que o impacto do volume de treino sobre as adaptações musculares são ainda maiores nos membros inferiores em comparação aos membros superiores. Considerando ainda, que a taxa de redução da massa muscular de membros inferiores é muito maior do que a de membros superiores, e que a redução dos níveis de desempenho muscular de membros inferiores resulta em dificuldade de mobilidade e equilíbrio, aumentando o risco de quedas, fragilidade e dependência em idosos, um maior volume deve ser direcionado para membros inferiores.

Frequência

A frequência do treinamento representa o número de sessões que são realizadas por semana, e ainda é, uma estratégia eficaz para aumentar o volume semanal de treino [316, 317]. Estudos incluindo adultos jovens e idosos indicam que a frequência de treino não exerce efeito direto sobre os ganhos de força e hipertrofia. Grgic et al. [316] verificaram o efeito da frequência na força e observaram que maior frequência de treino promove maior aumento de força, mas quando o volume total semanal é equalizado, a frequência não tem efeito direto. Da mesma forma, Schoenfeld et al. [317] verificaram o efeito da frequência de treino sobre a hipertrofia muscular e indicaram não haver diferenças entre baixa e alta frequência quando o volume semanal de treino é equalizado, mas quando o volume semanal não é equalizado, os resultados indicam que maiores frequências permitem maior hipertrofia. Tais resultados sugerem que a frequência não é decisiva por si mesma, porém, aumentar a frequência é uma forma eficaz de aumentar o volume semanal e impactar a hipertrofia.

Entretanto, o idoso tem uma recuperação entre as sessões prejudicada após o exercício, e vários estudos mostram que leva mais tempo para os indivíduos idosos restaurar o desempenho aos níveis basais em comparação com os mais jovens para um estímulo de exercício semelhante [318]. Estudos específicos em idosos indicam uma frequência entre 2-3 vezes por semana para promover os melhores benefícios nessa população. Na meta-análise de Steib et al. [130] a frequência de duas e três vezes por semana produziram melhores resultados do que uma vez por semana. A meta-análise de Borde et al. [263] indicou maiores efeitos nas adaptações musculares para frequência de 2–3 sessões por semana. Assim, idosos podem se beneficiar de menos sessões de treinamento semanais para permitir a regeneração da capacidade neuromuscular.

Em resumo, esses achados indicam que uma série parece ser uma dose mínima efetiva para promover adaptações na força, composição corporal, parâmetros metabólicos e oxidativos. Entretanto, maiores volumes como três séries por exercício, podem produzir

melhores resultados, especialmente para o aumento de força e massa muscular de membros inferiores. A tomada de decisão por parte do profissional responsável pela prescrição do exercício deve ser baseada na necessidade de cada idoso. Uma frequência de treinamento de 2–3 vezes por semana fornece o estímulo ideal para maximizar aumentos na força e hipertrofia muscular. Frequências muito elevadas, podem não ser necessárias em idosos. Essa especulação é baseada na observação de que os idosos parecem ter uma recuperação prejudicada após o exercício em comparação a indivíduos mais jovens [318].

Seleção dos exercícios

A seleção dos exercícios que irão compor a rotina de treino é uma importante tomada de decisão por parte do profissional responsável pela prescrição do TR. Existe uma vasta gama de possibilidades de exercícios, logo, os fatores a serem levados em consideração para seleção dos exercícios passam pela análise das necessidades individuais de acordo com os objetivos, e deve ser pautada em três fatores: a eficácia, a segurança e o conforto do exercício [319].

Um dos principais fatores usados para prescrever qualquer exercício é a sua eficácia para hipertrofiar e/ou fortalecer um músculo-alvo. A forma mais adequada de avaliar a eficácia de um determinado exercício é a partir de evidências de estudos experimentais que examinaram a capacidade do exercício de promover aumento de força e hipertrofia muscular de um determinado grupo muscular. Ou seja, análise dos valores pré e pós-treinamento de um grupo de participantes que treinou o exercício por pelo menos alguns meses. No entanto, esse tipo de pesquisa é mais difícil de ser conduzida e, portanto, mais limitada na literatura científica. Alternativamente, a eletromiografia de superfície é a técnica mais comum usada para determinar a magnitude da atividade muscular em um exercício específico. No entanto, vários pontos devem ser considerados ao usar eletromiografia de superfície incluindo: técnica de captura de sinal, processamento e análise da amplitude do sinal e padronização para um parâmetro. Além disso, ativação muscular não é fundamentalmente sinônimo de hipertrofia, que por sua vez é um fenômeno complexo e multifatorial sendo afetado por mais fatores do que simplesmente a ativação neuromuscular, assim sendo, maiores respostas eletromiográficas não necessariamente se traduzem em maior hipertrofia muscular, e os resultados observados, embora possam oferecer indicativos de eficácia, uma certa cautela é necessária a partir das informações desse método.

A tomada de decisão sobre a escolha do exercício também deve ser pautada na segurança do exercício, ou seja, se um determinado exercício possui algum risco de lesão articular. A segurança está relacionada às estruturas articulares dos tecidos moles envolvidas na execução do exercício (cartilagem, cápsula articular, ligamento e bursas). Alguns movimentos podem expor os tecidos moles a um risco maior de lesões. Por exemplo, quando a abdução do ombro excede 90 graus durante algum exercício, existe uma redução do espaço entre a cabeça do úmero com a articulação acromioclavicular, que por sua vez, pode levar a maior impacto nas estruturas localizadas nesse espaço, como o tendão dos músculos supraespinhal e bíceps braquial [320]. Portanto, os exercícios com abdução de ombro acima de 90 graus devem ser selecionados com certa cautela em idosos. Além disso, mesmo que um determinado exercício seja eficaz e seguro, ainda existe a possibilidade de que o praticante se sinta desconfortável ao executar algum exercício, o que poderá reduzir a sua aderência ao programa. O parâmetro do conforto é mais subjetivo e pode variar mais entre os indivíduos, alguns exercícios podem ser mais adequados para um idoso do que para outro devido as limitações articulares que variam muito nessa população. Caso o idoso não se adeque a um exercício específico, deve ser substituído por uma alternativa que se aproxime do mesmo padrão de movimento e forneça benefícios similares. A artrose pode limitar a amplitude de movimento em alguns exercícios, nesse caso é interessante utilizar amplitude que não sinta dor e/ou desconforto articular, podendo, inclusive trabalhar com ângulo reduzido.

Cada exercício possui uma técnica adequada que permite grande eficácia sem risco atenuado. Entretanto, muitos idosos, por uma série de limitações articulares e/ou déficit motor, terão dificuldade de realizar o movimento com técnica apurada. Nossa proposta é que sejam utilizados três parâmetros para análise: movimento ideal, movimento adequado e movimento inadequado. O movimento ideal é aquele realizado preservando todas as suas características. O movimento aceitável é aquele que foge um pouco do movimento ideal, no qual precisam de alguns ajustes, porém, ainda é eficaz e ainda não oferece potencial lesivo. O movimento inaceitável descaracteriza o movimento, fazendo outros músculos atuarem, que não sejam propriamente o músculo alvo, expondo as articulações envolvidas a maiores riscos de lesão.

Exercícios que promovam a melhoria da aptidão muscular dos principais grupamento musculares devem ser selecionados, além de garantir a amplitude de movimento adequada para o exercício em questão, de acordo com a condição específica do idoso. A seguir, serão abordados diversos aspectos sobre como selecionar os exercícios para os diferentes segmentos corporais focando nas necessidades do idoso, na eficácia para promoção da saúde, além dos aspectos de segurança dos exercícios.

Exercícios para os membros inferiores

O foco primário, ao selecionar exercícios para idosos, deve ser para o fortalecimento dos músculos de membros inferiores [321]. As reduções nos níveis de força e massa muscular relacionados com a idade, são consideravelmente mais acentuadas nos membros inferiores em comparação aos membros superiores [6], e a fraqueza de músculos de membros inferiores está diretamente associada ao aumento da dificuldade para realizar tarefas vitais como caminhar, sentar, levantar, subir e descer degraus [23].

O maior músculo do corpo é o quadríceps [322], que por sua vez, apresenta uma alta taxa de redução em função da idade, tendo maior redução de massa muscular do que os músculos posteriores da coxa [137, 323]. Dentre os exercícios para os membros inferiores, o agachamento é considerado um dos principais [324-326]. Embora o agachamento solicite muitos músculos para sua execução, esse exercício permite uma grande solicitação do quadríceps [327]. Além disso, o agachamento também pode favorecer a melhoria da capacidade funcional em idosos.

Recentemente, Lima et al. [328], observaram que, após um período de sete semanas de treinamento, realizando agachamento e levantamento terra a 65% da força máxima, com três séries de 8-10 repetições, duas vezes por semana, houve aumento da capacidade funcional de mulheres idosas (média de 71 anos).

A execução segura do agachamento com barra livre envolve alguns pressupostos, como boa mobilidade do quadril e tornozelo, articulações saudáveis, bom nível de equilíbrio e coordenação motora. Alterações individuais nesses fatores podem afetar adversamente a técnica de exercício, aumentando o risco de lesões [324]. Nesse contexto, nem todo idoso poderá realizar de forma adequada o movimento com barra livre, pois, os pré-requisitos solicitados podem tornar a execução complexa, devido ao avanço da idade. Deste modo, a técnica de execução do agachamento ficará comprometida, e na prática, poucos idosos conseguirão realizar adequadamente o agachamento com barra livre. Nesses casos, quando o idoso não está apto para realizar adequadamente o agachamento com barra livre, é aconselhável substituí-lo por uma variação que reduza a dificuldade e, proporcione benefícios semelhantes. Uma alternativa viável nesse contexto, pode ser a realização do agachamento em uma máquina *Smith*, que por ser realizado em máquina guiada, pois, limita o movimento no espaço tridimensional, tornando-o mais fácil e potencialmente mais seguro do que o agachamento com barra livre, ao mesmo tempo em que produz ganhos semelhantes de força e massa muscular [329]. O agachamento *hack* é mais uma alternativa potencialmente válida, pois, durante o exercício, a coluna é apoia-

da no encosto da máquina. Trata-se de um exercício de fácil execução em comparação ao agachamento com barra livre, pois, a trajetória já estará definida pela máquina.

Nos casos em que a carga compressiva da coluna precisa ser minimizada, como em indivíduos frágeis e/ou com histórico ou desvio postural acentuado ou algum tipo de lesão na coluna vertebral, a utilização de halteres ou *kettlebells* pode ser empregado, isso irá reduzir significativamente a compressão sobre a coluna vertebral, uma vez que a carga não será posicionada sobre a mesma e irá trabalhar praticamente os mesmos músculos. Em idosos mais frágeis ou com níveis muito baixos de força muscular, o movimento de sentar-se e levantar-se de uma cadeira somente com o próprio peso corporal já irá produzir estímulos suficientes para induzir adaptações positivas [330]. No entanto, devido a níveis extremamente baixos de força muscular e/ou déficit de equilíbrio e coordenação, o auxílio do profissional responsável pelo exercício é essencial e indispensável e cabe ao mesmo, caminhos, possibilidades e estratégias a serem adotadas a fim de que o indivíduo em questão (idoso), consiga realizar o exercício. O *leg press* é outro exercício que também solicita efetivamente o quadríceps e o glúteo máximo [331, 332], com reduzida força compressiva na coluna vertebral. Portanto, idosos que não conseguirem realizar o agachamento e suas variações de forma adequada, bem como, pessoas com dores lombares, desvio acentuado, ou com histórico de problemas na coluna vertebral, terão menor desconforto ao realizar esse exercício.

Embora o agachamento, suas variações e o *leg press* sejam boas opções para fortalecer e hipertrofiar os vastos e o glúteo máximo, esses exercícios podem não ser suficientes para desenvolver o reto femoral. Isso ocorre devido à natureza biarticular do reto femoral, que cruza o joelho e a articulação do quadril. Isso faz com que na fase descendente do agachamento, exista um encurtamento da porção proximal do reto femoral, colocando-o em insuficiência ativa. Desta forma, o reto femoral pode apresentar um déficit de desenvolvimento quando comparado aos vastos [333, 334]. O reto femoral, enquanto parte do agrupamento muscular do quadríceps, possui um papel importante durante o ciclo da caminhada [335, 336], participando tanto na fase de apoio dos pés solo quanto na fase de balanço para flexionar o quadril [337, 338]. Desta forma, exercícios complementares devem ser incluídos no sentido de melhor ativar o reto femoral. Nesse mesmo contexto, a cadeira extensora favorece uma maior ativação e desenvolvimento do reto femoral em comparação aos exercícios multiarticulares [339-341]. Vale destacar que, na cadeira extensora, o pico de ativação do quadríceps ocorre no ponto máximo de extensão do joelho [342], entretanto, os ângulos próximos a este ponto, também são os de maior força compressiva e de cisalhamento no joelho [342, 343], logo, em casos em que já exista uma lesão, será prudente evitar o ponto de maior extensão do joelho.

Vale ressaltar que, os músculos extensores do quadril (glúteo máximo e isquiotibiais) são importantes para garantir uma boa caminhada e movimentos de levantar e sentar [335, 336]. Embora o glúteo máximo seja ativado de forma satisfatória no agachamento e suas variações e no *leg press*, os músculos isquiotibiais não serão contemplados de forma satisfatória nesses exercícios [324, 344]. Isso ocorre, sobretudo, devido à natureza biarticular dos músculos isquiotibiais. Esses músculos são importantes extensores do quadril quando os joelhos estão estendidos, fato que não ocorre no agachamento e em suas variações ou no *leg press*, logo, os isquiotibiais não hipertrofiam nesses exercícios [334, 345, 346]. Orssatto et al. [346], reportaram que, após 12 semanas de treinamento utilizando *leg press* de 45 graus, o torque de extensão de joelho aumentou, porém, não houve aumento para o torque de flexão de joelho, sugerindo que o uso isolado do exercício *leg press* de 45 graus, reduz a razão funcional do joelho. Portanto, exercício específico orientado para os isquiotibiais deve ser incluído na rotina de treino.

Exercícios específicos para os isquiotibiais devem focar nos exercícios de flexão de joelho, tais como a mesa e a cadeira flexora, e exercício de extensão do quadril com os joelhos estendidos como, por exemplo: o *stiff*. Os exercícios de flexão de joelho são exercícios monoarticulares e geralmente são realizados em máquina, o que significa ser de mais fácil execução. Por outro lado, o *stiff* é um exercício de um grau de complexidade maior em relação aos de flexão de joelho. Além disso, vale destacar que, a sobrecarga aplicada sobre a coluna vertebral no *stiff* é perpendicular, o que induz a cisalhamento, sendo esse o tipo de sobrecarga com grande potencial de lesão para a coluna vertebral [347], o que implica que uma certa cautela deva ser adotada ao se utilizar o *stiff* em idosos.

O gastrocnêmio e o sóleo são músculos da região posterior da perna que coletivamente são denominados como tríceps sural, essa musculatura é responsável por movimentos de flexão plantar. Esses músculos auxiliam no equilíbrio e são a primeira estratégia para o reestabelecimento do equilíbrio postural na posição em pé, e também tem participação no ciclo da caminhada [335, 348, 349]. Exercícios de flexão plantar são opções para o desenvolvimento dessa musculatura. Alternativamente, ao realizar o movimento de flexão plantar sentado, haverá uma redução da ação do gastrocnêmio [350], uma vez que este é um músculo biarticular que cruza tanto a articulação do tornozelo quanto do joelho. Dessa forma, a flexão plantar sentada irá direcionar mais desenvolvimento do sóleo.

O glúteo médio é um importante abdutor do quadril e o principal estabilizador do quadril [351, 352]. A fraqueza desse músculo pode favorecer o valgo dinâmico e principalmente a queda unilateral do quadril, comprometendo a marcha, aumentando o risco de quedas e fraturas. Além disso, estudos demonstram uma relação entre a fraqueza do

glúteo médio com dores de joelho e osteoartrite de joelho [353, 354]. Para o fortalecimento desses músculos, exercícios específicos de abdução do quadril são necessários. Por sua vez, os músculos adutores do quadril também são importantes para manter uma boa estabilização do quadril e também tem um papel importante associado a musculatura do períneo na prevenção da incontinência urinária (perda involuntária de urina) de idosos. O fortalecimento dos abdutores e adutores de quadril poderá ser feito em uma cadeira abdutora e adutora, respectivamente.

Exercícios para membros superiores e tronco

Das articulações da região superior do corpo, a glenoumeral, é uma articulação muito importante para atividades do dia a dia por permitir movimentos amplos nos três planos. Os principais músculos que movimentam essa articulação são o peitoral maior, latíssimo do dorso e o deltoide.

O peitoral maior é ativado de forma ótima em movimento de adução de ombro no plano transversal. Logo, o supino reto é uma excelente opção para ativação do peitoral maior, além disso, também possui ativação considerável da porção anterior do deltoide, ainda, por ser um exercício multiarticular, também exige uma ação do tríceps braquial para a extensão do cotovelo. A versão tradicional do supino é realizada com barra, essa forma exige maior equilíbrio e coordenação motora. No caso de o idoso não ter esses atributos satisfatórios para executar o movimento de forma adequada, a utilização de uma máquina passa a ser uma alternativa bastante interessante por exigir menor nível de coordenação motora e equilíbrio durante a execução. O supino irá trabalhar o peitoral maior em sua porção mais alongada, desta forma, uma amplitude total do movimento, com a barra se aproximando ou tocando levemente o tronco, irá induzir a melhores resultados [355]. Entretanto, considerando que alguns idosos irão possuir limitações articulares, uma análise individual será necessária para determinar se o idoso irá realizar o movimento completo ou será limitada a amplitude devido a algum problema articular já pré-estabelecido.

Os músculos das costas realizam movimentos nos três planos. Os movimentos de extensão de ombro no plano sagital e adução de ombro no plano frontal, em particular, devem ser explorados ao selecionar exercícios para as costas. O latíssimo do dorso é otimamente estimulado com adução de ombro no plano frontal [356]. Desta forma, a puxada alta é uma ótima alternativa para ativar o latíssimo do dorso. A puxada alta irá ativar também o redondo maior, as fibras inferiores do trapézio, também irão participar para adução do ombro e depressão da escápula, respectivamente. Para realizar o exercício,

também será necessária uma flexão de cotovelo, logo, os músculos bíceps braquial, braquial e braquioradial também terão participação importante nesse exercício. Entretanto, na puxada alta, durante a fase excêntrica irá, necessariamente, ocorrer uma abdução de ombro acima de 90 graus. Este movimento irá reduzir o espaço subacromial, especialmente se for combinado com uma rotação interna dos ombros, levando as estruturas compreendidas neste espaço a ficarem comprimidas, atritando e impactando a Bursa, os tendões do manguito rotador e do bíceps braquial entre a cabeça do úmero e o acrômio, e a exposição repetida irá induzir a um risco de lesão. Não obstante, pessoas que já tenham disfunções na articulação do ombro (exemplo: bursite e tendinite) terão dificuldade com esse exercício. Além disso, os músculos da região média/alta das costas (músculos trapézio e rombóides) não serão estimulados de forma satisfatória na puxada alta. Neste sentido, movimentos no plano sagital, como a remada sentada na polia baixa, poderá ser ótima escolha de exercício.

A remada sentada na polia baixa irá permitir um movimento de extensão de ombro no qual o latíssimo do dorso também é um importante motor, além de que o deltoide posterior e redondo menor irão auxiliar na extensão de ombro. A remada também irá permitir uma maior amplitude na adução da escápula, movimento que será realizado pelo trapézio, sobretudo, as fibras mediais e pelos rombóides. Na realização do exercício na polia baixa, é importante manter o alinhamento da coluna vertebral, isso também irá recrutar os músculos eretores da espinha para a estabilização da coluna vertebral. Para a realização da remada, também é necessária uma flexão de cotovelo, portanto também irá solicitar a ativação dos músculos responsáveis por este movimento (bíceps braquial, braquial e braquioradial).

Alguns idosos poderão ter dificuldade para manter a coluna vertebral alinhada durante o exercício. Neste sentido, a remada também pode ser realizada em uma máquina que possui apoio para a parte anterior do tronco, o que facilita o movimento, porém, reduz a ação dos músculos eretores da espinha. Alternativamente, a remada também pode ser realizada com pesos livres, contudo, essa variação irá exigir maior consciência corporal para a realização do exercício com técnica correta, especialmente para manter o alinhamento da coluna vertebral, assim, idosos, sobretudo, os com fragilidade, terão dificuldade para executar esse exercício.

O músculo deltoide é bastante versátil e importante para mobilidade da articulação do ombro, sendo que movimenta a articulação nos três planos cardiais. A porção anterior é bastante ativada durante o supino plano, já a porção posterior é ativada na remada, desta forma, os exercícios específicos devem focar na porção medial do deltoide. Nesse

sentido, o levantamento lateral (abdução de ombro no plano frontal) com uma pegada pronada (palmas das mãos para baixo), é um exercício eficiente para ativação dessa porção do deltoide [357].

O exercício desenvolvimento é bastante comum em rotinas de TR para fortalecimento do deltoide. Entretanto, para realizar o desenvolvimento, será necessária uma rotação externa do ombro, o que irá fazer com que as fibras da porção anterior do deltoide se coloquem em uma melhor posição de ação contra a resistência, ao passo que esta rotação externa do ombro, irá reduzir a ativação das fibras mediais do deltoide [357]. Importante lembrar que as fibras anteriores do deltoide já serão bastante solicitadas no supino.

Além disso, o desenvolvimento irá exigir uma abdução de ombros acima de 90 graus. Movimento que faz com que a região lateral do úmero passe a ter maior contato com a articulação acromioclavicular. Esse contato irá incidir diretamente em aumento de estresse mecânico, que é potencializado pela sobrecarga externa, o que pode causar processo inflamatório quando tal execução é aplicada de forma contínua. Portanto, alguns idosos podem sentir um desconforto ao realizar este exercício.

A articulação do ombro é a de maior mobilidade no corpo, porém, existe uma grande instabilidade nessa região. O conjunto de músculos que mantem a estabilidade dinâmica desta articulação denomina-se manguito rotador (supraespinhal, infraespinhal, subescapular e redondo menor), além disso, esses músculos também são responsáveis pela rotação interna e externa do ombro. No movimento de rotação externa do ombro, serão utilizados os músculos supraespinhal, infraespinhal e redondo menor, enquanto os movimentos de rotação interna, irão solicitar o subescapular.

Os músculos responsáveis pela flexão e extensão do cotovelo serão trabalhados em exercícios multiarticulares utilizados para o fortalecimento do tronco. Por exemplo: o supino, irá exigir ação do tríceps braquial para extensão do cotovelo, ao passo que a remada e a puxada alta irão solicitar os flexores de cotovelo (bíceps braquial, braquial e braquioradial) durante o movimento. Até certo ponto, esta participação é capaz de induzir a adaptações positivas no que tange o aumento de força e massa muscular dos músculos flexores e extensores do cotovelo [358]. Porém, a adição de exercícios monoarticulares, que irão trabalhar os músculos de forma mais isolada como rosca direta e tríceps na polia, podem induzir a resultados superiores quando comparados aos exercícios multiarticulares (supino e remada) para movimentos importantes do dia a dia, como a força de preensão manual e resistência muscular de flexão de cotovelos [359]. Portanto uma análise individual deve ser levada em consideração para incluir os exercícios isolados

de extensão e flexão de cotovelo. Por exemplo, os indivíduos com baixo nível de força nos músculos flexores e extensores de cotovelo, ao ponto de terem atividades diárias ou instrumentais do dia a dia prejudicadas, podem se beneficiar com exercícios isolados como rosca direta e tríceps na polia. A disponibilidade de tempo do indivíduo também é um fator que deve ser levado em consideração ao decidir incluir ou não, os exercícios monoarticulares de flexão de extensão de cotovelo.

Os músculos abdominais fazem parte da região ântero-lateral do tronco, incluindo o reto abdominal, transverso do abdômen, oblíquos internos e oblíquos externos. De maneira geral, os músculos abdominais são essenciais para estabilização da coluna vertebral, sobretudo, a região lombar, sendo importantes para a manutenção de uma boa postura, evitando aparecimento de desvios posturais. Esses músculos quando enfraquecidos podem levar a uma alteração de postura (hiperlordose) e, consequentemente, dores na região lombar. Além disso, são importantes para a sustentação das vísceras, evitando a protrusão abdominal e, também, importantes para o equilíbrio, sobretudo, em indivíduos idosos.

A principal função do reto abdominal é realizar a flexão do tronco, movimento que aproxima o tórax e a região pubiana, flexionando a coluna vertebral [360]. Desta forma, os exercícios básicos de flexão do tronco serão importantes para o fortalecimento deste músculo. Os oblíquos auxiliam o reto abdominal no movimento de flexão do tronco, porém os oblíquos são mais versáteis, pois também são importantes nos movimentos rotacionais do tronco e na inclinação lateral da coluna. Esses movimentos são comuns no dia a dia ao girar o tronco lateralmente. Desta forma, movimentos rotacionais ajudarão a ativar os oblíquos. Entretanto, vale destacar, que os movimentos rotacionais irão impor maior estese sobre os discos intervertebrais.

O transverso do abdômen é o músculo mais profundo e funciona como uma cinta natural para proteção da coluna vertebral. Atua produzindo a rigidez necessária para estabilização da coluna lombar, evitando que esta, sofra alterações que possam induzir a dor lombar. Também é um músculo importante para o processo de respiração. É uma porção mais difícil de ser solicitada de forma específica com exercícios resistidos, porém, exercícios isométricos podem ser utilizados para a ativação do transverso do abdômen, como a prancha. Alguns idosos, especialmente os com baixos níveis de força muscular, terão dificuldades em realizar este exercício. Uma alternativa para facilitar a execução, é realizar o exercício com o apoio de um banco, porque aumentando a altura do apoio para o braço, simplificará o exercício.

Exercícios em pé ou sentado

Alguns exercícios podem ser realizados na posição em pé ou sentado, como, por exemplo, o desenvolvimento, o levantamento lateral, a rosca alternada, entre outros. Ao decidir sobre esta questão, é importante considerar o estresse imposto sobre a coluna vertebral, sobretudo, em indivíduos com alguma disfunção lombar.

Ao executar um determinado exercício em pé, os pontos de dissipação de carga serão as curvaturas fisiológicas naturais da coluna vertebral e os membros inferiores [361], entretanto, ao realizar o mesmo movimento sentado, os pontos de dissipação da carga diminuem. Portanto, a posição sentada irá aumentar a sobrecarga imposta sobre a coluna lombar. Por outro lado, os movimentos em pé podem exigir um maior nível de coordenação e equilíbrio, sendo que os idosos com grande déficit de equilíbrio postural terão maior dificuldade em realizar o movimento com técnica correta.

A escolha pela execução sentado ou em pé irá depender de alguns fatores. Primeiramente, a correta execução do exercício. No caso de o sujeito realizar o movimento, adequadamente, em ambas as posições se sugere a posição em pé. Ao realizar os exercícios em pé, a base de apoio deve ser com afastamento lateral dos pés, aproximadamente na largura do quadril, isso irá melhorar o equilíbrio por aumentar a base de sustentação. Ainda, pode-se realizar um afastamento anteroposterior dos pés com a mesma base de apoio (largura do quadril), pois, isto irá atenuar o deslocamento anterior da coluna. Outro fator a ser considerado, é a altura do centro de gravidade em relação a base de apoio, na posição em pé os joelhos devem estar levemente flexionados, pois, isto aproximará o centro de gravidade da base de apoio, proporcionando maior equilíbrio ao corpo.

Pesos livre e máquinas

Os movimentos podem ser realizados com pesos livres e máquinas, e a literatura indica que ambos os meios podem proporcionar adaptações. O estudo recente de Heidel et al. [362], observou que quando a força foi testada usando um exercício de peso livre, os indivíduos treinando com pesos livres ganharam mais força do que aqueles treinando com máquinas. Quando a força foi testada em um exercício baseado em máquina incorporado como parte do programa de treinamento baseado em máquina, os indivíduos treinando com máquinas ganharam mais força do que aqueles treinando com pesos livres. Quando a força foi testada usando um dispositivo neutro, máquinas e exercícios com pesos livres resultaram em ganhos de força semelhantes. Não houve diferença na mudança da potência ou hipertrofia muscular entre os modos de exercício. Portanto, tanto os pesos livres, quanto as máquinas, podem ser selecionados para promover adaptações musculares.

Frequentemente é postulado que os pesos livres podem ser superiores às máquinas para melhorar o equilíbrio e a estabilidade, sendo, portanto, exercícios com pesos livres mais funcionais. A hipótese faz sentido, dado que pesos livres requerem que o praticante se equilibre no espaço tridimensional, enquanto as máquinas fornecem um caminho fixo de movimento. Todavia, contrário a esta hipótese, o estudo de Rossi et al. [363], mostrou que, as melhorias no equilíbrio dinâmico foram geralmente superiores no *leg press* em comparação com o agachamento livre em um período de treinamento de 10 semanas; e que realizar uma combinação de agachamento e *leg press* mostrou maiores melhorias de equilíbrio. Estes achados indicam que, muito embora hipóteses e conceitos aparentem ter uma boa base lógica, não significam necessariamente que devam ser transferidos para a prática. Por isso reforçamos que a prática deve ser pautada em evidências científicas de ensaios clínicos aleatorizados que verificaram adaptações crônicas.

Ordem dos exercícios

Após os exercícios serem selecionados, o próximo passo será organizar a sequência em que serão realizados. A recomendação tradicional sugere realizar primeiro os exercícios multiarticulares, e depois seguir para os monoarticulares [126]. No entanto, essa recomendação é baseada principalmente em informações de estudos de caráter agudo, que observaram que a ordem iniciada pelos multiarticulares, pode promover melhor desempenho da sessão, e não em informações de ensaios clínicos que verificaram os efeitos adaptativos de diferentes ordens.

Nesse sentido, Nunes et al. [364], conduziram uma meta-análise para verificar os efeitos da ordem dos exercícios resistidos sobre a força e a hipertrofia. Dos 11 estudos incluídos, três foram conduzidos em indivíduos já experientes com ER, três estudos foram realizados em idosos, um em indivíduos de meia idade, e os demais em adultos jovens. Os estudos incluídos, apresentaram de boa a excelente qualidade metodológica, sendo oito com qualidade excelente e três considerados de boa qualidade. As comparações foram realizadas de acordo com as seguintes condições: 1) iniciar a sessão de treino pelos exercícios multiarticulares seguindo para os monoarticulares (MULT-MONO); 2) ou a ordem inversa, iniciando pelos exercícios monoarticulares e seguindo para os multiarticulares (MONO-MULT). Os resultados indicaram não haver diferença para a hipertrofia muscular. No entanto, para a força muscular, houve diferença entre os grupos, no qual os maiores ganhos nos exercícios multiarticulares foram observados na ordem MULT-MONO, ao passo que, o aumento de força nos exercícios monoarticulares foi maior na ordem MONO-MULT. Dessa forma, os resultados sugerem que a ordem dos exercícios afeta o aumento da força muscular, em particular, o ganho é maior quando o exercício é posicionado no início da sessão independentemente da natureza do exercício.

Vale destacar que a comparação de ordem levou em consideração somente a característica de quantidade de articulações envolvidas, ou seja, a literatura é mais consistente em fornecer evidências sobre os efeitos da manipulação de exercícios multiarticulares e monoarticulares. Contudo, mais recentemente Dib et al. [152], verificaram os efeitos de uma ordem alternada por segmento, ou seja, uma ordem no qual os exercícios de membros superiores e inferiores eram realizados de forma alternada, comparada a duas outras ordens com exercícios localizados por segmento. Os resultados indicaram que a ordem não afetou os ganhos de força e massa muscular de mulheres idosas.

Devido a importância dos músculos dos membros inferiores em idosos, estudos futuros ainda precisam explorar os efeitos da ordem, começando com exercícios para a parte inferior do corpo e seguindo para os membros inferiores. Nesse sentido, Nunes et al. [365] reportaram que quando os exercícios orientados para membros inferiores são realizados no início da sessão de treinamento, uma percepção de esforço mais baixa, foi observada ao longo de toda a sessão, sugerindo que iniciar pelos exercícios de membros inferiores pode ser melhor tolerado e representar maior permanência a longo prazo.

Em resumo, com relação a hipertrofia muscular, a ordem dos exercícios parece não afetar os ganhos. Do ponto de vista prático, a semelhança na resposta permite que o treinamento seja mais dinâmico e versátil em relação a ordem de execução dos exercícios. Assim, o profissional pode ser flexível na prescrição de ordem dos exercícios, permitindo, inclusive, que o praticante escolha uma ordem com base na sua preferência. Além disso, os exercícios podem ser realizados de acordo com a disponibilidade momentânea de máquinas nas salas de TR. Isso pode ajudar a promover uma melhor adesão aos programas de TR.

Contudo, é importante destacar que essa alteração na ordem pode afetar parâmetros de controle e progressão de treino. Por exemplo, se em um dia o supino for realizado no final da sessão, e no treino seguinte for realizado no início da sessão, haverá alteração no desempenho específico desse exercício. Com isso, os parâmetros utilizados para controle e monitoramento de carga e volume e progressão, serão afetadas, dificultando a análise desses fatores.

Porém, quando o principal objetivo for otimizar o aumento dos níveis de força muscular, a ordem deve seguir o princípio da prioridade, ou seja, os exercícios no qual se objetiva maior aumento de força deverão estar posicionados no início da sessão de treinamento.

Recomendações gerais

Em resumo, baseado nas evidências disponíveis até o momento, pode-se sugerir a utilização de intensidade de carga moderada para otimizar os ganhos de força e massa muscular, podendo variar ao longo do programa de treino. Ao incluir o treino de potência,

esse poderá ser realizado com menor intensidade, mas o fundamento primário será a intenção de realizar o movimento com máxima velocidade possível, independentemente da carga. Com relação ao volume, realização de 2–3 séries por exercício, com repetições sendo executadas até próximo a falha muscular momentânea, podendo manter entre 2-3 repetições de reserva. A frequência semanal de treino variando entre 2-3 sessões. Selecionar exercícios multiarticulares e monoarticulares, mantendo uma ordem baseada na prioridade.

É muito importante salientar que não existe um idoso padrão médio, portanto, será muito difícil providenciar uma recomendação geral que seja totalmente representativa para idosos. Os programas de TR devem ser adaptados para idosos que apresentem fragilidade, limitações de mobilidade, deficiência cognitiva ou outras condições crônicas. O programa de treinamento também pode ser adaptado (com equipamentos portáteis e alternativas de exercícios sentados) para atender idosos que residem em casas de repouso ou não tem condições para se deslocarem para uma academia de exercício físico.

Recomendações para exercícios resistidos em idosos

Séries	1-3 séries por exercício. Podendo começar com 1 série em iniciantes e progredindo para múltiplas séries. Maior quantidade de séries deve ser realizada para os membros inferiores.
Intensidade	Moderada 8-15 RM – 60-80% 1RM. Menores intensidades são recomendadas para idosos frágeis, ou com artrose, osteoporose, ou algum desconforto/limitação articular. As repetições não precisam ser realizadas até a falha, podendo manter entre 2-3 repetições de reserva.
Exercícios	Realizar entre 8-10 exercícios. Prioridade para os exercícios multiarticulares, mas necessariamente incluir monoarticulares para posterior de coxa, panturrilha e abdômen. Mais exercícios podem ser selecionados para os membros inferiores.
Material	Pesos livres e máquinas. Iniciantes, idosos frágeis ou aqueles com limitações funcionais se beneficiam do treinamento realizado em máquina. Idosos mais independentes e bom equilíbrio e coordenação podem optar pelo treinamento com pesos livres. Material alternativo como bandas elásticas, kettlebell, entre outros podem ser utilizados.
Frequência	2-3 sessões semanais
Potência	Carga moderada a baixa (20-60% 1RM). Repetições com maior velocidade intencional possível na fase concêntrica.

REFERÊNCIAS

1. Federal S. Estatuto do Idoso. Senado Federal. 2003.
2. Veras RP. Experiências e tendências internacionais de modelos de cuidado para com o idoso. Ciência & Saúde Coletiva. 2012;17:231-8.
3. IBGE. Instituto Brasileiro de Geográfica e Estatística, Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Gerência de Estudos e Análises da Dinâmica Demográfica. IBGE. 2016;2016.
4. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyere O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. Age Ageing. 2019;48(1):16-31.
5. Morgan PT, Smeuninx B, Breen L. Exploring the Impact of Obesity on Skeletal Muscle Function in Older Age. Front Nutr. 2020;7:569904.
6. Janssen I, Heymsfield SB, Wang ZM, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. J Appl Physiol (1985). 2000;89(1):81-8.
7. Lexell J, Taylor CC, Sjostrom 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. J Neurol Sci. 1988;84(2-3):275-94.
8. Baechle TR, Westcott W. Fitness professional's guide to strength training older adults. 2, editor. Champaign, Ilinois: Human Kinetics; 2010.
9. Farinatti PTV. Envelhecimento. 2, editor. Barueri: Manole; 2008.
10. Mizuno T, Matsui Y, Tomida M, Suzuki Y, Nishita Y, Tange C, et al. Differences in the mass and quality of the quadriceps with age and sex and their relationships with knee extension strength. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2021;12(4):900-12.
11. Zembron-Lacny A, Dziubek W, Rogowski L, Skorupka E, Dabrowska G. Sarcopenia: monitoring, molecular mechanisms, and physical intervention. Physiol Res. 2014.
12. Goodpaster BH, Park SW, Harris TB, Kritchevsky SB, Nevitt M, Schwartz AV, et al. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2006;61(10):1059-64.
13. Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Di Iorio A, et al. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. J Appl Physiol (1985). 2003;95(5):1851-60.
14. Westerterp KR, Yamada Y, Sagayama H, Ainslie PN, Andersen LF, Anderson LJ, et al. Physical activity and fat-free mass during growth and in later life. Am J Clin Nutr. 2021.
15. Dodds RM, Syddall HE, Cooper R, Benzeval M, Deary IJ, Dennison EM, et al. Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. PLoS One. 2014;9(12):e113637.
16. Chen LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Chou MY, Iijima K, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. J Am Med Dir Assoc. 2020;21(3):300-7 e2.
17. Bischoff-Ferrari HA, Orav JE, Kanis JA, Rizzoli R, Schlogl M, Staehelin HB, et al. Comparative performance of current definitions of sarcopenia against the prospective incidence of falls among community-dwelling seniors age 65 and older. Osteoporos Int. 2015;26(12):2793-802.
18. Schaap LA, van Schoor NM, Lips P, Visser M. Associations of sarcopenia definitions, and their components, with the incidence of recurrent falling and fractures: the longitudinal aging study amsterdam. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2018;73(9):1199-204.
19. Malmstrom TK, Miller DK, Simonsick EM, Ferrucci L, Morley JE. SARC-F: a symptom score to predict persons with sarcopenia at risk for poor functional outcomes. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2016;7(1):28-36.
20. Chang KV, Hsu TH, Wu WT, Huang KC, Han DS. Association between sarcopenia and cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. J Am Med Dir Assoc. 2016;17(12):1164 e7- e15.
21. Beaudart C, Biver E, Reginster JY, Rizzoli R, Rolland Y, Bautmans I, et al. Validation of the SarQoL(R), a specific health-related quality of life questionnaire for sarcopenia. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2017;8(2):238-44.

22. Pacifico J, Geerlings MAJ, Reijnierse EM, Phassouliotis C, Lim WK, Maier AB. Prevalence of sarcopenia as a comorbid disease: A systematic review and meta-analysis. Exp Gerontol. 2020;131:110801.
23. Janssen I, Baumgartner RN, Ross R, Rosenberg IH, Roubenoff R. Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. Am J Epidemiol. 2004;159(4):413-21.
24. Kelley GA, Kelley KS. Is sarcopenia associated with an increased risk of all-cause mortality and functional disability? Exp Gerontol. 2017;96:100-3.
25. Liu P, Hao Q, Hai S, Wang H, Cao L, Dong B. Sarcopenia as a predictor of all-cause mortality among community-dwelling older people: A systematic review and meta-analysis. Maturitas. 2017;103:16-22.
26. Mijnarends DM, Luiking YC, Halfens RJG, Evers S, Lenaerts ELA, Verlaan S, et al. Muscle, health and costs: a glance at their relationship. J Nutr Health Aging. 2018;22(7):766-73.
27. Antunes AC, Araujo DA, Verissimo MT, Amaral TF. Sarcopenia and hospitalisation costs in older adults: a cross-sectional study. Nutr Diet. 2017;74(1):46-50.
28. Steffl M, Sima J, Shiells K, Holmerova I. The increase in health care costs associated with muscle weakness in older people without long-term illnesses in the Czech Republic: results from the Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe (SHARE). Clin Interv Aging. 2017;12:2003-7.
29. Sousa AS, Guerra RS, Fonseca I, Pichel F, Ferreira S, Amaral TF. Financial impact of sarcopenia on hospitalization costs. Eur J Clin Nutr. 2016;70(9):1046-51.
30. Cawthon PM, Fox KM, Gandra SR, Delmonico MJ, Chiou CF, Anthony MS, et al. Do muscle mass, muscle density, strength, and physical function similarly influence risk of hospitalization in older adults? J Am Geriatr Soc. 2009;57(8):1411-9.
31. Dodds R, Sayer A. Sarcopenia. Arq Bras Endocrinol Metab. 2014;58(5):464-9.
32. Clark BC, Manini TM. Functional consequences of sarcopenia and dynapenia in the elderly. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2010;13(3):271-6.
33. Evans WJ. Skeletal muscle loss: cachexia, sarcopenia, and inactivity. Am J Clin Nutr. 2010;91(4):1123S-7S.
34. Brady AO, Straight CR, Evans EM. Body composition, muscle capacity, and physical function in older adults: an integrated conceptual model. J Aging Phys Act. 2014;22(3):441-52.
35. Vandervoort AA. Aging of the human neuromuscular system. Muscle Nerve. 2002;25(1):17-25.
36. Landi F, Liperoti R, Russo A, Capoluongo E, Barillaro C, Pahor M, et al. Disability, more than multimorbidity, was predictive of mortality among older persons aged 80 years and older. J Clin Epidemiol. 2010;63(7):752-9.
37. Aoyagi Y, Shephard RJ. Aging and muscle function. Sports Med. 1992;14(6):376-96.
38. Nilwik R, Snijders T, Leenders M, Groen BB, van Kranenburg J, Verdijk LB, et al. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. Exp Gerontol. 2013;48(5):492-8.
39. Westbury LD, Dodds RM, Syddall HE, Baczynska AM, Shaw SC, Dennison EM, et al. Associations between objectively measured physical activity, body composition and sarcopenia: Findings from the hertfordshire sarcopenia study (HSS). Calcif Tissue Int. 2018;103(3):237-45.
40. Davis MG, Fox KR. Physical activity patterns assessed by accelerometry in older people. Eur J Appl Physiol. 2007;100(5):581-9.
41. McNeil CJ, Vandervoort AA, Rice CL. Peripheral impairments cause a progressive age-related loss of strength and velocity-dependent power in the dorsiflexors. J Appl Physiol (1985). 2007;102(5):1962-8.
42. 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. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2013;68(11):1419-25.
43. 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? J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2003;58(8):728-33.
44. Metter EJ, Conwit R, Tobin J, Fozard JL. Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 1997;52(5):B267-76.
45. 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(5):371-7.

46. 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 A Biol Sci Med Sci. 2000;55(4):M192-9.

47. Metter EJ, Talbot LA, Schrager M, Conwit RA. Arm-cranking muscle power and arm isometric muscle strength are independent predictors of all-cause mortality in men. J Appl Physiol (1985). 2004;96(2):814-21.

48. Alcazar J, Navarrete-Villanueva D, Manas A, Gomez-Cabello A, Pedrero-Chamizo R, Alegre LM, et al. 'Fat but powerful' paradox: association of muscle power and adiposity markers with all-cause mortality in older adults from the EXERNET multicentre study. Br J Sports Med. 2021.

49. Delmonico MJ, Harris TB, Visser M, Park SW, Conroy MB, Velasquez-Mieyer P, et al. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. Am J Clin Nutr. 2009;90(6):1579-85.

50. Fragala MS, Kenny AM, Kuchel GA. Muscle Quality in Aging: a Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment. Sports Med. 2015.

51. Fragala MS, Kenny AM, Kuchel GA. Muscle quality in aging: a multi-dimensional approach to muscle functioning with applications for treatment. Sports Med. 2015;45(5):641-58.

52. Brown JC, Harhay MO, Harhay MN. The muscle quality index and mortality among males and females. Ann Epidemiol. 2016;26(9):648-53.

53. Nunes JP, Ribeiro AS, Silva AM, Schoenfeld BJ, Dos Santos L, Cunha PM, et al. Improvements in phase angle are related with muscle quality index after resistance training in older women. J Aging Phys Act. 2019;27:515-20.

54. Imamura K, Ashida H, Ishikawa T, Fujii M. Human major psoas muscle and sacrospinalis muscle in relation to age: a study by computed tomography. J Gerontol. 1983;38(6):678-81.

55. Hamrick MW, McGee-Lawrence ME, Frechette DM. Fatty infiltration of skeletal muscle: mechanisms and comparisons with bone marrow adiposity. Front Endocrinol (Lausanne). 2016;7:69.

56. Akazawa N, Okawa N, Tamura K, Moriyama H. Relationships between intramuscular fat, muscle strength and gait independence in older women: A cross-sectional study. Geriatr Gerontol Int. 2017;17(10):1683-8.

57. Akazawa N, Kishi M, Hino T, Tsuji R, Tamura K, Hioka A, et al. Intramuscular adipose tissue in the quadriceps is more strongly related to recovery of activities of daily living than muscle mass in older inpatients. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2021;12(4):891-9.

58. Akazawa N, Okawa N, Kishi M, Hino T, Tsuji R, Tamura K, et al. Quantitative features of intramuscular adipose tissue of the quadriceps and their association with gait independence in older inpatients: A cross-sectional study. Nutrition. 2020;71:110600.

59. Akazawa N, Kishi M, Hino T, Tsuji R, Tamura K, Moriyama H. Increased intramuscular adipose tissue of the quadriceps is more strongly related to declines in ADL than is loss of muscle mass in older inpatients. Clin Nutr. 2021;40(3):1381-7.

60. Ferrucci L, Fabbri E. Inflammageing: chronic inflammation in ageing, cardiovascular disease, and frailty. Nat Rev Cardiol. 2018;15(9):505-22.

61. Perez LM, Pareja-Galeano H, Sanchis-Gomar F, Emanuele E, Lucia A, Galvez BG. 'Adipaging': ageing and obesity share biological hallmarks related to a dysfunctional adipose tissue. J Physiol. 2016;594(12):3187-207.

62. Mathieu P, Lemieux I, Despres JP. Obesity, inflammation, and cardiovascular risk. Clin Pharmacol Ther. 2010;87(4):407-16.

63. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. Med Sci Sports Exerc. 2009;41(2):459-71.

64. Rosenberg IH. Sarcopenia: origins and clinical relevance. J Nutr. 1997;127(5 Suppl):990S-1S.

65. Piers LS, Soares MJ, McCormack LM, O'Dea K. Is there evidence for an age-related reduction in metabolic rate? J Appl Physiol (1985). 1998;85(6):2196-204.

66. Gallagher D, Belmonte D, Deurenberg P, Wang Z, Krasnow N, Pi-Sunyer FX, et al. Organ-tissue mass measurement allows modeling of REE and metabolically active tissue mass. Am J Physiol. 1998;275(2):E249-58.

67. Shokri-Mashhadi N, Moradi S, Heidari Z, Saadat S. Association of circulating C-reactive protein and high-sensitivity C-reactive protein with components of sarcopenia: A systematic review and meta-analysis of observational studies. Exp Gerontol. 2021;150:111330.

68. Webster JM, Kempen L, Hardy RS, Langen RCJ. Inflammation and skeletal muscle wasting during cachexia. Front Physiol. 2020;11:597675.

69. Schaap LA, Pluijm SM, Deeg DJ, Visser M. Inflammatory markers and loss of muscle mass (sarcopenia) and strength. Am J Med. 2006;119(6):526 e9-17.

70. Visser M, Pahor M, Taaffe DR, Goodpaster BH, Simonsick EM, Newman AB, et al. Relationship of interleukin-6 and tumor necrosis factor-alpha with muscle mass and muscle strength in elderly men and women: the Health ABC Study. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2002;57(5):M326-32.

71. Kim JS, Galvao DA, Newton RU, Gray E, Taaffe DR. Exercise-induced myokines and their effect on prostate cancer. Nat Rev Urol. 2021.

72. Huh JY. The role of exercise-induced myokines in regulating metabolism. Arch Pharm Res. 2018;41(1):14-29.

73. Zhang D, Tan X, Tang N, Huang F, Chen Z, Shi G. Review of research on the role of irisin in tumors. Onco Targets Ther. 2020;13:4423-30.

74. Pedersen BK, Febbraio MA. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. Nat Rev Endocrinol. 2012;8(8):457-65.

75. Pedersen BK. Muscular interleukin-6 and its role as an energy sensor. Med Sci Sports Exerc. 2012;44(3):392-6.

76. Pedersen BK, Steensberg A, Fischer C, Keller C, Keller P, Plomgaard P, et al. Searching for the exercise factor: is IL-6 a candidate? J Muscle Res Cell Motil. 2003;24(2-3):113-9.

77. Das DK, Graham ZA, Cardozo CP. Myokines in skeletal muscle physiology and metabolism: Recent advances and future perspectives. Acta Physiol (Oxf). 2020;228(2):e13367.

78. Gomarasca M, Banfi G, Lombardi G. Myokines: The endocrine coupling of skeletal muscle and bone. Adv Clin Chem. 2020;94:155-218.

79. Kirk B, Feehan J, Lombardi G, Duque G. Muscle, bone, and fat crosstalk: the biological role of myokines, osteokines, and adipokines. Curr Osteoporos Rep. 2020;18(4):388-400.

80. Pedersen L, Hojman P. Muscle-to-organ cross talk mediated by myokines. Adipocyte. 2012;1(3):164-7.

81. Liu L, Guo J, Chen X, Tong X, Xu J, Zou J. The role of irisin in exercise-mediated bone health. Front Cell Dev Biol. 2021;9:668759.

82. Kim S, Choi JY, Moon S, Park DH, Kwak HB, Kang JH. Roles of myokines in exercise-induced improvement of neuropsychiatric function. Pflugers Arch. 2019;471(3):491-505.

83. Fatouros IG. Is irisin the new player in exercise-induced adaptations or not? A 2017 update. Clin Chem Lab Med. 2018;56(4):525-48.

84. Pedersen BK, Febbraio MA. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. Physiol Rev. 2008;88(4):1379-406.

85. Cosio PL, Crespo-Posadas M, Velarde-Sotres A, Pelaez M. Effect of chronic resistance training on circulating irisin: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(5).

86. Anker SD, Morley JE, von Haehling S. Welcome to the ICD-10 code for sarcopenia. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2016;7(5):512-4.

87. Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ, Patel HP, Syddall H, Cooper C, et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. Age Ageing. 2011;40(4):423-9.

88. Leong DP, Teo KK, Rangarajan S, Lopez-Jaramillo P, Avezum A, Jr., Orlandini A, et al. Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. Lancet. 2015;386(9990):266-73.

89. Schaap LA, Koster A, Visser M. Adiposity, muscle mass, and muscle strength in relation to functional decline in older persons. Epidemiol Rev. 2013;35:51-65.

90. Menant JC, Weber F, Lo J, Sturnieks DL, Close JC, Sachdev PS, et al. Strength measures are better than muscle mass measures in predicting health-related outcomes in older people: time to abandon the term sarcopenia? Osteoporos Int. 2017;28(1):59-70.

91. Soysal P, Hurst C, Demurtas J, Firth J, Howden R, Yang L, et al. Handgrip strength and health outcomes: Umbrella review of systematic reviews with meta-analyses of observational studies. J Sport Health Sci. 2021;10(3):290-5.

92. Koon-Yee Lee G, Chun-Ming Au P, Hoi-Yee Li G, Chan M, Li HL, Man-Yung Cheung B, et al. Sarcopenia and mortality in different clinical conditions: A meta-analysis. Osteoporos Sarcopenia. 2021;7(Suppl 1):S19-S27.

93. de Santana FM, Domiciano DS, Goncalves MA, Machado LG, Figueiredo CP, Lopes JB, et al. Association of appendicular lean mass, and subcutaneous and visceral adipose tissue with mortality in older brazilians: the Sao Paulo Ageing & Health Study. J Bone Miner Res. 2019;34(7):1264-74.

94. Sedlmeier AM, Baumeister SE, Weber A, Fischer B, Thorand B, Ittermann T, et al. Relation of body fat mass and fat-free mass to total mortality: results from 7 prospective cohort studies. Am J Clin Nutr. 2021;113(3):639-46.

95. Steffl M, Bohannon RW, Sontakova L, Tufano JJ, Shiells K, Holmerova I. Relationship between sarcopenia and physical activity in older people: a systematic review and meta-analysis. Clin Interv Aging. 2017;12:835-45.

96. Houston DK, Nicklas BJ, Ding J, Harris TB, Tylavsky FA, Newman AB, et al. Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults: the Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study. Am J Clin Nutr. 2008;87(1):150-5.

97. Cruz-Jentoft AJ, Dawson Hughes B, Scott D, Sanders KM, Rizzoli R. Nutritional strategies for maintaining muscle mass and strength from middle age to later life: A narrative review. Maturitas. 2020;132:57-64.

98. Fuggle N, Shaw S, Dennison E, Cooper C. Sarcopenia. Best Practice & Research Clinical Rheumatology. 2017;31(2):218-42.

99. Cleasby ME, Jamieson PM, Atherton PJ. Insulin resistance and sarcopenia: mechanistic links between common co-morbidities. J Endocrinol. 2016;229(2):R67-81.

100. Sampaio RA, Sewo Sampaio PY, Yamada M, Yukutake T, Uchida MC, Tsuboyama T, et al. Arterial stiffness is associated with low skeletal muscle mass in Japanese community-dwelling older adults. Geriatr Gerontol Int. 2014;14 Suppl 1:109-14.

101. Visser AW, de Mutsert R, Loef M, le Cessie S, den Heijer M, Bloem JL, et al. The role of fat mass and skeletal muscle mass in knee osteoarthritis is different for men and women: the NEO study. Osteoarthritis Cartilage. 2014;22(2):197-202.

102. Shishikura K, Tanimoto K, Sakai S, Tanimoto Y, Terasaki J, Hanafusa T. Association between skeletal muscle mass and insulin secretion in patients with type 2 diabetes mellitus. Endocr J. 2014;61(3):281-7.

103. Barsalani R, Brochu M, Dionne IJ. Is there a skeletal muscle mass threshold associated with the deterioration of insulin sensitivity in sedentary lean to obese postmenopausal women? Diabetes Res Clin Pract. 2013;102(2):123-8.

104. Aleman-Mateo H, Lopez Teros MT, Ramirez FA, Astiazaran-Garcia H. Association between insulin resistance and low relative appendicular skeletal muscle mass: evidence from a cohort study in community-dwelling older men and women participants. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2014;69(7):871-7.

105. Mavros Y, Kay S, Simpson KA, Baker MK, Wang Y, Zhao RR, et al. Reductions in C-reactive protein in older adults with type 2 diabetes are related to improvements in body composition following a randomized controlled trial of resistance training. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2014;5(2):111-20.

106. Konig M, Spira D, Demuth I, Steinhagen-Thiessen E, Norman K. Polypharmacy as a risk factor for clinically relevant sarcopenia: results from the Berlin aging Study II. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2017;73(1):117-22.

107. Campins L, Camps M, Riera A, Pleguezuelos E, Yebenes JC, Serra-Prat M. Oral drugs related with muscle wasting and sarcopenia. a review. Pharmacology. 2017;99(1-2):1-8.

108. Srikanthan P, Karlamangla AS. Muscle mass index as a predictor of longevity in older adults. Am J Med. 2014;127(6):547-53.

109. Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, et al. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. Am J Epidemiol. 1998;147(8):755-63.

110. Sardinha LB, Cyrino ES, Santos LD, Ekelund U, Santos DA. Fitness but not weight status is associated with projected physical independence in older adults. Age (Dordr). 2016;38(3):54.

111. Newman AB, Kupelian V, Visser M, Simonsick EM, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, et al. Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2006;61(1):72-7.

112. Santos L, Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Nascimento MA, Tomeleri CM, Souza MF, et al. The improvement in walking speed induced by resistance training is associated with increased muscular strength but not skeletal muscle mass in older women. Eur J Sport Sci. 2017;17(4):488-94.

113. Moore AZ, Caturegli G, Metter EJ, Makrogiannis S, Resnick SM, Harris TB, et al. Difference in muscle quality over the adult life span and biological correlates in the Baltimore Longitudinal Study of Aging. J Am Geriatr Soc. 2014;62(2):230-6.

114. Kalyani RR, Metter EJ, Egan J, Golden SH, Ferrucci L. Hyperglycemia predicts persistently lower muscle strength with aging. Diabetes Care. 2015;38(1):82-90.

115. Senechal M, McGavock JM, Church TS, Lee DC, Earnest CP, Sui X, et al. Cut points of muscle strength associated with metabolic syndrome in men. Med Sci Sports Exerc. 2014;46(8):1475-81.

116. Aversa Z, Zhang X, Fielding RA, Lanza I, LeBrasseur NK. The clinical impact and biological mechanisms of skeletal muscle aging. Bone. 2019;127:26-36.

117. Tsukasaki K, Matsui Y, Arai H, Harada A, Tomida M, Takemura M, et al. Association of muscle strength and gait speed with cross-sectional muscle area determined by mid-thigh computed tomography - A comparison with skeletal muscle mass measured by dual-energy X-Ray absorptiometry. J Frailty Aging. 2020;9(2):82-9.

118. 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. 1994;49(2):M85-94.

119. Shafiee G, Keshtkar A, Soltani A, Ahadi Z, Larijani B, Heshmat R. Prevalence of sarcopenia in the world: a systematic review and meta- analysis of general population studies. J Diabetes Metab Disord. 2017;16:21.

120. Dam TT, Peters KW, Fragala M, Cawthon PM, Harris TB, McLean R, et al. An evidence-based comparison of operational criteria for the presence of sarcopenia. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2014;69(5):584-90.

121. Fernandes LV, Paiva AEG, Silva ACB, de Castro IC, Santiago AF, de Oliveira EP, et al. Prevalence of sarcopenia according to EWGSOP1 and EWGSOP2 in older adults and their associations with unfavorable health outcomes: a systematic review. Aging Clin Exp Res. 2021.

122. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. Age Ageing. 2010;39(4):412-23.

123. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. Med Sci Sports Exerc. 2009;41(7):1510-30.

124. Fragala MS, Cadore EL, Dorgo S, Izquierdo M, Kraemer WJ, Peterson MD, et al. Resistance training for older adults: Position statement from the National Strength and Conditioning Association. J Strength Cond Res. 2019;33(8):2019-52.

125. Lavin KM, Roberts BM, Fry CS, Moro T, Rasmussen BB, Bamman MM. The importance of resistance exercise training to combat neuromuscular aging. Physiology (Bethesda). 2019;34(2):112-22.

126. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc. 2009;41(3):687-708.

127. Hagberg JM, Graves JE, Limacher M, Woods DR, Leggett SH, Cononie C, et al. Cardiovascular responses of 70- to 79-yr-old men and women to exercise training. J Appl Physiol (1985). 1989;66(6):2589-94.

128. Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, Evans WJ. High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. JAMA. 1990;263(22):3029-34.

129. Latham NK, Bennett DA, Stretton CM, Anderson CS. Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2004;59(1):48-61.

130. Steib S, Schoene D, Pfeifer K. Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. Med Sci Sports Exerc. 2010;42(5):902-14.

131. Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon PM. Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. Ageing Res Rev. 2010;9(3):226-37.

132. 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(2):249-58.

133. Grgic J, Garofolini A, Orazem J, Sabol F, Schoenfeld BJ, Pedisic Z. Effects of resistance training on muscle size and strength in very elderly adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Sports Med. 2020;50(11):1983-99.

134. Kassiano W, Costa B, Nunes JP, Antunes M, Kunevaliki G, Castro ESP, et al. Does resistance training promote enough muscular strength increases to move weak older women to better strength categories? Exp Gerontol. 2021;149:111322.

135. Straight CR, Fedewa MV, Toth MJ, Miller MS. Improvements in skeletal muscle fiber size with resistance training are age-dependent in older adults: a systematic review and meta-analysis. J Appl Physiol (1985). 2020;129(2):392-403.

136. Kryger AI, Andersen JL. Resistance training in the oldest old: consequences for muscle strength, fiber types, fiber size, and MHC isoforms. Scand J Med Sci Sports. 2007;17(4):422-30.

137. Abe T, Sakamaki M, Yasuda T, Bemben MG, Kondo M, Kawakami Y, et al. Age-related, site-specific muscle loss in 1507 Japanese men and women aged 20 to 95 years. J Sports Sci Med. 2011;10(1):145-50.

138. Fragala MS, Fukuda DH, Stout JR, Townsend JR, Emerson NS, Boone CH, et al. Muscle quality index improves with resistance exercise training in older adults. Exp Gerontol. 2014;53:1-6.

139. Radaelli R, Taaffe DR, Newton RU, Galvao DA, Lopez P. Exercise effects on muscle quality in older adults: a systematic review and meta-analysis. Sci Rep. 2021;11(1):21085.

140. Reeves ND, Narici MV, Maganaris CN. Effect of resistance training on skeletal muscle-specific force in elderly humans. J Appl Physiol (1985). 2004;96(3):885-92.

141. Ribeiro AS, Picoloto A, Nunes JP, Bezerra ES, Schoenfeld BJ, Cyrino ES. Effects of different resistance training loads on the muscle quality index in older women. J Strength Cond Res. 2020.

142. Pina FLC, Nunes JP, Nascimento MA, Ribeiro AS, Mayhew JL, Cyrino ES. Similar effects of 24 weeks of resistance training performed with different frequencies on muscle strength, muscle mass, and muscle quality in older women. Int J Exerc Sci. 2019;12(6):623-35.

143. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Souza MF, Tomeleri CM, Venturini D, Barbosa DS, et al. Traditional and pyramidal resistance training systems improve muscle quality and metabolic biomarkers in older women: A randomized crossover study. Exp Gerontol. 2016;79:8-15.

144. Orssatto LBR, Cadore EL, Andersen LL, Diefenthaeler F. Why fast velocity resistance training should be prioritized for elderly people. Strength & Conditioning Journal. 2019;41(1):105-14.

145. Evans WJ. Exercise strategies should be designed to increase muscle power. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2000;55(6):M309-10.

146. Hazell T, Kenno K, Jakobi J. Functional benefit of power training for older adults. J Aging Phys Act. 2007;15(3):349-59.

147. 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. 2016;46(3):353-64.

148. Gurjao AL, Gobbi LT, Carneiro NH, Goncalves R, Ferreira de Moura R, Cyrino ES, et al. Effect of strength training on rate of force development in older women. Res Q Exerc Sport. 2012;83(2):268-75.

149. Kosek DJ, Kim JS, Petrella JK, Cross JM, Bamman MM. Efficacy of 3 days/wk resistance training on myofiber hypertrophy and myogenic mechanisms in young vs. older adults. J Appl Physiol. 2006;101(2):531-44.

150. Beard JR, Officer A, de Carvalho IA, Sadana R, Pot AM, Michel JP, et al. The World report on ageing and health: a policy framework for healthy ageing. Lancet. 2016;387(10033):2145-54.

151. Papa EV, Dong X, Hassan M. Resistance training for activity limitations in older adults with skeletal muscle function deficits: a systematic review. Clin Interv Aging. 2017;12:955-61.

152. Dib MM, Tomeleri CM, Nunes JP, Cunha PM, Ribeiro AS, Schiavoni D, et al. Effects of three resistance exercise orders on muscular function and body composition in older women. Int J Sports Med. 2020;41(14):1024-31.

153. Jadczak AD, Makwana N, Luscombe-Marsh N, Visvanathan R, Schultz TJ. Effectiveness of exercise interventions on physical function in community-dwelling frail older people: an umbrella review of systematic reviews. JBI Database System Rev Implement Rep. 2018;16(3):752-75.

154. Oiestad BE, Juhl CB, Culvenor AG, Berg B, Thorlund JB. Knee extensor muscle weakness is a risk factor for the development of knee osteoarthritis: an updated systematic review and meta-analysis including 46 819 men and women. Br J Sports Med. 2021.

155. Fischer SC, Calley DQ, Hollman JH. Effect of an exercise program that includes deadlifts on low back pain. J Sport Rehabil. 2021;30(4):672-5.

156. Cavalcante EF, Ribeiro AS, do Nascimento MA, Silva AM, Tomeleri CM, Nabuco HCG, et al. Effects of different resistance training frequencies on fat in overweight/obese older women. Int J Sports Med. 2018;39(7):527-34.

157. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Dos Santos L, Nunes JP, Tomeleri CM, Cunha PM, et al. Resistance training improves a cellular health parameter in obese older women: a randomized controlled trial. J Strength Cond Res. 2020;34(10):2996-3002.

158. Hunter GR, Wetzstein CJ, Fields DA, Brown A, Bamman MM. Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. J Appl Physiol (1985). 2000;89(3):977-84.

159. Ribeiro AS, Pereira LC, Schoenfeld BJ, Nunes JP, Kassiano W, Nabuco HCG, et al. Moderate and higher protein intakes promote superior body recomposition in older women performing resistance training. Med Sci Sports Exerc. 2022.

160. Wackerhage H, Schoenfeld BJ, Hamilton DL, Lehti M, Hulmi JJ. Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. J Appl Physiol (1985). 2019;126(1):30-43.

161. Slater GJ, Dieter BP, Marsh DJ, Helms ER, Shaw G, Iraki J. Is an energy surplus required to maximize skeletal muscle hypertrophy associated with resistance training. Front Nutr. 2019;6:131.

162. Phillips WT, Ziuraitis JR. Energy cost of single-set resistance training in older adults. J Strength Cond Res. 2004;18(3):606-9.

163. Mookerjee S, Welikonich MJ, Ratamess NA. Comparison of energy expenditure during single-set vs. multiple-set resistance exercise. J Strength Cond Res. 2016;30(5):1447-52.

164. Heden T, Lox C, Rose P, Reid S, Kirk EP. One-set resistance training elevates energy expenditure for 72 h similar to three sets. Eur J Appl Physiol. 2011;111(3):477-84.

165. MacKenzie-Shalders K, Kelly JT, So D, Coffey VG, Byrne NM. The effect of exercise interventions on resting metabolic rate: A systematic review and meta-analysis. J Sports Sci. 2020;38(14):1635-49.

166. Treuth MS, Hunter GR, Weinsier RL, Kell SH. Energy expenditure and substrate utilization in older women after strength training: 24-h calorimeter results. J Appl Physiol (1985). 1995;78(6):2140-6.

167. Wewege MA, Desai I, Honey C, Coorie B, Jones MD, Clifford BK, et al. The effect of resistance training in healthy adults on body fat percentage, fat mass and visceral fat: a systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2021.

168. Ballor DL, Katch VL, Becque MD, Marks CR. Resistance weight training during caloric restriction enhances lean body weight maintenance. Am J Clin Nutr. 1988;47(1):19-25.

169. Bouchard DR, Soucy L, Senechal M, Dionne IJ, Brochu M. Impact of resistance training with or without caloric restriction on physical capacity in obese older women. Menopause. 2009;16(1):66-72.

170. Ghasemikaram M, Chaudry O, Nagel AM, Uder M, Jakob F, Kemmler W, et al. Effects of 16 months of high intensity resistance training on thigh muscle fat infiltration in elderly men with osteosarcopenia. Geroscience. 2021;43(2):607-17.

171. Hashida R, Kawaguchi T, Bekki M, Omoto M, Matsuse H, Nago T, et al. Aerobic vs. resistance exercise in non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review. J Hepatol. 2017;66(1):142-52.

172. Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV. Resistance training and bone mineral density in women: a meta-analysis of controlled trials. Am J Phys Med Rehabil. 2001;80(1):65-77.

173. Cooper C, Atkinson EJ, Jacobsen SJ, O'Fallon WM, Melton LJ, 3rd. Population-based study of survival after osteoporotic fractures. Am J Epidemiol. 1993;137(9):1001-5.

174. Guadalupe-Grau A, Fuentes T, Guerra B, Calbet JA. Exercise and bone mass in adults. Sports Med. 2009;39(6):439-68.

175. Kelley GA. Exercise and regional bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analytic review of randomized trials. Am J Phys Med Rehabil. 1998;77(1):76-87.

176. Nelson ME, Fiatarone MA, Morganti CM, Trice I, Greenberg RA, Evans WJ. Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. A randomized controlled trial. JAMA. 1994;272(24):1909-14.

177. Zaslavsky C, Gus I. The elderly. Heart disease and comorbidities. Arq Bras Cardiol. 2002;79(6):635-9.

178. Hovanec N, Sawant A, Overend TJ, Petrella RJ, Vandervoort AA. Resistance training and older adults with type 2 diabetes mellitus: strength of the evidence. J Aging Res. 2012;2012:284635.

179. Tomeleri CM, Souza MF, Burini RC, Cavaglieri CR, Ribeiro AS, Antunes M, et al. Resistance training reduces metabolic syndrome and inflammatory markers in older women: A randomized controlled trial. J Diabetes. 2018;10(4):328-37.

180. Tomeleri CM, Ribeiro AS, Souza MF, Schiavoni D, Schoenfeld BJ, Venturini D, et al. Resistance training improves inflammatory level, lipid and glycemic profiles in obese older women: A randomized controlled trial. Exp Gerontol. 2016.

181. Ribeiro AS, Tomeleri CM, Souza MF, Pina FL, Schoenfeld BJ, Nascimento MA, et al. Effect of resistance training on C-reactive protein, blood glucose and lipid profile in older women with differing levels of RT experience. Age (Dordr). 2015;37(6):109.

182. Strasser B, Siebert U, Schobersberger W. Resistance training in the treatment of the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of the effect of resistance training on metabolic clustering in patients with abnormal glucose metabolism. Sports Med. 2010;40(5):397-415.

183. Strasser B, Pesta D. Resistance training for diabetes prevention and therapy: experimental findings and molecular mechanisms. Biomed Res Int. 2013;2013:805217.

184. Kelley GA, Kelley KS. Impact of progressive resistance training on lipids and lipoproteins in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. Prev Med. 2009;48(1):9-19.

185. Phillips SM, Winett RA. Uncomplicated resistance training and health-related outcomes: evidence for a public health mandate. Curr Sports Med Rep. 2010;9(4):208-13.

186. Lambert CP, Flynn MG. Fatigue during high-intensity intermittent exercise: application to bodybuilding. Sports Med. 2002;32(8):511-22.

187. Grontved A, Rimm EB, Willett WC, Andersen LB, Hu FB. A prospective study of weight training and risk of type 2 diabetes mellitus in men. Arch Intern Med. 2012;172(17):1306-12.

188. Shiroma EJ, Cook NR, Manson JE, Moorthy MV, Buring JE, Rimm EB, et al. Strength training and the risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease. Med Sci Sports Exerc. 2017;49(1):40-6.

189. Castaneda C, Layne JE, Munoz-Orians L, Gordon PL, Walsmith J, Foldvari M, et al. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. Diabetes Care. 2002;25(12):2335-41.

190. Yang Z, Scott CA, Mao C, Tang J, Farmer AJ. Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2014;44(4):487-99.

191. LeBrasseur NK, Walsh K, Arany Z. Metabolic benefits of resistance training and fast glycolytic skeletal muscle. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2011;300(1):E3-10.

192. Mann S, Beedie C, Jimenez A. Differential effects of aerobic exercise, resistance training and combined exercise modalities on cholesterol and the lipid profile: review, synthesis and recommendations. Sports Med. 2014;44(2):211-21.

193. Wolfe RR. The underappreciated role of muscle in health and disease. Am J Clin Nutr. 2006;84(3):475-82.

194. Safar ME, Blacher J, Jankowski P. Arterial stiffness, pulse pressure, and cardiovascular disease-is it possible to break the vicious circle? Atherosclerosis. 2011;218(2):263-71.

195. Donato AJ, Pierce GL, Lesniewski LA, Seals DR. Role of NFkappaB in age-related vascular endothelial dysfunction in humans. Aging (Albany NY). 2009;1(8):678-80.

196. Martins D, Nelson K, Pan D, Tareen N, Norris K. The effect of gender on age-related blood pressure changes and the prevalence of isolated systolic hypertension among older adults: data from NHANES III. J Gend Specif Med. 2001;4(3):10-3, 20.

197. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. Scand J Med Sci Sports. 2015;25 Suppl 3:1-72.

198. Pescatello LS, MacDonald HV, Lamberti L, Johnson BT. Exercise for hypertension: A prescription update integrating existing recommendations with emerging research. Curr Hypertens Rep. 2015;17(11):87.

199. Abrahin O, Moraes-Ferreira R, Cortinhas-Alves EA, Guerreiro JF. Is resistance training alone an antihypertensive therapy? A meta-analysis. J Hum Hypertens. 2021.

200. Tomeleri CM, Marcori AJ, Ribeiro AS, Gerage AM, Padilha CS, Schiavoni D, et al. Chronic blood pressure reductions and increments in plasma nitric oxide bioavailability. Int J Sports Med. 2017;38(4):290-9.

201. Kelley GA, Kelley KS. Progressive resistance exercise and resting blood pressure : A meta-analysis of randomized controlled trials. Hypertension. 2000;35(3):838-43.

202. Cornelissen VA, Fagard RH, Coeckelberghs E, Vanhees L. Impact of resistance training on blood pressure and other cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomized, controlled trials. Hypertension. 2011;58(5):950-8.

203. Cornelissen VA, Smart NA. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. J Am Heart Assoc. 2013;2(1):e004473.

204. Ribeiro AS, Nunes JP, Coronado KE, Andrade-Lima A, Dos Santos L, Aguiar AF, et al. Effect of resistance training intensity on blood pressure in older women. J Aging Phys Act. 2020;29(2):225-32.

205. Mitchell GF. Arterial stiffness and hypertension: chicken or egg? Hypertension. 2014;64(2):210-4.

206. Cunha PM, Ribeiro AS, Nunes JP, Tomeleri CM, Nascimento MA, Moraes GK, et al. Resistance training performed with single-set is sufficient to reduce cardiovascular risk factors in untrained older women: The randomized clinical trial. Active Aging Longitudinal Study. Arch Gerontol Geriatr. 2019;81:171-5.

207. Dos Santos L, Ribeiro AS, Nunes JP, Tomeleri CM, Nabuco HCG, Nascimento MA, et al. Effects of pyramid resistance-training system with different repetition zones on cardiovascular risk factors in older women: a randomized controlled trial. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(17).

208. Donato AJ, Morgan RG, Walker AE, Lesniewski LA. Cellular and molecular biology of aging endothelial cells. J Mol Cell Cardiol. 2015.

209. Peake J, Della Gatta P, Cameron-Smith D. Aging and its effects on inflammation in skeletal muscle at rest and following exercise-induced muscle injury. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2010;298(6):R1485-95.

210. Calle MC, Fernandez ML. Effects of resistance training on the inflammatory response. Nutr Res Pract. 2010;4(4):259-69.

211. Soares FH, de Sousa MB. Different types of physical activity on inflammatory biomarkers in women with or without metabolic disorders: a systematic review. Women Health. 2013;53(3):298-316.

212. Buresh R, Berg K. Role of exercise on inflamation and chronic disease. Strength & Conditioning Journal. 2014;36(4):87-93.

213. Davison S, Davis SR. New markers for cardiovascular disease risk in women: impact of endogenous estrogen status and exogenous postmenopausal hormone therapy. J Clin Endocrinol Metab. 2003;88(6):2470-8.

214. Luc G, Bard JM, Juhan-Vague I, Ferrieres J, Evans A, Amouyel P, et al. C-reactive protein, interleukin-6, and fibrinogen as predictors of coronary heart disease: the PRIME Study. Arterioscler Thromb Vasc Biol. 2003;23(7):1255-61.

215. Selvin E, Paynter NP, Erlinger TP. The effect of weight loss on C-reactive protein: a systematic review. Arch Intern Med. 2007;167(1):31-9.

216. Pepys MB, Hirschfield GM. C-reactive protein: a critical update. J Clin Invest. 2003;111(12):1805-12.

217. Kengne AP, Batty GD, Hamer M, Stamatakis E, Czernichow S. Association of C-reactive protein with cardiovascular disease mortality according to diabetes status: pooled analyses of 25,979 participants from four U.K. prospective cohort studies. Diabetes Care. 2012;35(2):396-403.

218. Ridker PM. Clinical application of C-reactive protein for cardiovascular disease detection and prevention. Circulation. 2003;107(3):363-9.

219. Pai JK, Pischon T, Ma J, Manson JE, Hankinson SE, Joshipura K, et al. Inflammatory markers and the risk of coronary heart disease in men and women. N Engl J Med. 2004;351(25):2599-610.

220. Tomeleri CM, Ribeiro AS, Cavaglieri CR, Deminice R, Schoenfeld BJ, Schiavoni D, et al. Correlations between resistance training-induced changes on phase angle and biochemical markers in older women. Scand J Med Sci Sports. 2018;28(10):2173-82.

221. Sardeli AV, Tomeleri CM, Cyrino ES, Fernhall B, Cavaglieri CR, Chacon-Mikahil MPT. Effect of resistance training on inflammatory markers of older adults: A meta-analysis. Exp Gerontol. 2018;111:188-96.

222. Donges CE, Duffield R, Drinkwater EJ. Effects of resistance or aerobic exercise training on interleukin-6, C-reactive protein, and body composition. Med Sci Sports Exerc. 2010;42(2):304-13.

223. Phillips MD, Patrizi RM, Cheek DJ, Wooten JS, Barbee JJ, Mitchell JB. Resistance training reduces subclinical inflammation in obese, postmenopausal women. Med Sci Sports Exerc. 2012;44(11):2099-110.

224. Lera Orsatti F, Nahas EA, Maesta N, Nahas Neto J, Lera Orsatti C, Vannucchi Portari G, et al. Effects of resistance training frequency on body composition and metabolics and inflammatory markers in overweight postmenopausal women. J Sports Med Phys Fitness. 2014;54(3):317-25.

225. Lee JS, Kim CG, Seo TB, Kim HG, Yoon SJ. Effects of 8-week combined training on body composition, isokinetic strength, and cardiovascular disease risk factors in older women. Aging Clin Exp Res. 2015;27(2):179-86.

226. Padilha CS, Ribeiro AS, Fleck SJ, Nascimento MA, Pina FL, Okino AM, et al. Effect of resistance training with different frequencies and detraining on muscular strength and oxidative stress biomarkers in older women. Age (Dordr). 2015;37(5):104.

227. Ribeiro AS, Deminice R, Schoenfeld BJ, Tomeleri CM, Padilha CS, Venturini D, et al. Effect of resistance training systems on oxidative stress in older women. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2017;27(5):439-47.

228. Souza MF, Tomeleri CM, Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Silva AM, Sardinha LB, et al. Effect of resistance training on phase angle in older women: A randomized controlled trial. Scand J Med Sci Sports. 2017;27(11):1308-16.

229. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Souza MF, Tomeleri CM, Silva AM, Teixeira DC, et al. Resistance training prescription with different load-management methods improves phase angle in older women. Eur J Sport Sci. 2017;17(7):913-21.

230. Ribeiro AS, Nascimento MA, Schoenfeld BJ, Nunes JP, Aguiar AF, Cavalcante EF, et al. Effects of single set resistance training with different frequencies on a cellular health indicator in older women. J Aging Phys Act. 2018;26(4):537-43.

231. Cunha PM, Werneck AO, Nunes JP, Stubbs B, Schuch FB, Kunevaliki G, et al. Resistance training reduces depressive and anxiety symptoms in older women: a pilot study. Aging Ment Health. 2021:1-7.

232. Li Z, Peng X, Xiang W, Han J, Li K. The effect of resistance training on cognitive function in the older adults: a systematic review of randomized clinical trials. Aging Clin Exp Res. 2018;30(11):1259-73.

233. Dankel SJ, Loenneke JP, Loprinzi PD. Dose-dependent association between muscle-strengthening activities and all-cause mortality: Prospective cohort study among a national sample of adults in the USA. Arch Cardiovasc Dis. 2016;109(11):626-33.

234. Patel AV, Hodge JM, Rees-Punia E, Teras LR, Campbell PT, Gapstur SM. Relationship between muscle-strengthening activity and cause-specific mortality in a large US cohort. Prev Chronic Dis. 2020;17:E78.

235. Zhao M, Veeranki SP, Magnussen CG, Xi B. Recommended physical activity and all cause and cause specific mortality in US adults: prospective cohort study. BMJ. 2020;370:m2031.

236. Bennie JA, Pedisic Z, van Uffelen JG, Charity MJ, Harvey JT, Banting LK, et al. Pumping Iron in Australia: Prevalence, Trends and Sociodemographic Correlates of Muscle Strengthening Activity Participation from a National Sample of 195,926 Adults. PLoS One. 2016;11(4):e0153225.

237. Bennie JA, Pedisic Z, van Uffelen JG, Gale J, Banting LK, Vergeer I, et al. The descriptive epidemiology of total physical activity, muscle-strengthening exercises and sedentary behaviour among Australian adults--results from the National Nutrition and Physical Activity Survey. BMC Public Health. 2016;16:73.

238. Strain T, Fitzsimons C, Kelly P, Mutrie N. The forgotten guidelines: cross-sectional analysis of participation in muscle strengthening and balance & co-ordination activities by adults and older adults in Scotland. BMC Public Health. 2016;16(1):1108.

239. Keadle SK, McKinnon R, Graubard BI, Troiano RP. Prevalence and trends in physical activity among older adults in the United States: A comparison across three national surveys. Prev Med. 2016;89:37-43.

240. Petrella JK, Kim JS, Mayhew DL, Cross JM, Bamman MM. Potent myofiber hypertrophy during resistance training in humans is associated with satellite cell-mediated myonuclear addition: a cluster analysis. J Appl Physiol (1985). 2008;104(6):1736-42.

241. Mobley CB, Haun CT, Roberson PA, Mumford PW, Kephart WC, Romero MA, et al. Biomarkers associated with low, moderate, and high vastus lateralis muscle hypertrophy following 12 weeks of resistance training. PLoS One. 2018;13(4):e0195203.

242. Hammarström D, Øfsteng S, Koll L, Hanestadhaugen M, Hollan I, Apro W, et al. Benefits of higher resistance-training volume depends on ribosome biogenesis. bioRxiv. 2019:666347.

243. Bamman MM, Petrella JK, Kim JS, Mayhew DL, Cross JM. Cluster analysis tests the importance of myogenic gene expression during myofiber hypertrophy in humans. J Appl Physiol (1985). 2007;102(6):2232-9.

244. Nunes JP, Pina FLC, Ribeiro AS, Cunha PM, Kassiano W, Costa BDV, et al. Responsiveness to muscle mass gain following 12 and 24 weeks of resistance training in older women. Aging Clin Exp Res. 2021;33(4):1071-8.

245. Churchward-Venne TA, Tieland M, Verdijk LB, Leenders M, Dirks ML, de Groot LC, et al. There are no nonresponders to resistance-type exercise training in older men and women. J Am Med Dir Assoc. 2015;16(5):400-11.

246. Schoenfeld BJ, Vigotsky AD, Grgic J, Haun C, Contreras B, Delcastillo K, et al. Do the anatomical and physiological properties of a muscle determine its adaptive response to different loading protocols? Physiol Rep. 2020;8(9):e14427.

247. Damas F, Barcelos C, Nobrega SR, Ugrinowitsch C, Lixandrao ME, Santos L, et al. Individual muscle hypertrophy and strength responses to high vs. low resistance training frequencies. J Strength Cond Res. 2019;33(4):897-901.

248. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Hakkinen K. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. Eur J Appl Physiol. 2003;89(6):555-63.

249. Santos Junior ERT, de Salles BF, Dias I, Ribeiro AS, Simão R, Willardson JM. Classification and determination model of resistance training status. Strength Cond J. 2021;43(5):77-86.

250. Antunes M, Kassiano W, Silva AM, Schoenfeld BJ, Ribeiro AS, Costa B, et al. Volume reduction: which dose is sufficient to retain resistance training adaptations in older women? Int J Sports Med. 2022;43:68-76.

251. Ogasawara R, Yasuda T, Ishii N, Abe T. Comparison of muscle hypertrophy following 6-month of continuous and periodic strength training. Eur J Appl Physiol. 2013;113(4):975-85.

252. Blazevich AJ, Wilson CJ, Alcaraz PE, Rubio-Arias JA. Effects of resistance training movement pattern and velocity on isometric muscular rate of force development: A systematic review with meta-analysis and meta-regression. Sports Med. 2020.

253. Gjovaag T, Hjelmeland AK, Oygard JB, Vikne H, Mirtaheri P. Acute hemodynamic and cardiovascular responses following resistance exercise to voluntary exhaustion. Effects of different loadings and exercise durations. J Sports Med Phys Fitness. 2016;56(5):616-23.

254. Gjovaag TF, Mirtaheri P, Simon K, Berdal G, Tuchel I, Westlie T, et al. Hemodynamic responses to resistance exercise in patients with coronary artery disease. Med Sci Sports Exerc. 2016;48(4):581-8.

255. Kumar V, Selby A, Rankin D, Patel R, Atherton P, Hildebrandt W, et al. Age-related differences in the dose-response relationship of muscle protein synthesis to resistance exercise in young and old men. J Physiol. 2009;587(Pt 1):211-7.

256. Burd NA, West DW, Staples AW, Atherton PJ, Baker JM, Moore DR, et al. Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. PLoS One. 2010;5(8):e12033.

257. Schoenfeld BJ, Contreras B, Willardson JM, Fontana F, Tiryaki-Sonmez G. Muscle activation during low- versus high-load resistance training in well-trained men. Eur J Appl Physiol. 2014;114(12):2491-7.

258. Shimano T, Kraemer WJ, Spiering BA, Volek JS, Hatfield DL, Silvestre R, et al. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. J Strength Cond Res. 2006;20(4):819-23.

259. Pritchett RC, Green JM, Wickwire PJ, Pritchett KL, Kovacs PS. Acute and session RPE responses during resistance training: bouts to failure at 60% and 90% of 1RM. South African Journal of Sports Medicine. 2009;21(1):23-6.

260. Ribeiro AS, Dos Santos ED, Nunes JP, Schoenfeld BJ. Acute effects of different training loads on affective responses in resistance-trained men. Int J Sports Med. 2019;40(13):850-5.

261. Elsangedy HM, Machado DGDS, Krinski K, Duarte do Nascimento PH, De Amorim Oliveira G, Santos TM, et al. Let the pleasure guide your resistance training intensity. Med Sci Sports Exerc. 2018;50(7):1472-9.

262. Silva RB, Eslick GD, Duque G. Exercise for falls and fracture prevention in long term care facilities: a systematic review and meta-analysis. J Am Med Dir Assoc. 2013;14(9):685-9 e2.

263. Borde R, Hortobagyi T, Granacher U. Dose-Response relationships of resistance training in healthy old adults: a systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2015;45(12):1693-720.

264. Valenzuela T. Efficacy of progressive resistance training interventions in older adults in nursing homes: a systematic review. J Am Med Dir Assoc. 2012;13(5):418-28.

265. Csapo R, Alegre LM. Effects of resistance training with moderate vs heavy loads on muscle mass and strength in the elderly: A meta-analysis. Scand J Med Sci Sports. 2016;26(9):995-1006.

266. Nunes JP, Kassiano W, Costa BDV, Mayhew JL, Ribeiro AS, Cyrino ES. Equating resistance-training volume between programs focused on muscle hypertrophy. Sports Med. 2021;51(6):1171-8.

267. Figueiredo VC, de Salles BF, Trajano GS. Volume for muscle hypertrophy and health outcomes: the most effective variable in resistance training. Sports Med. 2018;48(3):499-505.

268. Kerr D, Morton A, Dick I, Prince R. Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent. J Bone Miner Res. 1996;11(2):218-25.

269. de Freitas MC, de Souza Pereira CG, Batista VC, Rossi FE, Ribeiro AS, Cyrino ES, et al. Effects of linear versus nonperiodized resistance training on isometric force and skeletal muscle mass adaptations in sarcopenic older adults. J Exerc Rehabil. 2019;15(1):148-54.

270. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Fleck SJ, Pina FLC, Nascimento MA, Cyrino ES. Effects of traditional and pyramidal resistance training systems on muscular strength, muscle mass, and hormonal responses in older women: a randomized crossover trial. J Strength Cond Res. 2017;31(7):1888-96.

271. Dos Santos L, Ribeiro AS, Cavalcante EF, Nabuco HC, Antunes M, Schoenfeld BJ, et al. Effects of modified pyramid system on muscular strength and hypertrophy in older women. Int J Sports Med. 2018;39(8):613-8.

272. Pereira LC, Nunes JP, Kassiano W, Aguiar AF, Ribeiro AS. Acute effect of different resistance training loads on perceived effort and affectivity in older women: a cross-over and randomized study. Aging Clin Exp Res. 2022.

273. Ekkekakis P. People have feelings! Exercise psychology in paradigmatic transition. Curr Opin Psychol. 2017;16:84-8.

274. Ekkekakis P. Let them roam free? Physiological and psychological evidence for the potential of self-selected exercise intensity in public health. Sports Med. 2009;39(10):857-88.

275. Williams DM, Dunsiger S, Ciccolo JT, Lewis BA, Albrecht AE, Marcus BH. Acute affective response to a moderate-intensity exercise stimulus predicts physical activity participation 6 and 12 months later. Psychol Sport Exerc. 2008;9(3):231-45.

276. de Vos NJ, Singh NA, Ross DA, Stavrinos 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. 2005;60(5):638-47.

277. Cadore EL, Menger E, Teodoro JL, da Silva LXN, Boeno FP, Umpierre D, et al. Functional and physiological adaptations following concurrent training using sets with and without concentric failure in elderly men: A randomized clinical trial. Exp Gerontol. 2018;110:182-90.

278. da Silva LXN, Teodoro JL, Menger E, Lopez P, Grazioli R, Farinha J, et al. Repetitions to failure versus not to failure during concurrent training in healthy elderly men: A randomized clinical trial. Exp Gerontol. 2018;108:18-27.

279. Schoenfeld BJ, Grgic J. Does training to failure maximize muscle hypertrophy? Strength & Conditioning Journal. 2019;41(5):108-13.

280. Helms ER, Cronin J, Storey A, Zourdos MC. Application of the repetitions in reserve-based rating of perceived exertion scale for resistance training. Strength Cond J. 2016;38(4):42-9.

281. Halperin I, Malleron T, Har-Nir I, Androulakis-Korakakis P, Wolf M, Fisher J, et al. Accuracy in predicting repetitions to task failure in resistance exercise: a scoping review and exploratory meta-analysis. Sports Med. 2021.

282. Buskard ANL, Jacobs KA, Eltoukhy MM, Strand KL, Villanueva L, Desai PP, et al. Optimal approach to load progressions during strength training in older adults. Med Sci Sports Exerc. 2019;51(11):2224-33.

283. Wilk M, Zajac A, Tufano JJ. The influence of movement tempo during resistance training on muscular strength and hypertrophy responses: a review. Sports Med. 2021;51(8):1629-50.

284. Schoenfeld BJ, Ogborn DI, Krieger JW. Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2015;45(4):577-85.

285. Orssatto LBR, Bezerra ES, Shield AJ, Trajano GS. Is power training effective to produce muscle hypertrophy in older adults? A systematic review and meta-analysis. Appl Physiol Nutr Metab. 2020;45(9):1031-40.

286. Pereira PEA, Motoyama YL, Esteves GJ, Quinelato WC, Botter L, Tanaka KH, et al. Resistance training with slow speed of movement is better for hypertrophy and muscle strength gains than fast speed of movement. International Journal of Applied Exercise Physiology. 2016;5(2):37-43.

287. Azevedo PHSM, Oliveira MGD, Schoenfeld BJ. Effect of different eccentric tempos on hypertrophy and strength of the lower limbs. Biology of Sport. 2021:443-9.

288. Shibata K, Takizawa K, Nosaka K, Mizuno M. Effects of prolonging eccentric phase duration in parallel back-squat training to momentary failure on muscle cross-sectional area, squat one repetition maximum, and performance tests in university soccer players. J Strength Cond Res. 2018.

289. Martins-Costa HC, Lacerda LT, Diniz RCR, Lima FV, Andrade AGP, Peixoto GH, et al. Equalization of training protocols by time under tension determines the magnitude of changes in strength and muscular hypertrophy. J Strength Cond Res. 2020.

290. Crewther B, Cronin J, Keogh J. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute mechanical responses. Sports Med. 2005;35(11):967-89.

291. Davies TB, Kuang K, Orr R, Halaki M, Hackett D. Effect of movement velocity during resistance training on dynamic muscular strength: a systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2017;47(8):1603-17.

292. Sanchez-Moreno M, Cornejo-Daza PJ, Gonzalez-Badillo JJ, Pareja-Blanco F. Effects of velocity loss during body mass prone-grip pull-up training on strength and endurance performance. J Strength Cond Res. 2020;34(4):911-7.

293. 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(3):461-7.

294. Rantanen T, Avela J. Leg extension power and walking speed in very old people living independently. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 1997;52(4):M225-31.

295. Bassey EJ, Fiatarone MA, O'Neill EF, Kelly M, Evans WJ, Lipsitz LA. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. Clin Sci (Lond). 1992;82(3):321-7.

296. Ward-Ritacco CL, Adrian AL, Johnson MA, Rogers LQ, Evans EM. Adiposity, physical activity, and muscle quality are independently related to physical function performance in middle-aged postmenopausal women. Menopause. 2014;21(10):1114-21.

297. Reid KF, Fielding RA. Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. Exerc Sport Sci Rev. 2012;40(1):4-12.

298. 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. 2002;50(4):655-62.

299. Bottaro M, Machado SN, Nogueira W, Scales R, Veloso J. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. Eur J Appl Physiol. 2007;99(3):257-64.

300. 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(3):374-80.

301. Guizelini PC, de Aguiar RA, Denadai BS, Caputo F, Greco CC. Effect of resistance training on muscle strength and rate of force development in healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. Exp Gerontol. 2018;102:51-8.

302. Behm DG, Sale DG. Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. J Appl Physiol (1985). 1993;74(1):359-68.

303. de Vos NJ, Singh NA, Ross DA, Stavrinos TM, Orr R, Fiatarone Singh MA. Effect of power-training intensity on the contribution of force and velocity to peak power in older adults. J Aging Phys Act. 2008;16(4):393-407.

304. Schoenfeld B, Grgic J. Evidence-based guidelines for resistance training volume to maximize muscle hypertrophy. Strength Cond J. 2018;40(4):107-12.

305. Schoenfeld BJ, Grgic J, Haun C, Itagaki T, Helms ER. Calculating set-volume for the limb muscles with the performance of multi-joint exercises: implications for resistance training prescription. Sports (Basel). 2019;7(7).

306. Baz-Valle E, Fontes-Villalba M, Santos-Concejero J. Total number of sets as a training volume quantification method for muscle hypertrophy: a systematic review. J Strength Cond Res. 2021;35(3):870-8.

307. Carneiro NH, Ribeiro AS, Nascimento MA, Gobbo LA, Schoenfeld BJ, Achour Junior A, et al. Effects of different resistance training frequencies on flexibility in older women. Clin Interv Aging. 2015;10:531-8.

308. Nascimento MAD, Gerage AM, Silva D, Ribeiro AS, Machado D, Pina FLC, et al. Effect of resistance training with different frequencies and subsequent detraining on muscle mass and appendicular lean soft tissue, IGF-1, and testosterone in older women. Eur J Sport Sci. 2019;19(2):199-207.

309. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. J Sports Sci. 2017;35(11):1073-82.

310. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Pina FL, Souza MF, Nascimento MA, Santos L, et al. Resistance training in older women: Comparison of single vs. multiple sets on muscle strength and body composition. Isokinet Exerc Sci. 2015;23:53-60.

311. Cunha PM, Ribeiro AS, Tomeleri CM, Schoenfeld BJ, Silva AM, Souza MF, et al. The effects of resistance training volume on osteosarcopenic obesity in older women. J Sports Sci. 2018;36(14):1564-71.

312. Cunha PM, Ribeiro AS, Padilha C, Nunes JP, Schoenfeld BJ, Cyrino LT, et al. Improvement of oxidative stress in older women is dependent on resistance training volume: Active Aging Longitudinal Study. J Strength Cond Res. 2020.

313. Cunha PM, Tomeleri CM, Nascimento MA, Mayhew JL, Fungari E, Cyrino LT, et al. Comparision of low and high volume of resistance training on body fat and blood biomarkers in untrained older women: a randomized clinical trial. J Strength Cond Res. 2021;35(1):1-8.

314. Oliveira-Junior GN, de Sousa JFR, Carneiro M, Martins FM, Santagnello SB, Souza MVC, et al. Resistance training volume enhances muscle hypertrophy, but not strength in postmenopausal women: a randomized controlled trial. J Strength Cond Res. 2020.

315. Radaelli R, Botton CE, Wilhelm EN, Bottaro M, Brown LE, Lacerda F, et al. Time course of low- and high-volume strength training on neuromuscular adaptations and muscle quality in older women. Age (Dordr). 2014;36(2):881-92.

316. Grgic J, Schoenfeld BJ, Davies TB, Lazinica B, Krieger JW, Pedisic Z. Effect of resistance training frequency on gains in muscular strength: A systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2018;48(5):1207-20.

317. Schoenfeld BJ, Grgic J, Krieger J. How many times per week should a muscle be trained to maximize muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis of studies examining the effects of resistance training frequency. J Sports Sci. 2019;37(11):1286-95.

318. Fell J, Williams D. The effect of aging on skeletal-muscle recovery from exercise: possible implications for aging athletes. J Aging Phys Act. 2008;16(1):97-115.

319. Bezerra ES, Schoenfeld BJ, Orssatto LBR, Mayhew JL, Ribeiro AS. Resistance training exercise selection: efficiency, safety and comfort analysis method. Bra J Kin Human Perf. 2021;23:e82849.

320. Tino D, Hillis C. The full can exercise as the recommended exercise for strengthening the supraspinatus while minimizing impingement. Strength Cond J. 2010;32(5):33-5.

321. Ribeiro AS, Nunes JP, Schoenfeld BJ. Selection of resistance exercises for older individuals: the forgotten variable. Sports Med. 2020;50(6):1051-7.

322. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Nunes JP. Large and small muscles in resistance training: is it time for a better definition? Strength & Conditioning Journal. 2017;39(5):33-5.

323. Kasai T, Ishiguro N, Matsui Y, Harada A, Takemura M, Yuki A, et al. Sex- and age-related differences in mid-thigh composition and muscle quality determined by computed tomography in middle-aged and elderly Japanese. Geriatr Gerontol Int. 2015;15(6):700-6.

324. Schoenfeld BJ. Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. J Strength Cond Res. 2010;24(12):3497-506.

325. Clark DR, Lambert MI, Hunter AM. Muscle activation in the loaded free barbell squat: a brief review. J Strength Cond Res. 2012;26(4):1169-78.

326. Hartmann H, Wirth K, Klusemann M. Analysis of the load on the knee joint and vertebral column with changes in squatting depth and weight load. Sports Med. 2013;43(10):993-1008.

327. Escamilla RF. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. Med Sci Sports Exerc. 2001;33(1):127-41.

328. Lima AB, Bezerra ES, Orssatto LBR, Vieira EP, Picanco LAA, Dos Santos JOL. Functional resistance training can increase strength, knee torque ratio, and functional performance in elderly women. J Exerc Rehabil. 2018;14(4):654-9.

329. Saeterbakken AH, Olsen A, Behm DG, Bardstu HB, Andersen V. The short- and long-term effects of resistance training with different stability requirements. PLoS One. 2019;14(4):e0214302.

330. Vinstrup J, Calatayud J, Jakobsen MD, Sundstrup E, Jay K, Brandt M, et al. Electromyographic comparison of conventional machine strength training versus bodyweight exercises in patients with chronic stroke. Top Stroke Rehabil. 2017;24(4):242-9.

331. Popov DV, Tsvirkun DV, Netreba AI, Tarasova OS, Prostova AB, Larina IM, et al. [Hormonal adaptation determines the increase in muscle mass and strength during low-intensity strength training without relaxation]. Fiziol Cheloveka. 2006;32(5):121-7.

332. Da Silva EM, Brentano MA, Cadore EL, De Almeida AP, Kruel LF. Analysis of muscle activation during different leg press exercises at submaximum effort levels. J Strength Cond Res. 2008;22(4):1059-65.

333. Earp JE, Newton RU, Cormie P, Blazevich AJ. Inhomogeneous quadriceps femoris hypertrophy in response to strength and power training. Med Sci Sports Exerc. 2015;47(11):2389-97.

334. Kubo K, Ikebukuro T, Yata H. Effects of squat training with different depths on lower limb muscle volumes. Eur J Appl Physiol. 2019;119(9):1933-42.

335. Ericson MO, Nisell R, Ekholm J. Quantified electromyography of lower-limb muscles during level walking. Scand J Rehabil Med. 1986;18(4):159-63.

336. Mills K, Hunt MA, Leigh R, Ferber R. A systematic review and meta-analysis of lower limb neuromuscular alterations associated with knee osteoarthritis during level walking. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2013;28(7):713-24.

337. Watanabe K, Kouzaki M, Moritani T. Regional neuromuscular regulation within human rectus femoris muscle during gait. J Biomech. 2014;47(14):3502-8.

338. Watanabe K, Kouzaki M, Moritani T. Regional neuromuscular regulation within human rectus femoris muscle during gait in young and elderly men. J Biomech. 2016;49(1):19-25.

339. Ema R, Sakaguchi M, Akagi R, Kawakami Y. Unique activation of the quadriceps femoris during single- and multi-joint exercises. Eur J Appl Physiol. 2016;116(5):1031-41.

340. Ema R, Wakahara T, Miyamoto N, Kanehisa H, Kawakami Y. Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training. Eur J Appl Physiol. 2013;113(11):2691-703.

341. Zabaleta-Korta A, Fernandez-Pena E, Torres-Unda J, Garbisu-Hualde A, Santos-Concejero J. The role of exercise selection in regional Muscle Hypertrophy: A randomized controlled trial. J Sports Sci. 2021;39(20):2298-304.

342. Wilk KE, Escamilla RF, Fleisig GS, Barrentine SW, Andrews JR, Boyd ML. A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. Am J Sports Med. 1996;24(4):518-27.

343. Zheng N, Fleisig GS, Escamilla RF, Barrentine SW. An analytical model of the knee for estimation of internal forces during exercise. J Biomech. 1998;31(10):963-7.

344. Wright GA, Delong TH, Gehlsen G. Electromyographic activity of the hamstrings during performance of the leg curl, stiff-leg deadlift, and back squat movements. J Strength Cond Res. 1999;13(2):168-74.

345. Illera-Dominguez V, Nuell S, Carmona G, Padulles JM, Padulles X, Lloret M, et al. Early functional and morphological muscle adaptations during short-term inertial-squat training. Front Physiol. 2018;9:1265.

346. Orssatto LBR, Moura BM, Sakugawa RL, Radaelli R, Diefenthaeler F. Leg press exercise can reduce functional hamstring:quadriceps ratio in the elderly. J Bodyw Mov Ther. 2018;22(3):592-7.

347. Lu WW, Luk KD, Holmes AD, Cheung KM, Leong JC. Pure shear properties of lumbar spinal joints and the effect of tissue sectioning on load sharing. Spine (Phila Pa 1976). 2005;30(8):E204-9.

348. Chorin F, Cornu C, Beaune B, Frere J, Rahmani A. Sit to stand in elderly fallers vs non-fallers: new insights from force platform and electromyography data. Aging Clin Exp Res. 2016;28(5):871-9.

349. Ochi A, Yokoyama S, Abe T, Yamada K, Tateuchi H, Ichihashi N. Differences in muscle activation patterns during step recovery in elderly women with and without a history of falls. Aging Clin Exp Res. 2014;26(2):213-20.

350. Trappe TA, Raue U, Tesch PA. Human soleus muscle protein synthesis following resistance exercise. Acta Physiol Scand. 2004;182(2):189-96.

351. Neumann DA. Kinesiology of the hip: a focus on muscular actions. J Orthop Sports Phys Ther. 2010;40(2):82-94.

352. Kim D, Unger J, Lanovaz JL, Oates AR. The relationship of anticipatory gluteus medius activity to pelvic and knee stability in the transition to single-leg stance. PM R. 2016;8(2):138-44.

353. Brindle TJ, Mattacola C, McCrory J. Electromyographic changes in the gluteus medius during stair ascent and descent in subjects with anterior knee pain. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2003;11(4):244-51.

354. Cowan SM, Crossley KM, Bennell KL. Altered hip and trunk muscle function in individuals with patellofemoral pain. Br J Sports Med. 2009;43(8):584-8.

355. Massey CD, Vincent J, Maneval M, Johnson JT. Influence of range of motion in resistance training in women: early phase adaptations. J Strength Cond Res. 2005;19(2):409-11.

356. Signorile JF, Zink AJ, Szwed SP. A comparative electromyographical investigation of muscle utilization patterns using various hand positions during the lat pull-down. J Strength Cond Res. 2002;16(4):539-46.

357. Botton CE, Wilhelm EN, Ughini CC, Pinto RS, Lima CS. Electromyographical analysis of the deltoid between different strength training exercises. Medicina Sportiva. 2013;17(2):67-71.

358. Gentil P, Fisher J, Steele J. A Review of the acute effects and long-term adaptations of single- and multi-joint exercises during resistance training. Sports Med. 2016.

359. Bezerra ES, Moro ARP, Orssatto L, da Silva ME, Willardson JM, Simao R. Muscular performance and body composition changes following multi-joint versus combined multi- and single-joint exercises in aging adults. Appl Physiol Nutr Metab. 2018;43(6):602-8.

360. Escamilla RF, Babb E, DeWitt R, Jew P, Kelleher P, Burnham T, et al. Electromyographic analysis of traditional and nontraditional abdominal exercises: implications for rehabilitation and training. Phys Ther. 2006;86(5):656-71.

361. Nachemson AL. The lumbar spine an orthopaedic challenge. Spine. 1976;1(1):59-71.

362. Heidel KA, Novak ZJ, Dankel SJ. Machines and free weight exercises: a systematic review and meta-analysis comparing changes in muscle size, strength, and power. J Sports Med Phys Fitness. 2021.

363. Rossi FE, Schoenfeld BJ, Ocetnik S, Young J, Vigotsky A, Contreras B, et al. Strength, body composition, and functional outcomes in the squat versus leg press exercises. J Sports Med Phys Fitness. 2018;58(3):263-70.

364. Nunes JP, Grgic J, Cunha PM, Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, de Salles BF, et al. What influence does resistance exercise order have on muscular strength gains and muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis. Eur J Sport Sci. 2021;21(2):149-57.

365. Nunes JP, Marcori AJ, Tomeleri CM, Nascimento MA, Mayhew JL, Ribeiro AS, et al. Starting the resistance-training session with lower-body exercises provides lower session perceived exertion without altering the training volume in older women. Int J Exerc Sci. 2019;12(4):1187-97.