



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

TOMÉ EDSON DOS REIS MODA

**RESPONSIVIDADE DE ADULTOS SAUDÁVEIS AO
TREINAMENTO RESISTIDO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

BELÉM

2021

TOMÉ EDSON DOS REIS MODA

**RESPONSIVIDADE DE ADULTOS SAUDÁVEIS AO
TREINAMENTO RESISTIDO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do grau de Mestre no programa de Pós-
Graduação em Ciências do Movimento Humano,
na Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Victor Silveira Coswig

Belém

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M689r Moda, Tomé Edson dos Reis.
RESPONSIVIDADE DE ADULTOS SAUDÁVEIS AO
TREINAMENTO RESISTIDO : UMA REVISÃO SISTEMÁTICA
/ Tomé Edson dos Reis Moda, Victor Silveira Coswig . — 2019.
49 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Victor Silveira Coswig
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em
Assistência Farmacêutica , Belém, 2019.

1. treinamento de força. 2. desempenho funcional. 3.
variação inter-individual. 4. músculo esquelético. 5.
individualizade biológica. I. Título.

CDD 612.044

TOMÉ EDSON DOS REIS MODA

**RESPONSIVIDADE DE ADULTOS SAUDÁVEIS AO
TREINAMENTO RESISTIDO: MA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal do Pará, como requisito necessário para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Victor Silveira Coswig

DATA DA AVALIAÇÃO: __/__/____

CONCEITO: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Victor Silveira Coswig
Orientador – PPGCMH/UFPA

Prof. Dra. Elren Passos Monteiro
Membro interno- PPGCMH/UFPA

Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore
Membro externo- PPGCMH/UFRGS

Belém

2021

RESUMO

O Treinamento Resistido (TR) é uma modalidade que tem alta aplicabilidade e eficiência em contextos físicos, clínicos e funcionais. Nesse sentido, com o avanço científico nessa modalidade, uma série de recomendações de manipulação de variáveis e dosagem do TR surgiram para diferentes finalidades e população. No entanto, não está claro como essas diretrizes de prescrição do TR afetam a responsividade que, por sua vez, caracteriza-se capacidade particular de um indivíduo em responder/beneficiar-se de uma intervenção, para uma determinada medida. Portanto, o objetivo do estudo foi realizar uma revisão sistemática para investigar o efeito do TR na responsividade de adultos saudáveis, em variáveis de força, potência, funcionalidade e hipertrofia muscular, a partir da taxa de prevalência. Foram considerados apenas ensaios clínicos randomizados, em língua inglesa, indexados nas bases de dados PubMed/MEDLINE, SCOPUS, EMBASE e SPORTDiscus, publicados até junho de 2021. O estudo foi registrado no *International Prospective Register of Systematic Reviews* (PROSPERO), identificado pelo código CRD42021265378. Após o processo de seleção dos estudos, foi analisado o risco de viés por meio da ferramenta ROB2 da Chrocrane. Após a estratégia de busca, 3033 estudos foram encontrados e, mediante o processo de triagem, 14 estudos foram selecionados para análise sistemática, totalizando 1056 sujeitos. Somente dois estudos apresentaram baixo risco de viés. Quanto a efetividade do TR, a margem de prevalência para indivíduos *não-responsivos*, em relação a força muscular foi de 0% a 44%, para hipertrofia 0% e 84% e funcionalidade 0 a 42%, enquanto, para potência muscular, apenas um estudo investigou taxa de responsividade e relatou 37%. Portanto, percebe-se que alterações para hipertrofia muscular podem ser menos sensíveis ao TR, comparada as outras variáveis. Maior volume de TR mostrou ser mais efetivo em todas as variáveis, contudo, a intensidade pode ser fator chave para responsividade de força e funcionalidade. No entanto, é importante ponderar aspectos metodológicos e estatísticos ao analisar desfechos em responsividade.

Palavras-chave: treinamento de força, heterogeneidade, força muscular, músculo esquelético, desempenho funcional, variação inter-individual, individualizade biológica.

ABSTRACT

Resistance Training (RT) is a modality that has high applicability and efficiency in physical, clinical and functional contexts. The scientific advance in this modality, a series of recommendations for the manipulation of variables and dosage of RT emerged for different purposes and population. However, it is not clear how these RT prescription guidelines affect responsiveness, characterized like an individual's particular capacity for respond to/benefit from an intervention, for a given measure. Therefore, the aim of the study was to carry out a systematic review to investigate the effect of RT on the responsiveness of healthy adults, in variables of strength, power, functionality and muscle hypertrophy, based on the prevalence rate. Only randomized clinical trials, in English, indexed in the PubMed/MEDLINE, SCOPUS, EMBASE and SPORTDiscus databases, published until June 2021, were considered. The study was registered in the International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO), identified by the code CRD42021265378. After the study selection process, the risk of bias was analyzed using the ROB2 tool from Chrocrane. After the search strategy, 3033 studies were found and, through the screening process, 13 studies were selected for systematic analysis. As for the effectiveness of the RT, the prevalence range for non-responders individuals to muscle strength was 0% to 44%, for hypertrophy 0% and 84% and functionality 0 to 42%, while, for muscle power, only one study investigated the responsiveness rate and reported 37%. Therefore, it seems that alterations to muscle hypertrophy may be less sensitive to RT, compared to other variables. Larger RT volume tends to be more effective overall, however intensity may be a key factor in some cases. However, the principle of specificity can be the most important aspect to effectivity of TR in these variables of interest. Moreover, it is important to consider methodological and statistical aspects when analyzing outcomes in responsiveness.

Keywords: strength training, heterogeneity, muscle strength, skeletal muscle, functional performance, inter-individual variation, biological individuality.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 Aplicabilidade do Treinamento Resistido	9
1.2 Variabilidade de Respostas Individuais	10
1.3 Análise da Responsividade no Treinamento Resistido.....	11
1.4 Impacto da Manipulação do Treinamento Resistido na Responsividade	13
1.5 Nova Abordagem Analítica de Responsividade no Treinamento Resistido	13
2.OBJETIVOS	15
2.1 Geral	15
2.2 Específico	15
3. MÉTODOS.....	15
3.1 Critério de Elegibilidade.....	15
3.2 Estratégia de Busca	16
3.3 Análise do Risco de Viés.....	17
3.4 Extração dos Dados	17
4.RESULTADOS	18
4.1 Estratégia de Busca	18
4.2 Amostra	21
4.3 Risco de Viés	22
4.4 Modelo Analítico de Responsividade	29
4.5 Análise de Hipertrofia Muscular.....	32
4.6 Análise de Funcionalidade	34
4.7 Efeito Dose-Resposta na Responsividade	35
4.8 Margem de Prevalência para Responsividade.....	37
4.9 Volume Semanal	37
5. DISCUSSÃO	39
5.1 Responsividade ao TR em Força e Potência Muscular	39
5.2 Responsividade ao TR em Funcionalidade	40
5.3 Responsividade ao TR em Hipertrofia Muscular	40
5.4 Heterogeneidade dos Estudos.....	41
5.5 Efetividade do TR.....	42
6. CONCLUSÃO.....	44
7. REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

A capacidade funcional, ou funcionalidade, caracteriza-se como um conjunto de habilidades de cunho sensório-motor que permite executar tarefas cotidianas e locomover-se de forma independente, mas que pode sofrer declínio com o avanço da idade, principalmente após os 65 anos (WANG *et al.*, 2002). Este declínio parece estar relacionado com a reduções dos níveis de atividade física e de aptidão física que acabam por gerar um ciclo de hipoatividade, caracterizado por prejuízos na independência do indivíduo, conseqüentemente gerando impacto negativo na funcionalidade e, por conseguinte, novo decréscimo do nível de atividade física (ALEXANDER *et al.*, 2003; DEN OUDEN *et al.*, 2013).

Desse modo, fatores físicos e morfológicos têm papel importante nesse ciclo de hipoatividade, pois a redução na força muscular, denominado dinapenia, parece ser um forte preditor de prejuízos na funcionalidade em idosos (CLARK; MANINI, 2012), sobretudo a Dinapenia é reconhecida como a fenômeno chave para Sarcopenia, que caracteriza-se coma uma patologia muscular, que acomete principalmente idosos, e que envolve também a degeneração de massa e qualidade muscular (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019). Além disso, a perda de massa muscular, mais especificamente dos membros inferiores, é um outro forte preditor de redução de capacidade funcional (KEMMLER; VON STENGEL; SCHOENE, 2019; REID *et al.*, 2008).

Por outra perspectiva, destaca-se que a dinapenia é um importante fator de risco para doenças crônicas e mortalidade, logo, pode ser considerado um marcador sobre a condição clínica de um indivíduo (KIM *et al.*, 2018). Com isso, no geral, sabe-se que o ser humano tende a perder 12-15% de força muscular por década a partir dos 50 anos (HURLEY, 1995). Por outro lado, a partir dos 75 anos há uma perda anual de 3–4% em homens e 2.5–3% em mulheres (MITCELL *et al.*, 2012). Em estudo prospectivo com 9.372 mulheres idosas (65-91anos), o declínio de força muscular em 10 anos variou de 19,4%-28,6%, com maiores perdas para idosas a partir de 80 anos, o que indica que quanto maior a idade maior a tendência de degeneração desse componente (FORREST; ZMUDA; CAULEY, 2007).

Em comparação com dinapenia, o processo degenerativo da massa muscular parece ser menos acentuado, de modo que a redução por década até os 70 anos é de até 8%(KIM; CHOI, 2013) e, a partir dessa idade, é intensificada em torno de 13-24%

(MELTON et al., 2000). Por outro lado, de acordo com a revisão sistemática de Mitchell et al. (2012), a taxa de perda anual de massa muscular em idosos (≥ 75 anos) é de 0,64–0,70% em mulheres e 0,80–0,98% em homens. Os autores concluem que a perda desse componente é de 2-5 vezes mais lenta em relação a perda de força muscular. Mesmo assim, indivíduos diagnosticados sarcopênicos apresentam maior risco de mortalidade em relação a indivíduos normais (ATKINS *et al.*, 2014), principalmente quando há comorbidades associadas como doenças cardiovasculares (KAMIYA *et al.*, 2017).

No entanto, há evidência que o declínio na potência muscular parece ser mais intenso e precoce em relação a massa e força muscular, uma vez que indivíduos entre 20-39 anos monitorados por 6 anos mostraram significativa redução de potência enquanto a força e massa muscular permaneceram inalteradas, além que a redução anual de potência muscular se mostrou superior, quando comparada a força e massa muscular, em todas as faixas etária analisadas: (20-39, 40-49, 50-59, 60-69, ≥ 70) anos (WIEGMANN *et al.*, 2021). Assim, monitorar as alterações físicas e morfológicas é imprescindível para a saúde, funcionalidade e longevidade do ser humano.

Dessa forma, a etiologia que explica os processos degenerativos decorrentes do envelhecimento destacados está relacionada a aspectos neuromusculares, morfológicos e metabólicos como diminuição de *drive* neural, inibição muscular excitatória, infiltração de células adiposas e imune no tecido muscular, inflamação sistêmica e fatores hormonais (MANINI; CLARK, 2012). Por outro lado, para preservar esses componentes e, portanto, prevenir os processos degenerativos do envelhecimento, estratégias baseadas em estimular a excitabilidade corticoespinal, o recrutamento de unidades motoras e a síntese de proteína muscular via eixo AKT/mTOR, têm sido sugeridas (HUGHES; ELLEFSEN; BAAR, 2017).

Dentre estas, recomendações baseadas em práticas de atividade física e exercício físico estão entre as estratégias mais eficazes e com menor risco de eventos adversos (NASCIMENTO *et al.*, 2019; NASEEB; VOLPE, 2017; STEFFL *et al.*, 2017). Neste contexto, o Treinamento Resistido (TR) é amplamente recomendado por sua eficácia em gerar melhora na força, potência e hipertrofia muscular, consequentemente tem sido o modelo mais utilizado para tratamento e prevenção dos processos degenerativos do envelhecimento já citados (BECKWÉE *et al.*, 2019; LAW; CLARK; CLARK, 2016). Esse efeito decorre, especialmente, por promover aumento no recrutamento de unidades motoras (AAGAARD, 2018), síntese de proteína muscular e aumento na secção transversal miofibrilar (DAMAS *et al.*, 2019a), além da redistribuição entre os tipos de

fibra muscular (principalmente dos tipos IIa e IIx) (GRGIC; SCHOENFELD, 2018). Paralelamente, esse modelo de exercício tem impacto positivo na melhora e manutenção da funcionalidade (LAVIN *et al.*, 2019; URZI *et al.*, 2019) e diversos marcadores de saúde não só em idosos (LIBERATI *et al.*, 2009), como também em adultos e adolescentes obesos (SIGAL *et al.*, 2014; STREB *et al.*, 2019), pacientes oncológicos (PAPADOPOULOS *et al.*, 2020), entre outras populações.

Portanto, entender a aplicação do TR direcionado para cada objetivo e os aspectos que interferem direta e indiretamente na magnitude das adaptações geradas por esse modelo de treinamento em um indivíduo que apresenta características específicas, mesmo enquadrado a um determinado perfil de pessoas, é importante para garantir sua eficácia nos diferentes contextos.

1.1 APLICABILIDADE DO TREINAMENTO RESISTIDO

O treinamento resistido (TR) é caracterizando por exercícios que envolvem ações excêntricas, concêntricas e/ou isométricas contra resistência através de peso corporal, pesos livres, máquinas, elásticos, entre outros equipamentos (LOPES *et al.*, 2019; SCHOTT; JOHNEN; HOLFELDER, 2019). Esse modelo de treinamento tornou-se amplamente popular por conta da sua aplicabilidade e eficiência nos mais variados contextos esportivos, estéticos e terapêuticos devido sua efetividade em promover benefícios físicos, de performance, funcionais e clínicos (GARBER *et al.*, 2011; POLLOCK *et al.*, 1998). Desse modo, com o crescimento nas investigações científicas, surgimento de associações de pesquisa e, conseqüentemente, o aumento considerável de publicações na área do TR a partir dos anos 2000, tem colocado o controle e a manipulação das variáveis de dosagem de treinamento em foco (ACSM, 2009b; CHODZKO-ZAJKO *et al.*, 2009; FAIGENBAUM *et al.*, 2009; GARBER *et al.*, 2011; LLOYD *et al.*, 2014).

Dessa forma, para gerar melhora na força e massa muscular em adultos jovens saudáveis, a estrutura efetiva deve ter frequência de 3-5 sessões semanais, carga a partir de 60% 1RM, 2-4 séries, 8-15 repetições, 2-3 minutos de intervalo, exercícios envolvendo predominantemente grandes grupos musculares e velocidade concêntrica de 2-3 segundos (ACSM, 2009b; LLOYD *et al.*, 2014). Além disso, houve reformulação na prescrição do TR para idosos, de modo que, atualmente, recomenda-se 2-3 sessões semanais por grupo muscular, 8-10 exercícios, 1-3 séries, 8-15 repetições, intensidade de 70-85% 1RM para TR tradicional e de 40-60% para TR com movimentos explosivos (ACSM, 2009a;

FRAGALA *et al.*, 2019). Com isso, a prescrição do TR seguindo o modelo tradicional difundido por essas instituições ainda é frequente.

Contudo, além das recomendações gerais para prescrição do TR tradicional, propostas emergentes têm sido recentemente elucidadas em uma abordagem de mínima dose efetiva de TR para determinados desfechos. Por exemplo, Fisher *et al.* (2017) sugerem que, para idosos, há uma dose mínima efetiva para gerar as adaptações neuromusculares positivas e tratar/prevenir o efeitos deletérios do envelhecimento, que consiste em 1-2 sessões semanais, três exercícios multiarticulares, executados com série única, de 8-12 repetições máximas, 60s de intervalo entre os exercícios e 2-4s de cadência concêntrica/excêntrica.

Já para sujeitos treinados, a dose mínima efetiva para alterações subótimas de força baseia-se em torno de uma única série, com carga de 70–85% 1RM, 2–3 vezes por semana, atingindo falha voluntária ou momentânea, por 8-12 semanas (ANDROULAKIS-KORAKAKIS; FISHER; STEELE, 2020), enquanto que para atletas de alto nível de levantamento de peso, na abordagem de dose mínima efetiva para ganhos de força, é necessário 3-6 séries de trabalho de 1-5 repetições a cada semana, com essas séries distribuídas por 1-3 sessões por semana por levantamento de peso, usando cargas acima de 80% 1RM a uma taxa de esforço percebido (RPE) de 7,5–9,5 por 6–12 semanas e espera ganhar força (ANDROULAKIS-KORAKAKIS *et al.*, 2021).

Então, percebe-se que a prescrição do TR está bem fundamentada e robusta, principalmente por recomendar manipulação de variáveis e dosagem de treinamento para variadas populações e objetivos. No entanto, é importante entender aspectos que envolvem direta e indiretamente a prescrição do TR, afinal, fatores ambientais, genéticos, fisiológicos e comportamentais podem interferir na eficácia do treinamento.

1.2 VARIABILIDADE DE RESPOSTAS INDIVIDUAIS

De modo geral, há uma lacuna pouco esclarecida nos estudos que sugerem diferentes recomendações de manipulação de variáveis e dosagem para prescrição TR, devido não ser sua proposta, que é entender a relatividade dos efeitos de dose-resposta ao nível individual. Nesse sentido, ao prescrever o TR, é necessário apontar que, mesmo que vários sujeitos enquadrados em um mesmo perfil sejam submetidos a uma mesma dose de treinamento, as respostas individuais para um certo componente são específicas e heterogêneas (AHTIAINEN *et al.* 2016). Há evidência que, em sujeitos pertencentes a uma mesma faixa-etária, submetidos a até 12 semanas de TR, as alterações individuais na

força e massa muscular variaram entre 0-250% e -2-59%, respectivamente (HUBAL *et al.*, 2005). Assim, esse fenômeno que indica que cada indivíduo tem uma capacidade particular de adaptação ao treinamento é chamado de *Responsividade* (VELLERS; KLEEGERGER; LIGHTFOOT, 2018). Nesse sentido, a literatura nessa perspectiva ainda é emergente e é importante analisar criteriosamente os estudos e seus desfechos para nortear a tomada decisão na prescrição do TR.

Enfim, a responsividade de cada sujeito parece ser específica e distinta de qualquer outro, mesmo que de perfil semelhante. No entanto, é importante controlar o máximo de fatores que interferem nas respostas individuais. Dessa forma, para analisar estudos com desfechos em responsividade, é fundamental questionar desde aspectos metodológicos, até a manipulação das variáveis do TR, para garantir que esse fenômeno foi isolado satisfatoriamente (ROSS *et al.*, 2019).

1.3 ANÁLISE DA RESPONSABILIDADE NO TREINAMENTO RESISTIDO

Nessa perspectiva, discussões têm sido levantadas a respeito dos delineamentos com controle de variáveis satisfatório e modelos de análise estatística adequados para identificar o real efeito da *responsividade* com o treinamento (MAZZOLARI, 2018; ROSS *et al.*, 2019). Dankel e Loenneke (2019) apontam que, para uma análise fidedigna da *responsividade* nas adaptações geradas por protocolos de treinamento aplicado a um determinado grupo, é importante controlar fatores como erro de randomização, homogeneidade amostral, variabilidade biológica e temporal, além da precisão do instrumento de avaliação para a variável em questão. Além disso, argumentam que é importante a presença de um grupo comparador ou controle e a análise da variância intra e entre grupos para assegurar se de fato houve interferência do experimento (DANKEL; LOENNEKE, 2019). Porém, apesar de ainda não existir uma sistematização clara sobre o estado da arte desse fenômeno, sabe-se que nem todos os estudos disponíveis seguem estes critérios (HRUBENIUK *et al.*, 2021)

Sob essa perspectiva, estudos nesse âmbito buscam classificar a magnitude das alterações individuais ao treinamento em relação à média e desvio padrão do grupo ou através de limiares resposta (alta, média ou baixa), para identificar *outliers* e/ou real efeito da intervenção (ROSS *et al.*, 2019). No modelo baseado em respondedores diferenciais, quando um estudo adota como parâmetro de classificação o desvio padrão da média de um grupo comparador ou controle, cria-se um limiar superior e inferior de responsividade e, assim, sujeitos são classificados como *altamente-responsivos*, *moderadamente*

responsivos ou *pouco-responsivos* para a variável testada (ATKINSON; BATTERHAM, 2015).

Outro modelo frequentemente usado e introduzido em diferentes desenhos de estudo com desfechos em responsividade é baseado na mínima mudança significativa/detectável (MMD), quando se multiplica o valor de desvio padrão por 0.2 para estabelecer o limiar de RP e minimizar as chances de erro de medida, logo, os sujeitos são classificados como *responsivos* ou *não-responsivos* (SWINTON *et al.*, 2018). Além disso, principalmente no cenário do treinamento, a MMD tem sido usada para identificar *benefícios adicionais* quando aplicam-se diferentes protocolos no mesmo sujeito (ex.: um braço treina 1 vez por semana e o contralateral treina 2 vezes), analisando se houve superioridade, em uma determinada medida, para algum protocolo (HRUBENIUK *et al.*, 2021).

Quanto aos mecanismos, fatores comportamentais e extrínsecos como sono, estresse psicológico, atividade física habitual e alimentação podem influenciar na *responsividade* (AHMETOV *et al.*, 2016). Por outra via, destaca-se fatores intrínsecos como perfil fenotípico de base e suas alterações a partir do treinamento (MANN, LAMBERTS E LAMBERT, 2014). Em estudo com indivíduos altamente-responsivos submetidos ao TR, foram identificados 6 polimorfismos de nucleotídeos individuais preditores para aumento da força muscular, responsáveis por 26% da variação do incremento no pico de torque (YOO *et al.*, 2016). Por outro lado, aponta-se que os genótipos ACE e UCP2 são preditores significativamente associados a melhora da força muscular e funcionalidade em idosos (KEOGH *et al.*, 2015).

Além disso, características morfofisiológicas parecem também interferir na responsividade, pois há evidências que sujeitos demonstraram maiores alterações hipertróficas quando apresentavam menor espessura muscular do vasto lateral e menor secção transversal das fibras do Tipo II antes de serem submetidos ao programa de TR, além de que atingiram maior expressão de biogênese ribossomal quando submetidos ao treinamento (HAUN *et al.*, 2019; MOBLEY *et al.*, 2018; STEC *et al.*, 2016).

Então, percebe-se que analisar a *responsividade* a partir do que a literatura fornece é uma tarefa que exige o olhar multifocal para vários fatores que diretos indiretos que influenciam na magnitude de resposta de um sujeito a uma intervenção. Contudo, no dia a dia, é inviável controlar todos esses fatores interferentes, logo, explorar aqueles de alta impacto nas respostas e com maior controle, como a forma de manipulação das variáveis do TR, devem estar primariamente ajustados para garantir eficiência do treinamento.

1.4 IMPACTO DA MANIPULAÇÃO DO TREINAMENTO RESISTIDO NA RESPONSABILIDADE

Cronologicamente, para inferir qualquer característica intrínseca para justificar a *responsividade* em determinado contexto, é necessário assegurar que a prescrição do treinamento tenha sido direcionado para um certo componente, para que se espere positivas adaptações, um vez que estímulo causado pelo TR tem impacto considerável sobre a *responsividade* (MANN; LAMBERTS; LAMBERT, 2014).

Dessa forma, a magnitude das alterações na força e massa muscular com TR parece ser dose-dependente de acordo com direcionamento da prescrição (SCHOENFELD *et al.*, 2017). Dito isso, estudo com em jovens não treinados apontou que, em condição de volume de treinamento equalizado, 80%1RM promoveu melhores resultados hipertróficos que 20%1RM (19.5% vs. 8.9%), mas não diferiu de 40% e 60% 1RM (20.5%, 20.4%) (LASEVICIUS *et al.*, 2018). Por outro lado, dados de metanálise mostraram que, para melhora da força muscular, altas cargas (>60%1RM) promovem resultados superiores, contudo, para hipertrofia muscular, altas e baixas cargas não diferem no efeito sobre esse componente (GRGIC, 2020; SCHOENFELD *et al.*, 2017). Já o incremento de volume (1 vs 3 vs 5 séries) parece afetar respostas de hipertrofia muscular, mas não as de força de jovens treinados (SCHOENFELD *et al.*, 2019a). Além disso, dados de metanálise mostraram que alterações positivas na massa muscular são mais responsivas a maiores volumes de séries semanais (<9 vs >9 séries semanais/grupo muscular) (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2016).

No geral, nota-se que a manipulação de variáveis relacionadas ao volume e intensidade pode direcionar o estímulo do TR para adaptações específicas e, assim, afetar a taxa de *responsividade*. Portanto, é preciso que o objetivo primário do que se pretende desenvolver e o perfil do sujeito estejam muito bem definidos ajustados para propor um programa de treinamento eficaz.

1.5 NOVA ABORDAGEM ANALÍTICA DE RESPONSABILIDADE NO TREINAMENTO RESISTIDO

Assim, considerando a aplicabilidade do TR diversos contextos, a partir das principais recomendações tradicionalmente difundidas para a prescrição personalizada, juntamente com sugestões emergentes de manipulação e dosagem do TR para finalidades e públicos específicos, a literatura ainda carece de elucidar como essas possibilidades de

prescrição afetam a variabilidade de respostas individuais de força, potência, funcionalidade e hipertrofia muscular. Entender os fatores que interferem na responsividade de indivíduo a partir de características como faixa-etária, nível de treinamento e manejo das variáveis de volume e intensidade do TR, pode orientar tomadas de decisões mais objetivas para potencializar a efetividade do mesmo nas variáveis de interesse.

Portanto, o objetivo desta revisão sistemática é analisar o efeito do TR na *responsividade* de variáveis de força, potência, funcionalidade e hipertrofia muscular em adultos jovens e idosos saudáveis. De modo paralelo, sistematizar discussões do ponto de vista de dosagem e manipulação de variáveis do TR, além de aspectos metodológicos e estatísticos associados.

2.OBJETIVOS

2.1 GERAL

- Analisar sistematicamente evidências científicas quanto a Responsividade no Treinamento Resistido a partir de variáveis de funcionalidade, força, potência e hipertrofia muscular de adultos saudáveis.

2.2 ESPECÍFICO

- Buscar sistematicamente ensaios clínicos randomizados que envolvam análise de Responsividade em variáveis de funcionalidade, força, potência e hipertrofia muscular de jovens e idosos saudáveis submetidos a um protocolo de Treinamento Resistido.
- Investigar possíveis relações entre características de dose-resposta em diferentes faixas-etárias, desenhos experimentais, modelos de análise e classificações de responsividade.
- Analisar a qualidade dos estudos referentes à delineamentos experimentais e tratamentos estatísticos que atendem satisfatoriamente a avaliação da responsividade no TR.

3. MÉTODOS

Com o intuito de manter a transparência e a reprodutibilidade metodológica da presente revisão, a mesma foi registrada no *International Prospective Register of Systematic Reviews* (PROSPERO), identificada pelo código CRD42021265378(SCHIAVO, 2019). Além disso, o modelo de sistematização da escrita e descrição das etapas do estudo obedeceram as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) e a estratégia de busca sistemática descrita através de um fluxograma (Figura 1) (PAGE *et al.*, 2021).

3.1 CRITÉRIO DE ELEGIBILIDADE

Os estudos foram considerados elegíveis para inclusão se atendessem aos seguintes critérios: (1) ser um estudo publicado em um periódico/jornal arbitrado em inglês; (2) os participantes foram randomizados para o(s) grupo(s) de treinamento(s) e/ou controle; (3) resposta interindividual medida diretamente ao exercício dinâmico tradicional, em máquinas e/ou pesos livres, além de ações concêntricas e excêntricas

simultaneamente; (4) RP caracterizada por medidas de prevalência; (5) medida de hipertrofia muscular ou massa magra (MM) e/ou potência e/ou força e/ou funcionalidade; (6) com duração mínima de 4 semanas; (7) não envolver nenhum exercício estruturado além do TR. Além disso, como critérios de exclusão: não serão considerados estudos com (8) indivíduos não-saudáveis, (9) adolescentes e crianças, (10) que não analisaram responsividade nas variáveis de interesse e (11) não descreveram as variáveis de volume e intensidade no protocolo de intervenção, (12) não usaram análise de responsividade e (13) analisou hipertrofia muscular por estimativa de dobras cutâneas, (14) mediu funcionalidade por testes cientificamente não validados..

3.2 ESTRATÉGIA DE BUSCA

Para realizar a busca sistemática na literatura, foram considerados apenas os estudos indexados nas bases de dados PubMed / MEDLINE, SCOPUS, EMBASE e SPORTDiscus, publicados até junho de 2021. Dessa forma, a condução da pesquisa nas bases de dados, ocorreu através da combinação de dois ou mais operadores booleanos aplicados da seguinte forma: (*responders* OR *non-responders* OR *responsiveness* OR *individual responses* OR *inter-individual variation* OR *variability* OR *heterogeneity*) AND (*hypertrophy* OR *muscle size* OR *muscle thickness*) AND *muscle strength* AND *muscle power* AND (*functionality* OR *performance functional* AND *functional fitness*) AND (*resistance training* OR *strength training* OR *weight exercise*).

Após a busca na base de dados, o processo de seleção dos estudos (mapeamento, exclusão de estudos duplicados, exclusão e inclusão dos estudos por títulos e resumos/abstracts) foi realizado por meio do aplicativo RAYYAN (rayyan.ai) (OUZZANI *et al.*, 2016). Posteriormente, ao final da etapa de seleção, as listas de referências dos artigos selecionados foram analisadas como parte de uma pesquisa secundária para descobrir quaisquer artigos adicionais que atendessem aos critérios de inclusão, todavia não foram encontrados na estratégia de busca (GREENHALGH; PEACOCK, 2005). Além disso, qualquer estudo encontrado involuntariamente em uma fonte/base de dados não listada, que atender os critérios de elegibilidade, devem ser relatados para poder ser incluído. Todo o processo de busca seleção dos estudos foi realizado individualmente por dois pesquisadores (TOMÉ MODA e RAYRA DIAS) e, caso houvesse qualquer fator de confusão entre os eles após a seleção dos estudos, foi discutido para chegar em um senso

comum e, quando necessário, houve a inclusão de um terceiro pesquisador (VICTOR COSWIG).

3.3 ANÁLISE DO RISCO DE VIÉS

O risco de viés de estudos foi avaliado de acordo com a segunda versão da ferramenta de risco de viés Cochrane para ensaios clínicos randomizados (RoB2) (STERNE *et al.*, 2019), com foco em diferentes aspectos do desenho, conduta e relatórios do ensaio. Cada avaliação é focada no nível de resultado. O instrumento baseia-se seis domínios usados para avaliar a credibilidade dos que são eles: 1) processo de randomização, 2) desvio das intervenções pretendidas, 3) dados de resultados ausentes, 4) medição do resultado, 5) seleção do resultado relatado e 6) análise geral. O risco geral de viés foi expresso como "baixo risco de viés" se todos os domínios foram classificados como de baixo risco, "algumas preocupações" se alguma preocupação foi levantada em pelo menos um domínio, mas não classificada como de alto risco em qualquer outro, ou "alto risco de viés" se pelo menos um domínio foi classificado como de alto risco, ou tem vários domínios com algumas preocupações.

3.4 EXTRAÇÃO DOS DADOS

Os estudos foram acessados e seus dados extraídos individualmente para as seguintes variáveis: informações descritivas dos sujeitos por grupo incluindo gênero, estado de treinamento: treinados, não-treinados ou recreacionalmente treinados (todos os termos definidos de acordo com o conceito do artigo original), grau de maturidade dos sujeitos classificados como: jovens adultos de 18-35, adultos de meia idade de 36-59 anos e idosos ≥ 60 anos; o número de sujeitos em cada grupo; duração do estudo; frequência de treinamento (dias por semana); volume (número de séries e repetições, quantidade de exercícios exercício por grupo muscular); intensidade (faixa de repetições máximas e percentual de 1RM); tipos de variáveis morfológicas: massa magra (MM), espessura muscular (EM), área de secção transversal (AST), medidos a partir de ressonância magnética (MRI), ultrassom (US), absorciometria de raio-x de dupla energia (DXA) e bioimpedância; Tipos indicadores de Potência muscular: potência de pico (PP), taxa de desenvolvimento de força (TDF), altura de salto vertical (ASV), medidas por dinamometria isocinética e plataforma de força; tipos de variáveis neuromuscular: força máxima, contração voluntária máxima (CVM), medidos por Testes de Repetição Máxima (RM) e/ou dinamometria isocinética; Tipos indicadores de funcionalidade: *Teste Timed*

Up and Go Test (TUG), *Short Physical Performance Battery* (SPPB) e qualquer teste funcional cientificamente validado.

3.5 CLASSIFICAÇÃO DE VOLUME SEMANAL

Por último, os estudos foram classificados quanto ao volume de séries semanais grupo muscular baseado em alto (>9 séries) e baixo volume (≤ 9 séries) (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017). Nesse sentido, para hipertrofia muscular, em estudos de análise de hipertrofia seletiva (AST e EM), considerou-se o volume apenas do grupo muscular agonista medido de acordo com a sequência de exercícios em cada protocolo de treinamento (ex: AST do quadríceps, logo, analisou-se apenas o volume dos exercícios que tinham esse grupo muscular como agonista). Ao se tratar de hipertrofia total (MM), considerou-se o volume de séries total sem discriminação. Quanto a força, funcionalidade e potência, considerou-se o volume do seguimento envolvido no teste (ex: 1RM no leg press, TUG ou CMJ, a mensuração de volume foi específica dos membros inferiores), com exceção dos testes que envolviam movimentos uni-articulares. A codificação foi cruzada entre os revisores, com quaisquer discrepâncias resolvidas por consenso mútuo.

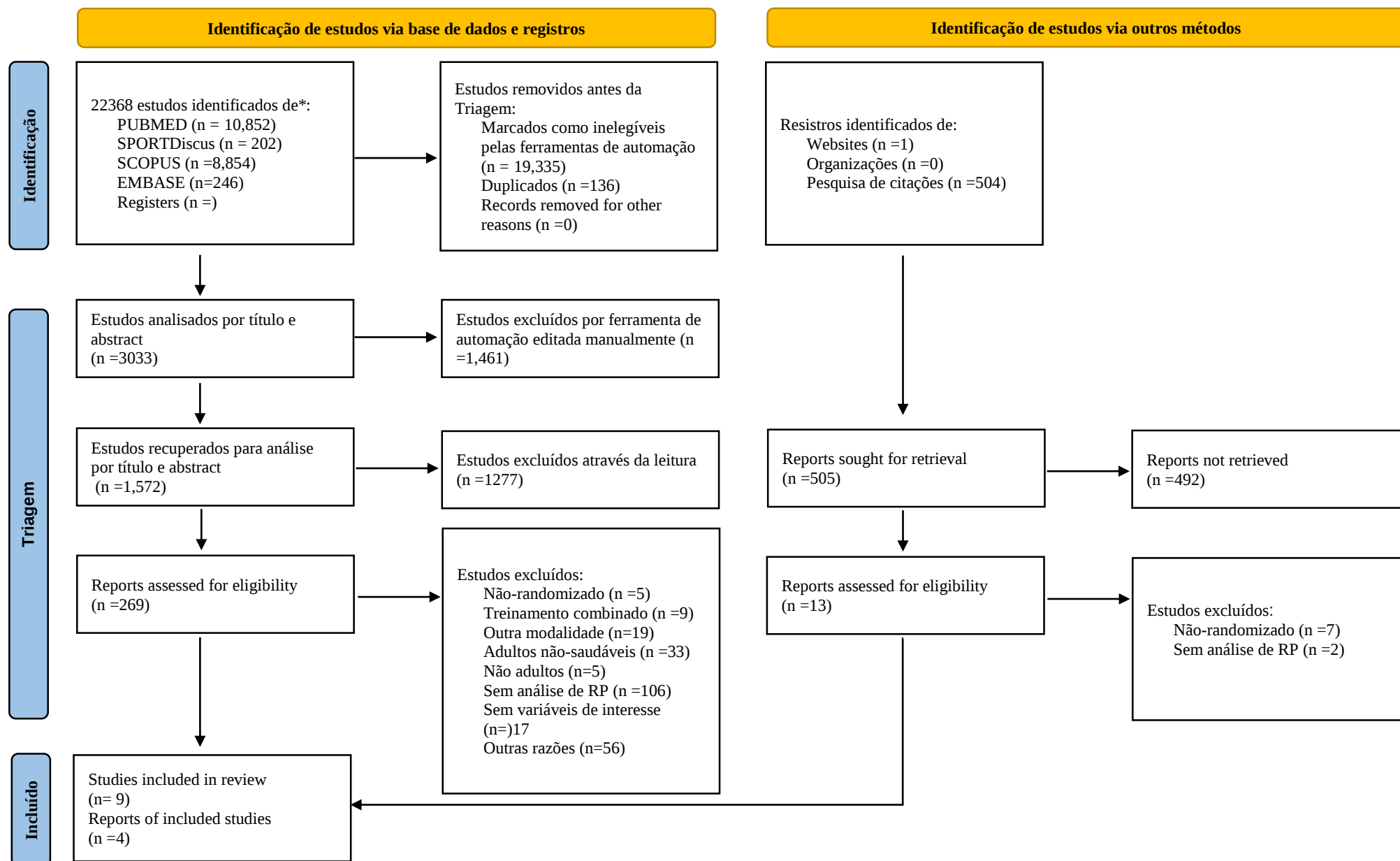
4.RESULTADOS

4.1 ESTRATÉGIA DE BUSCA

Após aplicação da estratégia de busca, 22368 foram mapeados e, mediante a filtragem em cada base de dados por suas ferramentas de automação, 3033 estudos foram extraídos para a triagem. Na sequência, a filtragem por títulos e resumos/*abstracts* aconteceu através das ferramentas de automação do app Rayyan, editadas e conduzidas manualmente pelos pesquisadores, que passou por duas etapas, a primeira excluiu os artigos respeitando os critérios de exclusão incluídos para elegibilidade, somados a critérios adicionais (revisão sistemática, metanálise, estudos com animais, treinamento aeróbio, recomendações/posicionamentos, etc.) que restringiu para 1552 estudos que permaneceram para a segunda parte da triagem que, por sua vez, foi guiada pelos critérios de inclusão estipulados para elegibilidade. Dessa forma, 269 estudos potenciais foram analisados na íntegra para elegibilidade. Por fim, restaram dez artigos a serem incluídos no presente estudo. Por outro lado, a partir da análise de citações dos artigos previamente selecionados, três artigos foram identificados e atenderam os critérios de elegibilidade,

além de um estudo encontrado por websites, o que totalizou 14 artigos selecionados para análise sistemática (Figura 1).

FIGURA 1 – Fluxograma das etapas da estratégia de busca (PRISMA)



Fonte: Elaborada pelo autor do trabalho

4.2 AMOSTRA

Como resultado do processo de seleção, 1056 sujeitos, submetidos a 24 modelos de intervenção, que variaram de 6 a 24 semanas de duração. Entre os estudos incluídos, sete envolveram jovens (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2021; DAMAS *et al.*, 2019b; DANKEL; LOENNEKE, 2019; GARCIA *et al.*, 2016; HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019; MARSH *et al.*, 2020; RAMÍREZ-VÉLEZ *et al.*, 2020; THOMAS *et al.*, 2021), enquanto três envolveram idosos (BARBALHO *et al.*, 2017; ORSSATTO *et al.*, 2020; TRACY; ENOKA, 2006) e um estudo incluiu ambas as populações (AHTIAINEN *et al.*, 2016). Quanto ao sexo, dois estudos incluíram apenas homens (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2021; DAMAS *et al.*, 2019b), dois apenas mulheres (ÁLVAREZ *et al.*, 2018; BARBALHO *et al.*, 2017), setes estudos envolveram ambos os sexo e um não descreveu o gênero. Quanto ao nível de experiência com TR, apenas dois estudos envolveram sujeitos treinados (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2021; GARCIA *et al.*, 2016), enquanto os outros 11 envolveram sujeitos não-treinados (AHTIAINEN *et al.*, 2016; BARBALHO *et al.*, 2017; DAMAS *et al.*, 2019b; DANKEL *et al.*, 2020; HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019; MARSH *et al.*, 2020; MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011; ORSSATTO *et al.*, 2020; RAMÍREZ-VÉLEZ *et al.*, 2020; THOMAS *et al.*, 2021; TRACY; ENOKA, 2006).

4.3 RISCO DE VIÉS

A análise da qualidade dos estudos a partir do risco de viés mostrou que apenas dois estudos apresentam “baixo risco” (DANKEL *et al.*, 2020; RAMÍREZ-VÉLEZ *et al.*, 2020), enquanto que quatros estudos foram classificados como “alto risco” (AHTIAINEN *et al.*, 2016; BARBALHO *et al.*, 2017; HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019; TRACY; ENOKA, 2006), logo, o restante mostrou “risco pouco claro”(ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2021; DAMAS *et al.*, 2019b; GARCIA *et al.*, 2016; MARSH *et al.*, 2020; MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011; ORSSATTO *et al.*, 2020; THOMAS *et al.*, 2021).

Tabela 1 - Risco de viés

Estudo	D1	D2	D3	D4	D5	Overall	
Agleri eg al. (2021)	!	+	+	!	+	!	+ Baixo Risco
Ahtiainen et al. (2016)	-	+	+	!	+	-	! Algumas preocupações
Barbalho et al. (0206)	!	!	+	-	+	-	- Alto risco
Damas et al. (2019)	!	!	+	!	+	!	
Dankel et al. (2019)	+	+	+	+	+	+	D1 Processo de randomização
Garcia et al. (2014)	!	!	+	!	+	!	D2 Desvio da intenção de tratar
Hammarström et al. (2020)	-	-	+	!	+	-	D3 Perda de dados
Marsh et al. (2020)	!	+	+	!	+	!	D4 Medida dos resultados
Orssatto et al. (2020)	!	!	+	!	!	!	D5 Relato dos resultados
Ramírez-Vélez et al. (2020)	+	+	+	+	+	+	
Thomas et al. (2020)	!	!	+	!	+	!	
Tracy et al. (2005)	-	!	+	!	+	-	
Marshall et al. (2011)	!	+	+	!	+	!	
Damas et al. (2019)	!	+	+	!	+	!	

Fonte: Elaborada pelo autor do trabalho

Quadro 1 - Descrição dos estudos.

Modelo analítico de Responsividade <i>Mínima Mudança Detectável</i>							
Autor	Amostra	Duração/ Frequência semanal	Protocolo de TR	Volume semanal (serie/sem)	Variáveis	Análise de Responsividade	Principais achados
Hammarstrom <i>et al.</i> (2020)	Jovens não treinados (homens; n= 16, 23 ± 4 anos; mulheres; n=18; 22 ± 1 anos)	12 semanas/ 2-3 sessões	Volume moderado (uma coxa):3 x 7-10RM; Baixo Volume (coxa contralateral): 1 x 7-10RM; unilateral leg press, flexão de joelho and extensão de joelho.	(Força MI) VM: 18-27 série/sem; BV 6-9 serie/sem; (Hipertrofia quadriceps) AV: 12-18 serie/sem; BV= 4-6		MMD: média linha de base x 0.2 em favor do maior volume (RP)	HP: 13 e participantes mostraram benefícios adicionais para o volume moderado, enquanto 3 participantes mostraram um benefício adicional do treinamento de série única; Força: 16 participantes mostraram benefícios adicionais para volume moderado, enquanto apenas um se beneficiou mais para baixo volume.
Orssato <i>et al.</i> (2020)	Idosos não treinados (homens; n= 14; mulheres; n=5; ambos 66 ± 4 anos)	9 semanas/ 2 sessões	3 x 4-12RM; leg press e flexão de joelho	MI: 12serie/sem	5RM (leg press); CMJ; TUG subir ou descer escada.	MMD: média linha de base x 0.2 1 (RP)	Força: não houve sujeitos NR; Potência: 7 sujeitos foram NR para CMJ; Funcionalidade: 12 sujeitos foram RP para o TUG e subir escada, e 11 RP para descer escada.
Modelo analítico de Responsividade <i>Típico Erro de Medida</i>							
Barbalho <i>et al.</i> (2017)	Idosos não treinados (mulheres; n=376; 70 ± 6 anos)	12 semanas/ 2 sessões	Alto Volume: 8-10 x 6-15RM; Baixo Volume: 4-6 x 6-15RM. Supino, desenvolvimento,	(MI)Alto Volume 16-20; Baixo Volume: 8-12	1RM (supino e leg press); 30s sentar e levantar da	TE = SDdiff / $\sqrt{2}$; RP =2.TE	Força: não houve indivíduos NR.; Funcionalidade: 5 indivíduos foram NR para a 30 segundos em pé de cadeira (3 no LV e 2 no grupo HV),

			extensão de cotovelo, leg press, flexão e extensão de joelhos.		cadeira, flexão de braço de 30s, teste de caminhada de 6min, sentar e alcançar		um a 30 segundos de rosca direta (LV grupo), um para sentar e alcançar (grupo HV) e 125 para caminhada de 6 minutos (50 em HV e 75 em LV).
Damas <i>et al.</i> (2019)	Jovens não treinados (homens; n= 20, 26 ± 3 anos	8 semanas/ 2 sessões	TR Controle: 4 sets x 9–12 RM vs TR variação: 4-6 sets x 9–30 RM; leg press e extensão de joelho	quadriceps: TR com: 16; VAR: 16-24	CSA - vasto lateral (US)	TE = SDdiff / $\sqrt{2}$; RP = 2.TE	HP: Não houve sujeitos NR e nenhum sujeito obteve benefícios adicionais de um dos protocolos de treinamento.
Damas <i>et al.</i> (2019)	Jovens não treinados (homens; n= 20, 20 ± 4 anos	12 semanas/ Alta frequência (AF; um coxa): 5 sessões; Baixa frequência (BF; coxa contralateral): 2/3 sessões	RT: 3 x 9-12RM; extensão de joelhos.	quadriceps: AF:15; BF: 6-9.	CSA - vasto lateral (US); 1RM (cadeira extensora)	TE = SDdiff / $\sqrt{2}$; RP = 2.TE	HP: 6 indivíduos (31,6% da amostra) responderam mais AF, 7 indivíduos (36,8% da amostra) responderam mais para BF, e os outros 6 indivíduos (31,6% da amostra) foram NR. ; Força: 5 indivíduos (26,3% da amostra) aumentaram mais o valor de 1RM para AF, 3 (15,8% da amostra) para BF, e os outros 11 (57,9% da amostra) apresentaram respostas semelhantes entre as frequências de TR. Não houve NR.
Modelo analítico de Responsividade <i>Variação em relação a Linha de Base</i>							
Marsh <i>et al.</i> (2020)	Jovens não treinados (42 pares de gêmeos do mesmo sexo; homens; n= 17; mulheres; n=25; ambos os gêneros 19-33 anos.)	12 semanas/ 3 sessões	RT: 3 x 5-15RM (60-90%1RM); supino, desenvolvimento, agachamento, levantamento terra e leg press.	peitoral, deltóide e tríceps: 12set/ week; quadriceps e glúteo: 27set/week	1RM (supino e leg press)	RP: $\Delta\%$ > 0 entre pré e pós intervenção.	Força: não houve sujeitos NR

Thomas <i>et al.</i> (2021)	Jovens não treinados (42 pares de gêmeos do mesmo sexo; homens; n= 17; mulheres; n=25; ambos os gêneros 19-33 anos.)	12 semanas/ 3 sessões	RT: 3 x 5-15RM (60-90%1RM); 2 (MMSS) - 3(MMII); supino, desenvolvimento, agachamento, levantamento terra e leg press.	<i>full body</i> : 45	MM(DXA);	RP: $\Delta\%$ > 0 entre pré e pós intervenção.	HP: 84% dos sujeitos foram RP .
Modelo analítico de Responsividade Coefficiente de Variação							
Angleri <i>et al.</i> (2021)	Jovens treinados (homens; n=31; 27 ± 4 anos)	12 semanas/ 2 sessões	Tradicional (TRAD; um coxa): 3 x 6-12 (75%1RM); Pirâmide Crescente(PC; coxa contralateral): 3 x 5-15 (65-85%1RM); Drop-set(DS; coxa contralateral): 3 x 15 (75-50%1RM); leg press e extensão de joelho.	quadríceps: 12	CSA vasto lateral (US); 1RM (leg press e extensão de joelho)	RP: Diferença TRAD x PC/ TRAD x DS: >2Coeficiente de Variação	HP: 1 sujeito obteve BA ao DS que o TRAD; Entre TRAD e PC não houve diferença; F: Para leg press, 5 sujeitos obtiveram BA a TRAD do que DS, 2 sujeitos obtiveram BA a DS do que TRAD. Em relação cadeira extensora, 2 sujeitos tiveram BA ao DS em relação ao TRAD, 3 sujeitos obtiveram BA ao TRAD do que DS, Para Leg Press, 4 indivíduos obtiveram BA a CP do que TRAD, 1 sujeito BA a TRAD do que CP . Para cadeira extensora, 2 indivíduos obtiveram BA a CP em relação ao TRAD, 2 outros BA a TRAD que CP.
Modelo analítico de Responsividade Grupos por percentual de Resposta (Cluster)							
Marshall <i>et al.</i> (2011)	Jovens treinados (mulheres; n= 32, 27 ± 8 anos)	6 semanas/ 2 sessões	1 vs 4 vs 8 x 4-12reps; agachamento	(MI)1S: 2; 4S: 8; 8S: 16.	1RM (agachamento e levantamento terra)	Altamente responsivos (ganhos de força > 20%), moderadamente (10 - 19%) e pouco responding (< 10%)	AR (1-SET n = 3; 4-SETS n = 5; 8-SETS n = 5) e PR (1-SET n = 6; 4-SETS n = 5; 8-SETS n = 2) foram encontrados nos grupos de treinamento.
Garcia <i>et al.</i> (2014)	Jovens treinados (mulheres; n= 11, 27 ± 8 anos)	12 semanas/ 3 sessões	Múltiplas séries: 3 x 6-14RM em cada exercício; Tri-set: 3 x 6 – 14RM em circuitos de três exercícios:	MI: 54	1RM (agachamento)	Altamente responsivos (ganhos de força > 20%),	AR foram encontrados nos grupos de treinamento (MS n = 4 e TS n = 1), moderados (MS n = 1 e TS n = 3) e

			agachamento, leg press, stiff e flexão de joelho, glúteo no smith e flexão plantar.			moderadamente (10 -19%) e pouco responding (< 10%)	baixos respondedores (MS n = 1 e TS n = 1)
Modelo analítico de Responsividade Intervalo de confiança do GC Desvio padrão da medida intervenção							
Ahtiainen <i>et al.</i> (2016)	Jovens não treinados (homens; n= 61, 31 ± 7 anos; mulheres; n=7; 38 ± 4 anos); Adultos de meia-idade não treinados (homens; n = 55; 53 ± 5; mulheres; n=41; 53 ± 4anos); Idosos não treinados (homens; n= 67, 66 ± 4 anos; mulheres; n=36; 65 ± 3 anos); Controle (homens; n= 53, 49 ± 16 anos; mulheres; n=19; 52 ± 7 anos)	24 semanas/ 2 sessões	RT: 3 x 5-12 (70-90%1RM); 2(quadriceps/triceps biceps),1 (harmstring/peitoral,dorsal, abdomen) exercícios por grupo muscular .Controle: sem exercício. unilateral leg press, flexão de joelho and extensão de joelho.	quadriceps: 12, MI: 18	CSA - vastos (US e MRI); EM - vastos (US); MM - coxa (DXA); 1RM (leg press)	LR: limiar superior IC do grupo controle. HR 1DP acima da média.	HP: 84 indivíduos (29,3%) foram definidos como LR e 35 sujeitos (12,2%) foram definidos como HR.; Força: 19 indivíduos (6,7%) foram definidos como LR e 39 sujeitos (13,8%) foram definidos como HR.
Dankel <i>et al.</i> (2018)	Jovens não treinados (homens; n= 57, 20 ± 3 anos; mulheres; n=94; 20 ± 3 anos)	6 semanas/ 3 sessões	Grupo RT: (um braço) 6 x 9-12RMs, braço contralateral.; Grupo teste 1RM: 1-5 x 1-2 RM; grupo controle sem exercício e braço controle sem exercício; flexão de cotovelo.	bíceps = 18set/week	EM proximal, média e distal(US); 1RM(rosca unilateral)	$DP_{real} = \sqrt{(DP_{intervenção}^2 - DP_{controle}^2)}$; $PR < media\ intervenção - 1.96 \times PD_{controle}$; $AR > media\ intervenção + 1.96 \times DP_{controle}$;	HP: na média dos 3 pontos de medida do braço treinado, 80% dos sujeitos foram RP no grupo RT. Não houve alterações no braço não treinado em nenhum grupo de intervenção, nem no grupo controle.Força: para o braço treinado, 79% dos sujeitos em RT e 99% do grupo 1RM foram RP no teste de 1RM, além disso, 6 sujeitos

						MMD: média linha de base x 0.2 (RP)	foram AR e 4 PR. Para o braço controle, 41% dos sujeitos em RT e 91% do grupo 1RM foram RP. Não houve variabilidade significativamente diferente do grupo controle.
Modelo analítico de Responsividade Típico Erro de Medida Mínima Mudança Detectável							
Ramírez-Vélez <i>et al.</i> (2020)	Jovens não treinados (homens; n= 32, 30-50 anos; mulheres; n=23; 30-50 anos)	12 semanas/ 3 sessões	4 x 20-30RM (40-80%1RM); agachamento, elevação lateral, rosca unilateral, triceps frances, desenvolvimento; Grupo controle: sem exercício	bíceps: 9; quadriceps, glúteos e isquibiais: 18; deltóides e triceps: 18.	MM (bioimpedância)	TE = SDdiff / $\sqrt{2}$; RP = 2. TE; MMD: média linha de base x 0.2 (RP)	Hipertrofia muscular: em relação as alterações dos braços do grupo RT, 2 sujeitos foram RP referente a MMD TE, enquanto que um sujeito foi RP apenas para MMD e outro foi RP apenas para TE. No grupo controle, 1 sujeito foi RP apenas para MMD, enquanto outro foi RP somente para TE. Em relação ao tronco, 1 sujeito foi RP para TE e MMD, enquanto que 1 sujeito foi RP apenas para TE e 3 sujeitos foram RP apenas para MMD. N grupo controle, 1 sujeito foi RP para TE e MMD, enquanto que 1 sujeito foi RP apenas para TE e 2 sujeitos foram RP apenas para MMD. Em relação aos membros inferiores, 2 sujeitos foi RP apenas para TE e 2 sujeitos foram RP apenas para MMD. No grupo controle,
Modelo analítico de Responsividade Coefficiente de Variação Limiar de Resposta (Cluster)							
Tracy <i>et al.</i> (2005)	Idosos não treinados (n=21, 72.0 ± 4.6)	16 semanas/ 3 sessões	RT: 3 x 10 Reps (30%1RM); Grupo controle: sem exercício; extensão de joelho	MI: 9	1RM extensão de joelho	Mudança percentual (6%) do sujeito individual com o CV para a mudança percentual para os sujeitos no grupo de controle no teste de 1RM; análise de	Força muscular: 14 sujeitos foram RP, enquanto 7 foram NR após a intervenção.

						cluster de k-médias da mudança percentual na carga de 1-RM da linha de base até 16 semanas	
--	--	--	--	--	--	--	--

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

4.4 MODELO ANALÍTICO DE RESPONSABILIDADE

Entre as estratégias estatísticas utilizadas para classificar as respostas individuais, dois estudos aplicaram o Erro Típico de Medida (TE) (BARBALHO *et al.*, 2017; DAMAS *et al.*, 2019b), outros dois usaram a Mínima Mudança Detectável (MMD) (HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019; ORSSATTO *et al.*, 2020). Dois estudos que fizeram parte do mesmo desenho experimental utilizaram a variação em relação a linha de base ($\Delta\% > 0$) (MARSH *et al.*, 2020; THOMAS *et al.*, 2021). O estudo de Angleri *et al.* (2021) utilizou o coeficiente de variação (CV), enquanto o estudo de Garcia *et al.* (2014) classificou as respostas individuais por margem percentual de resposta (*Cluster*). O restante dos estudos utilizou dois modelos de análise de RP que não obedeceram a um padrão, ou seja, combinaram diferentes modelos de análise entre eles. Diante disso, as classificações obtidas através da variedade de modelos utilizados foram: *Responsivos* e *Não responsivos* (BARBALHO *et al.*, 2017; DAMAS *et al.*, 2019b; DANKEL *et al.*, 2020; MARSH *et al.*, 2020; ORSSATTO *et al.*, 2020; THOMAS *et al.*, 2021); *Altamente Responsivos*, *Moderadamente Responsivos* e *Pouco Responsivos* (AHTIAINEN *et al.*, 2016; DANKEL *et al.*, 2020; GARCIA *et al.*, 2016; MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011; TRACY; ENOKA, 2006) e, o que os autores chamaram de “*benefícios adicionais*” (BA) (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2021; HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019).

ANÁLISE DE FORÇA E POTÊNCIA MUSCULAR

Dos estudos incluídos, dez analisaram Responsividade das alterações na força muscular, destes, um utilizou o teste de 5RM (ORSSATTO *et al.*, 2020), outro apenas CVM (dinamômetro isocinético) (TRACY; ENOKA, 2006), seis utilizaram o teste de 1RM (AHTIAINEN *et al.*, 2016; ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2021; BARBALHO *et al.*, 2017; DAMAS *et al.*, 2019b; GARCIA *et al.*, 2016; THOMAS *et al.*, 2021) e o restante usou tanto o teste de 1RM, quanto o CVM. Por outro lado, apenas um estudo aplicou análise de potência muscular, o qual utilizou o CMJ como variável de medida (ORSSATTO *et al.*, 2020).

Tabela 2 - Taxa de prevalência de responsividade para potência muscular

		%RP (n)	%NR (n)
Orssatto (2020)	I	63 (12)	37 (7)
	C		

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Legenda: %RP(n): taxa de prevalência de responsivos (número de sujeitos); %NR(n): taxa de prevalência de não-responsivos (número de sujeitos)

Tabela 3 - Taxa de prevalência de responsividade para força muscular.

		%AR (n)	%MR (n)	%PR (n)	%RP (n)	%NR (n)	%BA (n)
Marshall <i>et al.</i> (2011)							
	I	27 (3)	19 (2)	54 (6)	-	-	-
	C1	45 (5)	10 (1)	45 (5)	-	-	-
	C2	50 (5)	30 (3)	20 (2)	-	-	-
Garcia <i>et al.</i> (2014)							
	I	66 (4)	16 (1)	16 (1)	-	-	-
	C	20 (1)	60 (3)	20 (1)	-	-	-
Ahtiainen <i>et al.</i> (2016)							
	I	14 (39)	-	7 (19)	-	-	-
	C	-	-	-	-	-	-
Dankel <i>et al.</i> (2019)							
	I	12 (6)	-	8 (4)	81 (39)	19 (9)	-
	C	-	-	-	99 (51)	1 (1)	-
Tracy <i>et al.</i> (2006)							
	I	-	-	-	66 (14)	44 (7)	-
	C	-	-	-	-	-	-
Barbalho <i>et al.</i> (2017) ^{LP}							
	I	-	-	-	100 (180)	0	-
	C	-	-	-	100 (196)	0	-
Barbalho <i>et al.</i> (2017) ^{SR}							
	I	-	-	-	100 (180)	0	-
	C	-	-	-	100 (196)	0	-
Mash <i>et al.</i> (2020)							
	I	-	-	-	100 (64)	0	-
	C	-	-	-	-	-	-
Orssatto <i>et al.</i> (2020)							
	I	-	-	-	100 (19)	0	-
	C	-	-	-	-	-	-
Damas <i>et al.</i> (2018)							
	I	-	-	-	100 (20)	0	25 (5)
	C	-	-	-	100 (20)	0	16 (3)
Hammarstrom <i>et al.</i> (2020)							
	I	-	-	-	-	-	3 (1)
	C	-	-	-	-	-	47 (16)
Angleri <i>et al.</i> (2021) ^{LP}							
	I	-	-	-	-	-	31 (5)
	C1	-	-	-	-	-	12 (2)
	C2	-	-	-	-	-	27(4)
Angleri <i>et al.</i> (2021) ^{EXT}							
	I	-	-	-	-	-	19 (3)
	C1	-	-	-	-	-	12 (2)
	C2	-	-	-	-	-	13 (2)

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Legenda: %RP(n): taxa de prevalência de responsivos (número de sujeitos); %NR(n): taxa de prevalência de não-responsivos (número de sujeitos); %AR(n): taxa de prevalência de altamente-responsivos (número de sujeitos); %MR(n): taxa de prevalência de moderadamente-responsivos (número de sujeitos); %PR(n): taxa de prevalência de pouco-responsivos (número de sujeitos); BA: benefícios adicionais I: intervenção; C: comparador.

4.5 ANÁLISE DE HIPERTROFIA MUSCULAR

Quatro estudos utilizaram medidas de CSA através de US (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2021; DAMAS *et al.*, 2019b), MRI (HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019) ou ambos (AHTIAINEN *et al.*, 2020). Quatro estudos analisaram a MM através de DXA (AHTIAINEN *et al.*, 2016; THOMAS *et al.*, 2021), bioimpedância (RAMÍREZ-VÉLEZ *et al.*, 2020). Quatro estudos avaliaram EM a partir de DXA (HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019), US (AHTIAINEN *et al.*, 2016; DANKEL *et al.*, 2020) ou MRI (TRACY; ENOKA, 2006). Vale ressaltar que o estudo de Ahtiainen *et al.* (2016) envolveu todos os modelos de análises de hipertrofia muscular citados.

Tabela 4 - Taxa de prevalência de responsividade para hipertrofia muscular

		%AR (n)	%PR (n)	%RP (n)	%NR (n)	%BA (n)
Ahtiainen <i>et al.</i> (2016)	I	12 (35)	29 (84)			
Damas <i>et al.</i> (2018)	I			95 (19)	5 (1)	32 (6)
	C			95 (19)	5 (1)	37 (7)
Damas <i>et al.</i> (2019)	I			100 (40)	0	0
	C			100 (40)	0	0
Dankel <i>et al.</i> (2019)	I			80 (42)	20 (10)	
	C			0	100	
Hammarstrom <i>et al.</i> (2020)	I					9 (3)
	C					38 (13)
Ramirez-Velez <i>et al.</i> (2020) ^{BRA}	I			25 (3)	75 (9)	
	C					
Ramirez-Velez <i>et al.</i> (2020) ^{TRO}	I			16 (2)	84 (10)	
	C					
Ramirez-Velez <i>et al.</i> (2020) ^{CX}	I			16 (2)	84 (10)	
	C					
Angleri <i>et al.</i> (2021)	I					0*
	C1					6 (1)
	C2					0
Thomas <i>et al.</i> (2021)	I			84 (54)	16 (10)	
	C					

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Legenda: dados referentes aos mesmos sujeitos; %RP(n): taxa de prevalência de responsivos (número de sujeitos); %NR(n): taxa de prevalência de não-responsivos (número de sujeitos); %AR(n): taxa de prevalência de altamente-

responsivos (número de sujeitos); %MR(n): taxa de prevalência de moderadamente-responsivos (número de sujeitos); %PR(n): taxa de prevalência de pouco-responsivos (número de sujeitos); BA: benefícios adicionais I: intervenção; C: comparador.

4.6 ANÁLISE DE FUNCIONALIDADE

Apenas dois estudos analisaram funcionalidade, entre os quais, o de Orssatto *et al.* (2020) utilizaram o teste TUG e subir & descer escada, enquanto no estudo de Barbalho *et al.*, (2016) utilizaram os testes de sentar e levantar, flexão de braço de 30s, teste de caminhada de 6min e sentar e alcançar.

Tabela 5 - Taxa de Prevalência de responsividade para funcionalidade

		%RP (n)	%NR (n)
Orssatto <i>et al.</i> (2020)	I	63 (12)	37 (7)
	TUG C		
Orssatto <i>et al.</i> (2020)	I	63 (12)	37 (7)
	Subir degrau A C		
Orssatto <i>et al.</i> (2020)	I	58 (11)	42 (8)
	Descer degrau D I		
Barbalho <i>et al.</i> (2017)	C	98 (177)	2 (3)
	30s-Sentar e Levantar I	99 (194)	1 (2)
Barbalho <i>et al.</i> (2017)	C	99 (179)	0,5 (1)
	30s-Flexão de cotovelo I	100 (196)	0
Barbalho <i>et al.</i> (2017)	I	74 (146)	26 (50)
	6MIN C	58 (105)	42 (75)
Barbalho <i>et al.</i> (2017)	I	100 (180)	0
	SENT-AL C	99 (195)	0,5 (1)

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Legenda: BA: benefícios adicionais.; TUG: timed up and go; Subir: subir degrau; Descer: descer degrau; SL: sentar e levantar 30s; FC: flexão de cotovelo 30s; C6MIN: caminha de 6min; SENT-AL: sentar e alcançar; %RP(n): taxa de prevalência de responsivos (número de sujeitos); %NR(n): taxa de prevalência de não-responsivos (número de sujeitos); %AR(n): taxa de prevalência de altamente-responsivos (número de sujeitos); %MR(n): taxa de prevalência de moderadamente-responsivos (número de sujeitos); %PR(n): taxa de prevalência de pouco-responsivos (número de sujeitos); BA: benefícios adicionais; I: intervenção; C: comparador.

4.7 EFEITO DOSE-RESPOSTA NA RESPONSIVIDADE

A síntese das relações identificadas entre a manipulação e dosagem do treinamento, e as taxas de responsividade estão apresentadas nas Tabelas 6, 7 e 8. Nela percebe-se que, em relação a força muscular, a prescrição do TR em alto volume induz a melhores resultados quando comparados a baixo volume, independentemente da população, nos diversos contextos/classificações relacionados a responsividade (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2021; BARBALHO *et al.*, 2017; DAMAS *et al.*, 2019b; HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019; MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011). Entretanto, quando o baixo volume é associado a alta intensidade, a efetividade do treinamento é semelhante (BARBALHO *et al.*, 2017), ou superior a intensidade moderada (DANKEL *et al.*, 2020).

Em relação a hipertrofia muscular, novamente o alto volume de TR se mostra superior quanto a efetividade em responsividade (DAMAS *et al.*, 2019b, 2019a; DANKEL *et al.*, 2020; HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019). Além disso, ressalta-se que volume mínimo pode anular os efeitos do TR em respostas hipertróficas (DANKEL *et al.*, 2020).

Para funcionalidade, de modo geral, o TR é efetivo quanto a responsividade, independentemente da variação de volume (BARBALHO *et al.*, 2017). Contudo, especificamente para o teste de Caminha de 6 minutos o maior volume de TR gerou maior taxa de *responsivos* (BARBALHO *et al.*, 2017). Para potência muscular, nenhum estudo analisou o efeito dose-resposta.

Tabela 6 - Relação volume e efetividade da intervenção (responsivos).

	Hipertrofia		Força		Potência		Funcionalidade	
	Alto (%)	Baixo (%)	Alto (%)	Baixo (%)	Alto (%)	Baixo (%)	Alto (%)	Baixo (%)
Orssato <i>et al</i> (2020)				100		63		63
Barbalho <i>et al.</i> (2017) SL			100	100			98	99
Barbalho <i>et al.</i> (2017) FC							99	100
Barbalho <i>et al.</i> (2017) C6min							74	58
Barbalho <i>et al.</i> (2017) SA							100	99
Damas <i>et al.</i> (2019)	100							
Damas <i>et al.</i> (2019)	95	95	100	100				
Marsh <i>et al.</i> (2011)			100					
Thomas <i>et al</i> (2020)	84							
Dankel <i>et al.</i> (2018)	80	0	81	99				
Ramírez-Vélez <i>et al.</i> (2020)	19							
Tracy <i>et al.</i> (2005)				66				

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Legenda: Alto (%): taxa de prevalência referente a classificação de alto volume semanal por grupo muscular; Baixo (%): taxa de prevalência referente a classificação de baixo volume semanal por grupo muscular. SL: sentar e levantar 30s; FC: flexão de cotovelo 30s; C6min: caminhada de 6min; SA: sentar e alcançar

4.8 MARGEM DE PREVALÊNCIA PARA RESPONSABILIDADE

Quanto a força muscular, a margem de prevalência para as diferentes classificações apresentadas variou de 0% (BARBALHO *et al.*, 2017; MARSH *et al.*, 2020; THOMAS *et al.*, 2021) a 44% (TRACY; ENOKA, 2006) para *não responsivos*; de 12% (DANKEL *et al.*, 2020) a 66% (GARCIA *et al.*, 2016) para *altamente responsivos*; de 10% (MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011) a 60% (GARCIA *et al.*, 2016) para *moderadamente responsivos*; a margem foi de 7% (AHTIAINEN *et al.*, 2016) a 54% (MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011) para *pouco responsivos* e; de 3% a 47% quando um protocolo foi comparado a outro contralateral e gerou *benefícios adicionais* (HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019). Quanto a potência muscular, apenas um estudo utilizou análise de responsividade para e indicou prevalência de 37% de *não responsivos* (ORSSATTO *et al.*, 2020).

Para hipertrofia muscular, foram identificadas prevalências entre 0% (DAMAS *et al.*, 2019b) e 84% (RAMÍREZ-VÉLEZ *et al.*, 2020) para sujeitos *não responsivos*; de 12% (AHTIAINEN *et al.*, 2020) a 50% (MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011) para *altamente responsivos*; e de 29% (AHTIAINEN *et al.*, 2016) a 55% (MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011) de *pouco responsivos*. Considerando *moderadamente responsivos*, (MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011), a prevalência ficou entre 18% a 30%. Quanto a protocolos que geraram *benefícios adicionais*, a prevalência variou de 0% (DAMAS *et al.*, 2019a) a 38% (HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019).

Referente a funcionalidade, apenas a classificação de sujeitos *não responsivos* foi encontrada e a variação na prevalência foi de 0% para os testes flexão de cotovelo em 30s e sentar e levantar em 30s (BARBALHO *et al.*, 2017) a 42% para os testes de caminhada de 6min (BARBALHO *et al.*, 2017; ORSSATTO *et al.*, 2020).

4.9 VOLUME SEMANAL

Quanto ao volume semanal por grupo muscular, dois estudos envolveram protocolos apenas com baixo volume (ORSSATTO *et al.*, 2020; TRACY; ENOKA, 2006), enquanto quatro estudos basearam-se em protocolos com alto volume (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2021; DANKEL *et al.*, 2020; MARSH *et al.*, 2020; THOMAS *et al.*, 2021) e cinco abrangiam ambos os volumes (AHTIAINEN *et al.*, 2016; BARBALHO *et al.*, 2017; DAMAS *et al.*, 2019b; HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019; RAMÍREZ-VÉLEZ *et al.*, 2020).

Tabela 7 - Relação volume e respondedores diferenciais.

	Hipertrofia		Força		
	%AR	%PR	%AR	%MR	%PR
Marshall <i>et al.</i> (2011)1set◇			27	19	54
Marshall <i>et al.</i> (2011)4set◇			45	10	45
Marshall <i>et al.</i> (2011)8set*			50	30	20
Gargcia <i>et al.</i> (2014)*			66	16	16
Gargcia <i>et al.</i> (2014)*			20	60	20
Ahtiainen <i>et al.</i> (2016)*	12	29	14		7
Dankel <i>et al.</i> (2018)*			12		8

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Legenda: set: série/ exercício. *: alto volume; ◇: baixo volume; %AR: taxa de prevalência de altamente-responsivos; %MR: taxa de prevalência de moderadamente-responsivos; %PR: taxa de prevalência de pouco-responsivos;

Tabela 8 - Relação volume e benefícios adicionais

	Hipertrofia		Força	
	Alto RP (%)	Baixo (%)	Alto RP (%)	Baixo (%)
Hammastron et al (2019)	38	9	47	3
Damas <i>et al.</i> (2019)			0	0
Damas <i>et al.</i> (2019)	32	37	25	16
Angleri <i>et al.</i> (2020)◇ TRADxDS	0		31	
Angleri <i>et al.</i> (2020)◇ TRADxPC			7	
Angleri <i>et al.</i> (2020)◇ DS	6		12	
Angleri <i>et al.</i> (2020)◇ PC	0		27	
Angleri <i>et al.</i> (2020)* TRADxDS			19	
Angleri <i>et al.</i> (2020)* TRADxPC			13	
Angleri <i>et al.</i> (2020)* DS			12	
Angleri <i>et al.</i> (2020)* PC			13	

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho.

Legenda: TRAD>DS (sujeitos que BA mais do TR tradicional que. Drop-set); TRAD>PC: (sujeitos que BA mais do TR tradicional que Pirâmide crescente); DS (sujeitos que BA mais DS que TR tradicional); PC (sujeitos que BA mais da Pirâmide Crescente que TR tradicional); ◇: dados referentes a leg press; *: dados referentes a extensão de joelho

5. DISCUSSÃO

O objetivo desta revisão sistemática foi descrever a prevalência de responsividade de adultos saudáveis ao treinamento resistido a partir de indicadores de força, potência, funcionalidade e hipertrofia muscular. De modo específico, foram consideradas características de dose-resposta em diferentes faixas-etárias, desenhos experimentais, modelos de análise e classificações de responsividade. Diante disto, após a estratégia de busca, 12 artigos foram elegíveis para o presente estudo, que envolveram 1056 sujeitos, submetidos a 24 modelos de intervenção. Desses estudos, apenas dois apresentaram baixo risco de viés, o que prejudica a capacidade de inferências contundentes baseadas nos dados obtidos.

5.1 RESPONSABILIDADE AO TR EM FORÇA E POTÊNCIA MUSCULAR

Para a força muscular, dados recentes de metanálise têm indicado que a carga é o principal mediador das alterações nesse componente, ou seja, quanto maior carga aplicada no treinamento, melhores são as respostas (GRGIC, 2020; LOPEZ *et al.*, 2021), corroborando os achados do presente estudo (DANKEL *et al.*, 2020; MARSH *et al.*, 2020; ORSSATTO *et al.*, 2020). Nesse sentido, apesar de que maiores volumes de treinamento mostraram ser mais efetivos em relação a *responsividade* quando a intensidade está equalizada (DAMAS *et al.*, 2019b; HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019; MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011), destaca-se que a manipulação de intensidade pode influenciar na efetividade do treinamento independente da dose de volume tanto para jovens, quanto para idosos (BARBALHO *et al.*, 2017; DANKEL *et al.*, 2020; MARSH *et al.*, 2020; ORSSATTO *et al.*, 2020; TRACY; ENOKA, 2006). No Entanto, fatores extra manipulação de variáveis e dosagem do TR devem ser abordados para aprimorar o entendimento.

Dessa forma, reflexões tem sido elucidadas sobre adaptações neuromusculares enviesadas pelo teste a qual as mesmas são medidas, de modo que, se o teste aplicado é o de 1RM, indivíduos que treinarem com alta intensidade e faixa de repetições próximas ao teste tendem a obter melhores resultados que indivíduos que treinarem em faixa de repetições maiores, devido ao princípio da especificidade (DANKEL *et al.*, 2017). Nesse contexto, os fundamentos da dose-dependência de carga para gerar melhores adaptações de força muscular, somada a influência do princípio da especificidade na medida que se buscar melhorar, parecem ser determinantes da *responsividade* e devem ser consideradas na tomada de decisão quanto a prescrição do TR (DANKEL *et al.*, 2020; TRACY; ENOKA, 2006). Por outro lado, a especificidade também pode ser o que explica a menor eficiência do TR tradicional na *responsividade* de potência muscular (ORSSATTO *et al.*, 2020). Contudo, é provável que, para aumentar as respostas positivas a essa valência física através do TR, é necessário combiná-

lo com aspectos específicos de potência, como demonstrados por Radnor *et al.* (2018), no qual a taxa de *responsivos* para TR combinado com treinamento pliométrico foi superior quando comparado ao TR somente.

Ainda sobre questões metodológicas, é possível que a estratégia de randomização influencie a clareza dos desfechos relacionados a *responsividade* de força muscular quando não é considerado o fenômeno do efeito cruzado, caracterizado quando um membro submetido ao treinamento transfere adaptações neuromusculares para o membro contralateral independentemente de treiná-lo (CARROLL *et al.*, 2006). Modelos experimentais que testam diferentes doses de TR, em diferentes membros do mesmo sujeito, não podem inferir resultados de *responsividade* referentes a determinado protocolo de treinamento, pois não sabe-se o quanto da magnitude das alterações são provenientes do protocolo aplicado no membro oposto (DANKEL *et al.*, 2020).

5.2 RESPONSABILIDADE AO TR EM FUNCIONALIDADE

A efetividade do TR para gerar alterações funcionais significativamente positivas parece não estar associado ao volume (BARBALHO *et al.*, 2017). No entanto, é possível que a intensidade e a associação com responsividade de força muscular interfira nesse contexto (GRGIC, 2020; LOPEZ *et al.*, 2021). No estudo de Tracy *et al.* (2005), idosos submetidos a TR de baixa intensidade (30%1RM) obtiveram menor taxa de *responsividade* para força muscular entre todos os estudos e os indivíduos submetidos ao treinamento não mostraram alterações funcionais diferentes do grupo controle. Ambos os desfechos podem estar associados, pois é sabido que alterações na força muscular tem significativa relação com baixo desempenho físico e limitação funcional (MANINI; CLARK, 2012), logo, um protocolo que não desenvolva significativamente essa valência física, quanto a responsividade, pode não transferir benefícios a capacidades funcionais. Contudo, futuros estudos baseados em análise de efeito dose-respostas do TR e funcionalidade, na perspectiva de analisar individualmente as alterações, devem esclarecer melhor essa lacuna.

Porém, é possível que a influência da especificidade destacada anteriormente aconteça nesse contexto também, contudo, sobre outros aspectos. Dessa forma, os resultados indicam que, quando há semelhança na tarefa motora e nas adaptações neuromusculares resultantes do treinamento, com o teste funcional aplicado, o TR pode ser altamente efetivo na *responsividade* dos sujeitos (BARBALHO *et al.*, 2017). Entretanto, quando o teste apresenta uma complexidade motora ou exige capacidades físicas não específicas do TR, a *responsividade* é reduzida (BARBALHO *et al.*, 2017; ORSSATTO *et al.*, 2020).

5.3 RESPONSABILIDADE AO TR EM HIPERTROFIA MUSCULAR

De modo geral, para a hipertrofia muscular, a perspectiva de *responsividade* parece apresentar o volume como variável determinante para obtenção de melhores respostas (DANKEL *et al.*, 2020; HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019; MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011), que reforça dose-dependência para potencialização de efeitos hipertróficos do TR já demonstrada anteriormente (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017). No entanto, os principais achados do presente estudo ponderam que precisa haver uma dose mínima de volume eficiente para gerar hipertrofia, independente da magnitude desse efeito, ou seja, o incremento de volume é importante para evitar respostas nulas/ou negativas (DANKEL *et al.*, 2020). Nesse sentido, apesar de existirem indicações mínimas, máximas (6-45 séries semanais por grupo muscular) e ótimas (30-45 séries) de volume semanal por grupo muscular (RADAELLI *et al.*, 2015; SCHOENFELD *et al.*, 2019b), é possível que não se apliquem a nível individual. Desse modo, são necessárias mais evidências que testem diferentes doses de TR na ótica da responsividade para esclarecer essa questão.

Em outra ótica, a grande variabilidade de *responsividade* para hipertrofia pode ser explicada por aspectos metodológicos. Por exemplo, o estudo de Ramires-Vélez *et al.* (2020) pode ter enviesado a margem de efetividade devido ao desenho experimental, pois os sujeitos estavam sob condição de déficit calórico, já que é um fator que pode induzir ao catabolismo muscular (HEINITZ *et al.*, 2020) e consequentemente prejudicar o potencial hipertrófico do TR (MURPHY; KOEHLER, 2021). Nesse sentido, é importante que a restrição calórica deva ser controlada em futuros estudos que busque desfechos de otimização de hipertrofia muscular. Por outro lado, outro estudo pode ter enviesado a alta efetividade do TR, uma vez que relataram recrutamento de indivíduos de estudos anteriores, que aparentemente haviam obtido ótimas respostas hipertróficas, ou seja, possivelmente já eram potenciais *responsivos* (DAMAS *et al.*, 2019c). De qualquer forma, a efetividade do TR para esta variável ainda é relativamente alta, mesmo sem considerar os estudos que influenciaram a amplitude dos resultados (DAMAS *et al.*, 2019b; RAMÍREZ-VÉLEZ *et al.*, 2020).

Do ponto de vista fisiológico, indivíduos que se beneficiam de maior volume de TR para hipertrofia muscular, apresentaram maior fosforilação de S6-quinase 1, proteína ribossomal e taxa de síntese fracionada de proteína miofibrilar, maior RNA total em repouso, maior expressão de mRNA, induzida pelo exercício, além de uma gradativa redução do dano muscular (DAMAS *et al.*, 2019c; HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019). Por outra ótica, sujeitos *altamente-responsivos* podem ter um aumento mais expressivo na proliferação de células-satélite durante o treinamento, além de apresentarem maior volume mitocondrial, fatores que favorecem o potencial anabólico com TR (ROBERTS *et al.*, 2018a, 2018b).

5.4 HETEROGENEIDADE DOS ESTUDOS

Para interpretar os dados quantitativos de responsividade agrupados, é preciso ponderar as qualidades e limitações entre os estudos, principalmente nos aspectos estatísticos, para assegurar o real desfecho sobre a responsividade. Estudos nos quais não há presença de um grupo controle e não consideram como a ausência da intervenção interfere nas variáveis investigadas, não podem inferir o efeito do treinamento baseado na magnitude das alterações individuais pois não isolaram o mesmo do efeito da não-intervenção (DANKEL *et al.*, 2020). Dessa forma, é possível que nos estudos com essa característica (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2021; BARBALHO *et al.*, 2017; DAMAS *et al.*, 2019b, 2019a; GARCIA *et al.*, 2016; HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019; MARSH *et al.*, 2020; MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011; ORSSATTO *et al.*, 2020; THOMAS *et al.*, 2021), independente da comparação entre diferentes protocolos e da utilização de outros métodos estatísticos de responsividade, haja limitações na classificação das respostas individuais, consequentemente gerando desfechos questionáveis.

Nessa linha, o método de análise de responsividade pode aparentemente ter influenciado na divergência de respostas, principalmente quando utilizaram classificação dos sujeitos por diferentes magnitudes de respostas (*altamente, moderadamente e pouco responsivo*) baseados ou não no efeito do grupo controle (AHTIAINEN *et al.*, 2020; DANKEL *et al.*, 2020; GARCIA *et al.*, 2016; MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011). Contudo, é inviável inferir a real diferença baseado na comparação direta dos estudos, sem abordagem estatística.

No entanto, um estudo apontou recentemente que ausência de métodos como o TE ou MMD, ou seja, que não isolam o erro de medida e o erro aleatório respectivamente, e que consideram o zero como limiar de responsividade para *responsivos* e *não-responsivos*, superestimam as taxas de prevalência (BONAFIGLIA; PREOBRAZENSKI; GURD, 2021). Mesmo assim, apesar da heterogeneidade dos estudos, seguindo essa abordagem estatística, não houve uma divergência evidente nas prevalências que não pudesse ser claramente explicada por outros fatores. (BARBALHO *et al.*, 2017; DAMAS *et al.*, 2019b, 2019a; DANKEL *et al.*, 2020; MARSH *et al.*, 2020; ORSSATTO *et al.*, 2020; TRACY; ENOKA, 2006). Entretanto, nos estudos que investigam responsividade a partir de *benefícios adicionais* de um protocolo em relação a outro, mesmo que o desfecho aponte superioridade para alguma direção (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2021; DAMAS *et al.*, 2019b, 2019c; HAMMARSTRÖM *et al.*, 2019), sem o isolamento do efeito da não-intervenção, MMD e TE, não está claro se o sujeito é *não-responsivo* ao protocolo ou apenas não obteve vantagem do mesmo (HRUBENIUK *et al.*, 2021).

5.5 EFETIVIDADE DO TR

No contexto geral, os principais achados apontam que o TR tem margem similar de efetividade nas variáveis de força, funcionalidade e hipertrofia muscular, ambas mostrando recorrência de altas prevalências de *responsivos*. No entanto, ao considerar as chances de o TR ser eficiente, a amplitude dos resultados aponta que melhoras na força e funcionalidade são mais prováveis de acontecer que hipertrofia e potência muscular. Porém, a perspectiva de especificidade mencionada para justificar a responsividade de potência muscular não cabe para hipertrofia que, por sua vez, depende de mais fatores-chave que influenciam nesse fenômeno, como dieta, sono, recuperação, idade e nível de treinamento, magnitude estímulo do exercício, etc. (MANN, LAMBERTS E LAMBERT, 2014).

Apesar do positivo potencial do TR quanto a *responsividade* nas variáveis analisadas, Ahtiainen *et al.* (2016) relatou que 8 sujeitos (3%) mostraram respostas nulas/negativas tanto para força, quanto hipertrofia, enquanto Barbalho *et al.* (2016) apontaram não ter encontrado não-responsivos para funcionalidade e força muscular. Contudo, Chmelo *et al.* (2016) encontraram 4 indivíduos (7%) com respostas negativas para essas duas variáveis. Em contrapartida, considerando todas as variáveis de interesse, dois estudos relataram não haver nenhum indivíduo que respondeu negativamente para todas as variáveis simultaneamente (CHURCHWARD-VENNE *et al.*, 2015; RADNOR; LLOYD; OLIVER, 2017). Nesse sentido, e de modo geral, o TR tem alta efetividade na *responsividade* e sugere-se que parece não haver sujeito *não-responsivo* universal, mas ressalta-se que esse indivíduo pode não ter a mesma responsividade para diferentes variáveis, nem para diferentes modelos de prescrição do TR.

Portanto, a partir do desenho de estudo proposto para análise sistemática, aponta-se a escassez de estudos em relação a potência e funcionalidade, além da heterogeneidade entre os estudos selecionados no que tange os desenhos de estudo, protocolos de TR e modelos de análise de responsividade, como fatores que limitaram comparações aprofundadas entre os estudos e, principalmente, a aplicação de metanálise para verificar efeito do volume de treinamento sobre a prevalência de determinado perfil de responsividade. Em contrapartida, destaca-se pontos fortes como a especificidade na análise e classificação do volume de treinamento para justificar alguns desfechos, a proposta de investigar responsividade através de dados de prevalência e ponderando esses dados pela diferença entre os modelos estatísticos e desenhos experimentais, além de cruzar fundamentos de dose-resposta bem estabelecidos na literatura para média de determinadas populações com achados em respostas individuais dos estudos.

Nesse sentido, a partir dos questionamentos elucidados, futuros estudos devem controlar satisfatoriamente fatores que podem camuflar o real efeito da *responsividade* e propor desenhos baseados em dose-resposta, considerando o princípio da especificidade apontado. Nessa linha, considerar a dose-dependência dos efeitos do TR, a especificidade do instrumento/ método de análise,

presença de um grupo controle e agrupamento de modelos estatísticos que isolem o efeito da intervenção são importantes para esclarecer esse fenômeno. Além disso, é necessário propor desenhos com maior rigor metodológico para gerar evidências de maior credibilidade. A partir dos dados risco de viés, é importante que os futuros estudos nesse campo, descrevam, principalmente, melhor o processo de randomização dos grupos, além do cegamento tanto dos avaliadores para análise de variáveis de interesse, quanto na alocação dos participantes para os diferentes grupos de intervenção e/ou controle.

6. CONCLUSÃO

O TR tem alta efetividade sobre as variáveis de interesse, sobretudo em força e funcionalidade. Para hipertrofia muscular, diversos fatores interferem no efeito, consequentemente diminuindo a probabilidade de eficiência do treinamento. Quanto ao efeito de dose-resposta, aponta-se que o incremento de volume parece potencializar a efetividade do TR considerando todas as variáveis de interesse, porém a intensidade pode ser o fator chave em contextos de força muscular e funcionalidade. Além disso, prescrições mais direcionadas para a especificidade do que se pretende aprimorar tendem a gerar respostas individuais satisfatórias, considerando características como dose-dependência, o teste utilizado para medir alterações, modelo de treinamento. É importante ponderar os desfechos dos estudos devido suas limitações metodológicas e de análise estatística de *responsividade* para direcionar assertivamente a tomada de decisão na prescrição do TR seguindo essa perspectiva.

REFERÊNCIAS

- AAGAARD, P. Spinal and supraspinal control of motor function during maximal eccentric muscle contraction: Effects of resistance training. **Journal of Sport and Health Science**, v. 7, n. 3, p. 282–293, 1 jul. 2018.
- ACSM. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 7, p. 1510–1530, 2009a.
- ACSM. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, mar. 2009b.
- AHMETOV, I. I. et al. Genes and Athletic Performance: An Update. **Medicine and Sport Science**, v. 61, p. 41–54, 2016.
- AHTIAINEN, J. P. et al. Heterogeneity in resistance training-induced muscle strength and mass responses in men and women of different ages. **Age**, v. 38, n. 1, p. 1–13, 2016.
- AHTIAINEN, J. P. et al. Inter-individual variation in response to resistance training in cardiometabolic health indicators. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 30, n. 6, p. 1040–1053, 6 jun. 2020.
- ALEXANDER, N. B. et al. Oxygen-Uptake (VO₂) Kinetics and Functional Mobility Performance in Impaired Older Adults. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 58, n. 8, p. M734–M739, 1 ago. 2003.
- ÁLVAREZ, C. et al. **Interindividual responses to different exercise stimuli among insulin-resistant women**. [s.l.: s.n.]. v. 28
- ANDROULAKIS-KORAKAKIS, P. et al. The Minimum Effective Training Dose Required for 1RM Strength in Powerlifters. **Frontiers in Sports and Active Living**, v. 3, 30 ago. 2021.
- ANDROULAKIS-KORAKAKIS, P.; FISHER, J. P.; STEELE, J. The Minimum Effective Training Dose Required to Increase 1RM Strength in Resistance-Trained Men: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 50, n. 4, p. 751–765, 3 abr. 2020.
- ANGLERI, V.; UGRINOWITSCH, C.; LIBARDI, C. A. Individual Muscle Adaptations in different Resistance Training Systems in Well-Trained Men. **International Journal of Sports Medicine**, 7 jun. 2021.
- ATKINS, J. L. et al. Sarcopenic obesity and risk of cardiovascular disease and mortality: A population-based cohort study of older men. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 62, n. 2, p. 253–260, 2014.
- ATKINSON, G.; BATTERHAM, A. M. True and false interindividual differences in the physiological response to an intervention. **Experimental Physiology**, v. 100, n. 6, p. 577–588, 2015.
- BARBALHO, M. DE S. M. et al. There are no no-responders to low or high resistance training volumes among older women. **Experimental Gerontology**, v. 99, p. 18–26, 2017.
- BECKWÉE, D. et al. Exercise Interventions for the Prevention and Treatment of Sarcopenia. A Systematic Umbrella Review. **The journal of nutrition, health & aging**, v. 23, n. 6, p. 494–502, 25 jun. 2019.
- BONAFIGLIA, J. T.; PREOBRAZENSKI, N.; GURD, B. J. A Systematic Review Examining the

Approaches Used to Estimate Interindividual Differences in Trainability and Classify Individual Responses to Exercise Training. **Frontiers in Physiology**, v. 12, 8 nov. 2021.

CARROLL, T. J. et al. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. **Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 5, p. 1514–1522, nov. 2006.

CHODZKO-ZAJKO, W. J. et al. Exercise and Physical Activity for Older Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 7, p. 1510–1530, jul. 2009.

CHURCHWARD-VENNE, T. A. et al. There are no nonresponders to resistance-type exercise training in older men and women. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 16, n. 5, p. 400–411, 2015.

CLARK, B. C.; MANINI, T. M. What is dynapenia? **Nutrition**, v. 28, n. 5, p. 495–503, maio 2012.

CRUZ-JENTOFT, A. J. et al. Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. **Age and Ageing**, v. 48, n. 1, p. 16–31, 2019.

DAMAS, F. et al. Myofibrillar protein synthesis and muscle hypertrophy individualized responses to systematically changing resistance training variables in trained young men. **Journal of Applied Physiology**, v. 127, n. 3, p. 806–815, 2019a.

DAMAS, F. et al. Individual Muscle Hypertrophy and Strength Responses to High vs. Low Resistance Training Frequencies. **Journal of strength and conditioning research**, v. 33, n. 4, p. 897–901, 2019b.

DAMAS, F. et al. Myofibrillar protein synthesis and muscle hypertrophy individualized responses to systematically changing resistance training variables in trained young men. **Journal of Applied Physiology**, v. 127, n. 3, p. 806–815, 1 set. 2019c.

DANKEL, S. J. et al. Correlations Do Not Show Cause and Effect : Not Even for Changes in Muscle Size and Strength. **Sports Medicine**, 2017.

DANKEL, S. J. et al. Assessing differential responders and mean changes in muscle size, strength, and the crossover effect to 2 distinct resistance training protocols. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 45, n. 5, p. 463–470, maio 2020.

DANKEL, S. J.; LOENNEKE, J. P. A Method to Stop Analyzing Random Error and Start Analyzing Differential Responders to Exercise. **Sports Medicine**, 2019.

DEN OUDEN, M. E. M. et al. Physical functioning is related to both an impaired physical ability and ADL disability: A ten year follow-up study in middle-aged and older persons. **Maturitas**, v. 74, n. 1, p. 89–94, 2013.

FAIGENBAUM, A. D. et al. Youth Resistance Training: Updated Position Statement Paper From the National Strength and Conditioning Association. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. Supplement 5, p. S60–S79, ago. 2009.

FISHER, J. P. et al. A minimal dose approach to resistance training for the older adult; the prophylactic for aging. **Experimental Gerontology**, v. 99, n. June, p. 80–86, 2017.

FORREST, K. Y. Z.; ZMUDA, J. M.; CAULEY, J. A. Patterns and correlates of muscle strength loss in older women. **Gerontology**, v. 53, n. 3, p. 140–147, 2007.

- FRAGALA, M. S. et al. Resistance Training for Older Adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 8, p. 2019–2052, ago. 2019.
- GARBER, C. E. et al. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334–1359, jul. 2011.
- GARCIA, P. et al. Comparison between the multiple-set plus 2 weeks of tri-set and traditional multiple-set method on strength and body composition in trained women: a pilot study. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 1, p. 47–52, jan. 2016.
- GREENHALGH, T.; PEACOCK, R. Effectiveness and efficiency of search methods in systematic reviews of complex evidence: Audit of primary sources. **British Medical Journal**, v. 331, n. 7524, p. 1064–1065, 2005.
- GRGIC, J. The Effects of Low-Load vs. High-Load Resistance Training on Muscle Fiber Hypertrophy: A Meta-Analysis. **Journal of Human Kinetics**, v. 74, n. 1, p. 51–58, 2020.
- GRGIC, J.; SCHOENFELD, B. J. Are the hypertrophic adaptations to high and low-load resistance training muscle fiber type specific? **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. APR, 2018.
- HAMMARSTRÖM, D. et al. Benefits of higher resistance-training volume depends on ribosome biogenesis. **bioRxiv**, v. d, p. 666347, 2019.
- HAUN, C. T. et al. Pre-training skeletal muscle fiber size and predominant fiber type best predict hypertrophic responses to 6 weeks of resistance training in to previously trained young men. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. MAR, p. 1–17, 26 mar. 2019.
- HEINITZ, S. et al. Early adaptive thermogenesis is a determinant of weight loss after six weeks of caloric restriction in overweight subjects. **Metabolism**, v. 110, p. 154303, set. 2020.
- HRUBENIUK, T. J. et al. Directions for Exercise Treatment Response Heterogeneity and Individual Response Research. **International Journal of Sports Medicine**, 16 ago. 2021.
- HUBAL, M. J. et al. Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n. 6, p. 964–972, 2005.
- HURLEY, B. F. Age, gender, and muscular strength. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 50, n. SPEC. ISSUE, p. 41–44, 1995.
- KAMIYA, K. et al. Sarcopenia: prevalence and prognostic implications in elderly patients with cardiovascular disease. **JCSM Clinical Reports**, v. 2, n. 2, p. 1–13, 2017.
- KEMMLER, W.; VON STENGEL, S.; SCHOENE, D. Longitudinal Changes in Muscle Mass and Function in Older Men at Increased Risk for Sarcopenia - The FrOST-Study. **The Journal of frailty & aging**, v. 8, n. 2, p. 57–61, 2019.
- KEOGH, J. W. L. et al. ACE and UCP2 gene polymorphisms and their association with baseline and exercise-related changes in the functional performance of older adults. **PeerJ**, v. 2015, n. 5, 2015.
- KIM, T. N.; CHOI, K. M. Sarcopenia: Definition, Epidemiology, and Pathophysiology. **Journal of Bone Metabolism**, v. 20, n. 1, p. 1, 2013.
- KIM, Y. et al. The combination of cardiorespiratory fitness and muscle strength , and mortality risk.

European Journal of Epidemiology, v. 33, n. 10, p. 953–964, 2018.

LASEVICIUS, T. et al. Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. **European Journal of Sport Science**, v. 18, n. 6, p. 772–780, 2018.

LAVIN, K. M. et al. The importance of resistance exercise training to combat neuromuscular aging. **Physiology**, v. 34, n. 2, p. 112–122, 2019.

LAW, T. D.; CLARK, L. A.; CLARK, B. C. Resistance Exercise to Prevent and Manage Sarcopenia and Dynapenia. **Annual Review of Gerontology and Geriatrics**, v. 36, n. 1, p. 205–228, 1 jan. 2016.

LIBERATI, A. et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 62, n. 10, p. e1–e34, 1 out. 2009.

LLOYD, R. S. et al. Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. **British Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 7, p. 498–505, abr. 2014.

LOPES, J. S. S. et al. Effects of training with elastic resistance versus conventional resistance on muscular strength: A systematic review and meta-analysis. **SAGE Open Medicine**, v. 7, p. 205031211983111, 19 jan. 2019.

LOPEZ, P. et al. Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 53, n. 6, p. 1206–1216, jun. 2021.

MANINI, T. M.; CLARK, B. C. Dynapenia and aging: An update. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 67 A, n. 1, p. 28–40, 2012.

MANN, T. N.; LAMBERTS, R. P.; LAMBERT, M. I. High responders and low responders: Factors associated with individual variation in response to standardized training. **Sports Medicine**, v. 44, n. 8, p. 1113–1124, 2014.

MARSH, C. E. et al. Fitness and strength responses to distinct exercise modes in twins: Studies of Twin Responses to Understand Exercise as a Therapy (STRUETH) study. **Journal of Physiology**, v. 598, n. 18, p. 3845–3858, 2020.

MARSHALL, P. W. M.; MCEWEN, M.; ROBBINS, D. W. Strength and neuromuscular adaptation following one, four, and eight sets of high intensity resistance exercise in trained males. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 12, p. 3007–3016, 31 dez. 2011.

MAZZOLARI, R. Exercise dose and individual response of healthy adults: is it time to re-evaluate exercise responsiveness and training recommendations? **Journal of Physiology**, v. 596, n. 16, p. 3807–3808, 2018.

MELTON, L. J. et al. Epidemiology of sarcopenia. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 48, n. 6, p. 625–630, 1 jun. 2000.

MOBLEY, C. B. et al. Biomarkers associated with low, moderate, and high vastus lateralis muscle hypertrophy following 12 weeks of resistance training. **PLoS ONE**, v. 13, n. 4, p. 1–20, 2018.

MURPHY, C.; KOEHLER, K. Energy deficiency impairs resistance training gains in lean mass but

not strength: A meta-analysis and meta-regression. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 13 out. 2021.

NASCIMENTO, C. M. et al. Sarcopenia, frailty and their prevention by exercise. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 132, p. 42–49, 2019.

NASEEB, M. A.; VOLPE, S. L. Protein and exercise in the prevention of sarcopenia and aging. **Nutrition Research**, v. 40, p. 1–20, 2017.

ORSSATTO, L. B. R. et al. Is responsiveness of elderly individuals to resistance training related to habitual nutritional intake? An exploratory analysis of a randomized controlled trial. **Sport Sciences for Health**, v. 16, n. 2, p. 355–364, 2020.

OUZZANI, M. et al. Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, v. 5, n. 1, p. 210, 5 dez. 2016.

PAGE, M. J. et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. **BMJ**, p. n160, 29 mar. 2021.

PAPADOPOULOS, E. et al. Journal of Geriatric Oncology Effects of six months of aerobic and resistance training on metabolic markers and bone mineral density in older men on androgen deprivation therapy for prostate cancer. **Journal of Geriatric Oncology**, p. 2–5, 2020.

POLLOCK, M. L. et al. **The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1998. Disponível em: <<https://ci.nii.ac.jp/naid/10021887631/>>. Acesso em: 3 fev. 2021

RADAELLI, R. et al. Dose-response of 1, 3, and 5 sets of resistance exercise on strength, local muscular endurance, and hypertrophy. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 5, p. 1349–1358, 7 maio 2015.

RADNOR, J. M.; LLOYD, R. S.; OLIVER, J. L. Individual Response to Different Forms of Resistance Training in School-Aged Boys. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 3, p. 787–797, 2017.

RAMÍREZ-VÉLEZ, R. et al. Weight Loss after 12 Weeks of Exercise and/or Nutritional Guidance Is Not Obligatory for Induced Changes in Local Fat/Lean Mass Indexes in Adults with Excess of Adiposity. **Nutrients**, v. 12, n. 8, p. 2231, 26 jul. 2020.

REID, K. F. et al. Lower extremity muscle mass predicts functional performance in mobility-limited elders. **Journal of Nutrition, Health and Aging**, v. 12, n. 7, p. 493–498, 2008.

ROBERTS, M. D. et al. Skeletal muscle mitochondrial volume and myozenin-1 protein differences exist between high versus low anabolic responders to resistance training. 2018a.

ROBERTS, M. D. et al. Physiological Differences Between Low Versus High Skeletal Muscle Hypertrophic Responders to Resistance Exercise Training: Current Perspectives and Future Research Directions. **Frontiers in Physiology**, v. 9, 4 jul. 2018b.

ROSS, R. et al. Precision exercise medicine: Understanding exercise response variability. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 18, p. 1141–1153, 2019.

SCHIAVO, J. H. PROSPERO: An International Register of Systematic Review Protocols. **Medical**

Reference Services Quarterly, v. 38, n. 2, p. 171–180, 3 abr. 2019.

SCHOENFELD, B. J. et al. Strength and hypertrophy adaptations between low- vs. High-load resistance training: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 12, p. 3508–3523, 2017.

SCHOENFELD, B. J. et al. Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 51, n. 1, p. 94–103, jan. 2019a.

SCHOENFELD, B. J. et al. Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 51, n. 1, p. 94–103, jan. 2019b.

SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. W. Effects of Resistance Training Frequency on Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 46, n. 11, p. 1689–1697, 2016.

SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. W. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 11, p. 1073–1082, 3 jun. 2017.

SCHOTT, N.; JOHNEN, B.; HOLFELDER, B. Effects of free weights and machine training on muscular strength in high-functioning older adults. **Experimental Gerontology**, v. 122, p. 15–24, jul. 2019.

SIGAL, R. J. et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on percentage body fat and cardiometabolic risk markers in obese adolescents: The healthy eating aerobic and resistance training in youth randomized clinical trial. **JAMA Pediatrics**, v. 168, n. 11, p. 1006–1014, 2014.

STEC, M. J. et al. Ribosome biogenesis may augment resistance training-induced myofiber hypertrophy and is required for myotube growth in vitro. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, v. 310, n. 8, p. E652–E661, 2016.

STEFFL, M. et al. Relationship between sarcopenia and physical activity in older people: A systematic review and meta-analysis. **Clinical Interventions in Aging**, v. 12, p. 835–845, 2017.

STERNE, J. A. C. et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. **BMJ**, p. l4898, 28 ago. 2019.

STREB, A. R. et al. Comparison of linear periodized and non-periodized combined training in health markers and physical fitness of adults with obesity : Clinical trial protocol. **Contemporary Clinical Trials Communications**, v. 15, n. March, p. 100358, 2019.

SWINTON, P. A. et al. A Statistical Framework to Interpret Individual Response to Intervention : Paving the Way for Personalized Nutrition and Exercise Prescription. v. 5, n. May, 2018.

THOMAS, H. J. et al. Studies of Twin Responses to Understand Exercise Therapy (STRUETH): Body Composition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 53, n. 1, p. 58–67, 2021.

TRACY, B. L.; ENOKA, R. M. Steadiness Training with Light Loads in the Knee Extensors of Elderly Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 38, n. 4, p. 735–745, abr. 2006.

URZI, F. et al. Effects of Elastic Resistance Training on Functional Performance and Myokines in

Older Women—A Randomized Controlled Trial. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 20, n. 7, p. 830- 834.e2, 2019.

VELLERS, H. L.; KLEEBERGER, S. R.; LIGHTFOOT, J. T. Inter-individual variation in adaptations to endurance and resistance exercise training: genetic approaches towards understanding a complex phenotype. **Mammalian Genome**, v. 29, n. 1–2, p. 48–62, 2018.

WANG, L. et al. Predictors of functional change: A longitudinal study of nondemented people aged 65 and older. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 50, n. 9, p. 1525–1534, 2002.

WIEGMANN, S. et al. Longitudinal changes in muscle power compared to muscle strength and mass. **Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions**, v. 21, n. 1, p. 13–25, 2021.

YOO, J. et al. Genetic polymorphisms to predict gains in maximal O₂ uptake and knee peak torque after a high intensity training program in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 5, p. 947–957, 1 maio 2016.