



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS**

**LETICIA DEMUNER JACOBSEN
MURILO PASSOS CARNEIRO**

**O 'TEMPO DE TENSÃO X INTENSIDADE' SE CORRELACIONA COM A
HIPERTROFIA MUSCULAR ESQUELÉTICA? UM ESTUDO EXPLORATÓRIO**

**VITÓRIA
2023**

LETICIA DEMUNER JACOBSEN
MURILO PASSOS CARNEIRO

**O 'TEMPO DE TENSÃO X INTENSIDADE' SE CORRELACIONA COM A
HIPERTROFIA MUSCULAR ESQUELÉTICA? UM ESTUDO EXPLORATÓRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharéis em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Lunz

**VITÓRIA
2023**

LETÍCIA DEMUNER JACOBSEN
MURILO PASSOS CARNEIRO

**O 'TEMPO DE TENSÃO X INTENSIDADE' SE CORRELACIONA COM A
HIPERTROFIA MUSCULAR ESQUELÉTICA? UM ESTUDO EXPLORATÓRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Bacharelado em Educação Física, do Centro de Educação Física e Desportos (CEFD), como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física.

Aprovado em 13/12/2023.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Wellington Lunz

Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Me. Carlos Brendo Ferreira Reis
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Leonardo Carvalho Caldas
Universidade Federal do Espírito Santo

RESUMO

O volume é considerado uma das variáveis mais importantes do treinamento de força. Há muitas formas de se calcular o volume, mas ainda sem consenso sobre a melhor. A estratégia mais usual de cálculo é dada pela equação 'repetições x séries x carga' (RSC). No entanto, essa estratégia apresenta limitações, em especial por desconsiderar o tempo de tensão da musculatura durante as repetições de um exercício. O objetivo deste estudo exploratório foi investigar se o produto do 'tempo de tensão' pela 'intensidade' teria melhor correlação com a hipertrofia muscular que a clássica equação RSC. Para isso, utilizamos técnicas tanto de revisões narrativas quanto sistemática, com buscas por artigos nas bases de dados PubMed, SciELO e Google Scholar. Foram incluídos apenas estudos que permitiam calcular tanto o volume total pela RSC quanto por 'tempo de tensão x intensidade', e com resultados de hipertrofia. Sete estudos foram incluídos, com 20 linhas de resultados. Para padronizar os resultados em hipertrofia, estes foram convertidos em tamanho de efeito padronizado, permitindo, assim, teste de correlação. A análise de correlação foi feita pelo teste de Spearman, e a força da correlação apresentada na forma do seu coeficiente (r_s). Os resultados confirmaram a fraca correlação entre volume total e hipertrofia ($r_s = 0,12$; $p > 0,05$) e, diferente da nossa hipótese, não houve boa correlação entre 'tempo de tensão x intensidade' vs. hipertrofia ($r_s = 0,14$; $p > 0,05$). É possível que o baixo número de estudos, as dificuldades relacionadas à coleta de dados e o fato de a hipertrofia ser explicada por múltiplas variáveis, com destaque a fatores biológicos, possam ser algumas das explicações dessa fraca correlação. Considerando os resultados obtidos, com as devidas ressalvas para as limitações do estudo, conclui-se que o 'tempo de tensão x intensidade', a exemplo da estratégia RSC, não se correlaciona significativamente com hipertrofia muscular.

Palavras-chaves: Volume de treino. Massa muscular. Cadência.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos participantes dos estudos selecionados.....	16
Tabela 2 – Dados dos protocolos de treino.....	17
Tabela 3 – Medida do desfecho.....	19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Correlação do tamanho de efeito vs. 'tempo de tensão x intensidade'	20
Figura 2 – Correlação do tamanho de efeito vs. 'carga x reps'	21

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	MÉTODO.....	11
2.1	Tipo de estudo e preocupações metodológicas.....	11
2.2	Estratégia de pesquisa e seleção dos estudos.....	11
2.3	Extração dos dados.....	13
2.4	Análise de sensibilidade.....	14
3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	15
4	RESULTADOS.....	16
5	DISCUSSÃO.....	22
6	CONCLUSÃO.....	25
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

No âmbito do treinamento de força (TF), o volume da carga de treino é uma medida da quantidade total de trabalho e pode ser calculada para um exercício específico, uma sessão de treino ou um período de treino em semanas ou meses (Fleck e Kraemer, 2017).

O trabalho (em Joule) é o produto da força (F , em Newton) pela distância d (em metros) e tem sido considerada a estratégia mais precisa para a expressão do volume (Lunz, 2023). Todavia, além de algumas limitações que serão apresentadas adiante, as próprias variações que ocorrem durante o exercício de força, como diferentes distâncias a cada repetição, apresentam-se como dificuldades para medir precisamente o trabalho.

Em exercícios de força, a distância é representada pelas repetições (reps) executadas; a força é representada pela carga, em quilogramas (kg), dando forma à equação mais convencional de estimativa do trabalho: 'reps x carga' (em kg) (Fleck e Kraemer, 2017). Neste caso, quanto mais reps são executadas ou quanto maior a carga superada, maior será o volume de treino.

Na literatura, há diferentes proposições para representar o volume da carga de treino. Dentre elas, podemos destacar o 'número de séries semanais' (por grupamento muscular), 'tonelagem', 'séries x reps x carga' e, no âmbito do treinamento isométrico, 'tempo de tensão'.

Dessas estratégias, 'séries x reps x carga' (idem a reps x carga) é a mais amplamente usada quando o objetivo é estabelecer relação dose-resposta entre TF e hipertrofia muscular (Schoenfeld et al., 2016). Acredita-se que a hipertrofia é dependente do volume, de modo que teriam relação direta entre si (Figueiredo et al., 2018; Lasevicius et al., 2018).

Há estudos que encontram associação entre volume e hipertrofia (Schoenfeld et al., 2016; Lasevicius et al., 2018), mas, também, estudos que não confirmam tal associação (Wernbom et al., 2007; Figueiredo et al., 2018). Além disso, essa possível associação entre volume e hipertrofia pode estar encobrendo o verdadeiro fator causal, uma vez que fazer mais reps também significa, de modo geral, que a musculatura enfrentará maior tempo de tensão.

Uma vez que volumes de mesmo resultado numérico calculados pela clássica equação 'reps x carga' podem produzir resultados semelhantes em hipertrofia muscular, a associação entre volume e hipertrofia é questionável. As limitações

dessa estratégia podem decorrer do fato de que a referida equação não consegue cobrir muitos aspectos do TF que provavelmente afetam o desafio muscular. São exemplos as reps executadas em diferentes amplitudes, o diferente nível de esforço nas ações concêntricas e excêntricas com a mesma carga, alterações dos torques resistivo e motor durante as ações dinâmicas e a cadência do movimento. Todas essas variáveis podem ser alteradas sem que o resultado de 'reps x carga' se altere.

Ademais, tal equação não permite a comparação entre exercícios mono e multiarticulares. Por exemplo, uma mesma carga relativa (ex.: 60% de 1RM) para os exercícios agachamento e extensão de joelho resultará em volume muito maior para o primeiro comparado ao segundo (Lunz, 2023).

Em relação a tais limitações, o maior destaque é exatamente para a cadência do movimento. Modificações da cadência alteram o desafio contra uma mesma carga (kg) (Martins-Costa et al., 2023). Ou seja, um mesmo volume dado por 'reps x carga' pode ser feito com diferentes graus de esforços. Em virtude de limitações como essa que há tempos McBride et al. (2009) sugeriram que o tempo de tensão poderia ser uma alternativa para medir volume da carga de treino.

Entretanto, treinar com elevado tempo de tensão e ínfima carga não deve gerar desafio suficiente para produzir aumento da massa muscular, ressalvados os exercícios realizados até a falha muscular (Lasevicius et al., 2022). E, indiscutivelmente, tensão mecânica induzida pela carga elevada durante exercícios de força é importante para promover hipertrofia muscular (Rindom et al., 2019). Entretanto, treinar apenas com cargas altas e pouco tempo de tensão não promove adaptações positivas para hipertrofia muscular (Mattocks et al., 2017). Ou seja, o mais provável é que exista uma relação de interdependência entre tensão mecânica e tempo de tensão.

Estudos com exercícios isométricos permitem inferir a importância da tensão e do tempo de tensão para a hipertrofia muscular. Em sua revisão, Oranchuk et al. (2019) verificaram relação entre tempo de tensão e hipertrofia quando se usavam intensidades superiores a 60% de 1RM.

Em exercícios dinâmicos, o tempo de tensão é geralmente representado pela quantidade de reps executadas, mas isso normalmente é desconsiderado nos estudos que investigam volume e hipertrofia muscular.

O volume calculado como 'tempo de tensão x intensidade (carga ou % 1RM)' pode, hipoteticamente, ser uma alternativa para superar algumas das limitações

concernentes à equação 'reps x carga', como aqueles referentes à amplitude de movimento e a cadência dos movimentos. Essa equação (tempo de tensão x intensidade) é habitualmente usada em exercícios isométricos. Aliás, o treinamento isométrico induz hipertrofia muscular similar ao treinamento dinâmico (Oranchuk et al., 2019), mas a clássica equação 'reps x carga' não seria aplicável à isometria.

Uma vez que a hipertrofia muscular é um fenômeno multifatorial, muito provavelmente não será possível encontrar ou propor uma equação para o volume da carga de treino que possa ser altamente correlacionada com hipertrofia muscular. De qualquer forma, uma hipótese que merece ser testada é de que 'tempo de tensão x intensidade (carga ou % 1RM)' possa apresentar melhor correlação com hipertrofia muscular do que a clássica 'reps x carga'.

Diante disso, o objetivo do presente estudo foi investigar se haveria boa correlação entre 'tempo de tensão x intensidade (kg ou % 1RM)' com hipertrofia muscular esquelética.

2 MÉTODO

2.1 Tipo de estudo e preocupações metodológicas

Uma definição possível para ‘estudo exploratório’ é de que se trata sempre de um estudo preliminar, cujo objetivo principal é familiarizar-se com um dado fenômeno que se pretende melhor investigar posteriormente com a utilização um desenho experimental metodologicamente mais robusto (Piovesan e Temporini, 1995). Não há limites técnicos definidos para um estudo exploratório, de modo que se deve usar estratégias que permitam aos investigadores definirem melhor o seu problema de investigação e formular sua hipótese com mais precisão.

Esse estudo usou técnicas de revisões narrativa e sistemática, de modo que não pode ser definida isoladamente como uma ou outra. Buscaram-se estratégias e critérios que permitissem diminuir a chance de erros sistemáticos e aleatórios. Por exemplo, o objetivo do estudo foi investigar se haveria correlação entre ‘tempo de tensão x intensidade’ e hipertrofia, mas como sabemos que a forma tradicional de medida do volume é ‘reps x carga’, optamos por também investigar a relação ‘reps x carga’ e hipertrofia, no sentido de servir como controle positivo.

Outro exemplo de preocupação metodológica refere-se ao fato de que os estudos científicos são feitos por diferentes pesquisadores, em diferentes laboratórios, países, amostras, técnicas de medidas, entre outros, e cada estudo pode produzir algum grau de erro aleatório e erro sistemático, os quais, na maioria das vezes, não são conhecidos nem pelos próprios pesquisadores. No sentido de minimizar os riscos desses erros, optou-se por incluir apenas estudos que permitissem coletar informações tanto do ‘volume de carga total (em kg)’ e ‘tempo de tensão total’, ‘intensidade relativa’ e o desfecho ‘hipertrofia’. Pois, assim, garantia-se que um par de resultados: ‘reps x carga – hipertrofia’ e ‘tempo de tensão x intensidade – hipertrofia’ viria sempre de uma mesma pesquisa, feita sob as mesmas condições.

2.2 Estratégia de pesquisa e seleção dos estudos

A partir da questão que moveu esse estudo exploratório, (*‘a correlação entre tempo de tensão x intensidade com hipertrofia é melhor que a tradicional ‘carga x reps’ e hipertrofia?’*), o professor orientador repassou aos orientandos alguns artigos de seu próprio acervo digital que permitiam relacionar cadência de movimento e

hipertrofia. Destacam-se dois artigos de revisão (Schoenfeld et al., 2015; Wilk et al., 2021). A orientação era usar essas revisões para se buscar artigos citados pelos autores que permitissem ao mesmo tempo coletar informações sobre ‘volume de carga total (em kg)’, ‘tempo de tensão total’, ‘intensidade relativa’ e o desfecho ‘hipertrofia’.

Considerando essas exigências conjuntas, o número de estudo que pode ser incluído foi pequeno (7 artigos). Então, novas buscas foram feitas nas bases de dados em PubMed, SciELO e Google Scholar. A combinação dos seguintes termos foi usada para buscar artigos: ‘*resistance training*’, ‘*velocity*’, ‘*resistance exercise*’, ‘*volume*’, ‘*movement tempo*’ e ‘*hypertrophy*’.

Os títulos e resumos de artigos obtidos foram avaliados individualmente para uma sondagem inicial no sentido de identificar se seriam elegíveis para o estudo. Dada a abordagem apenas exploratória, não foram feitas contabilidades sistemáticas do número de estudos alcançados, nem das datas em que tais procedimentos foram feitos, de modo que não foi possível apresentar nesse estudo um fluxograma representativo dessa etapa. Essas novas buscas não permitiram ampliar o número de estudos. Há que se registrar que o pouco tempo para a execução dessa tarefa possa ter prejudicado o alcance de mais estudos, uma vez que a orientação de TCC ocorre apenas num período acadêmico, que é inferior a 5 meses corridos (agosto a dezembro).

Os critérios para inclusão foram: 1) Ter dados suficientes que possibilitassem o cálculo do volume da carga de treinamento pela estratégia ‘carga x reps’, tempo de tensão, intensidade relativa e o desfecho hipertrofia; 2) Apenas amostras com adultos saudáveis; 3) protocolos de treinamento com no mínimo 4 semanas; 4) medida de hipertrofia dada em área de secção transversa, volume muscular ou espessura, tanto muscular como celular, utilizando-se quaisquer técnicas de imagem; 5) Dada a dificuldade de se encontrar estudos, permitiu-se ainda: estudos randomizados e não randomizados, participantes treinados ou destreinados, com grupo controle independente ou não, com cegagem ou não.

Como alguns artigos incluídos usaram mais que um grupo de intervenção, foi possível obter 20 linhas de resultados. Todas as informações metodológicas e os resultados de interesse (hipertrofia) foram digitalizados numa planilha Excel para posterior confecção de tabelas descritivas (ver Tabelas 1, 2 e 3, em Resultados), bem como posterior processamento estatístico dos dados.

2.3 Extração dos dados

O volume da carga de treino foi calculado a partir dos dados de carga (em kg) e reps apresentados pelos artigos. Utilizou-se a equação 'carga (kg) x reps (nº)'. O dado usado para análise estatística foi o volume da carga total. Nas circunstâncias em que o estudo apenas apresentou esses resultados graficamente, fez-se a coleta a partir dos gráficos, com o cuidado metodológico de usar 'retas' digitais com tamanhos conhecidos, seguida por operação matemática ('regra de três'), conforme realizado por Caldas et al. (2016).

Para encontrar o tempo de tensão (TT), em segundos, foi considerada a quantidade de tempo nas fases excêntrica e concêntrica informada no protocolo de treinamento de cada experimento. O TT foi calculado multiplicando-se as reps pelo tempo das ações musculares. Exemplo: se um grupo realizou as reps com cadência '2020', o tempo de cada repetição foi de 4 segundos. Se foram realizadas 8 reps por série, fez-se o produto entre 4 x 8, totalizando 32 segundos de tensão por cada série realizada. Depois multiplicou esse tempo pelo número total de séries do experimento.

Em virtude das diferentes progressões de treinamento, em alguns estudos foi necessário calcular médias, tanto do volume de carga como do TT.

A intensidade usada nos experimentos foi apresentada em % 1RM pela maioria dos autores. No entanto, houve casos em que a intensidade foi apresentada em reps máximas (RM), como em Pereira et al. (2016). Nesse caso, foi realizada uma conversão de RM para %1RM, usando-se uma tabela que relaciona RM e % 1RM (Guzzo et al., 2023). Por exemplo, Pereira et al. (2016) fizeram intervenção com 8RM, que foi convertida para 80% de 1RM.

Em relação à coleta de informações sobre o desfecho hipertrofia, considerando que os estudos nem sempre apresentaram os resultados na mesma unidade de medida (ex: cm², cm³, percentual), optou-se por calcular o tamanho de efeito (TE) padronizado, usando o 'd de Cohen' (delta das médias dividido pela média dos desvios padrões). Essa estratégia permitiu padronizar diferentes formas de apresentação de resultados numa única unidade. Além disso, diferente de usar percentual, o TT considera as variações dos estudos, de modo que é uma medida mais ajustada que o percentual.

Considerando que alguns estudos tinham grupo controle não treinados, enquanto outros estudos não (desenho antes vs. depois), os seguintes critérios foram necessários para a extração dos resultados: 1) Se antes da intervenção os grupos controle e intervenção eram estatisticamente iguais, e ao final do estudo o grupo controle não apresentasse mudança significativa em relação ao momento inicial, então o resultado de hipertrofia considerado foi o delta da hipertrofia do grupo intervenção (Delta = depois – antes da intervenção); 2) Se antes do treinamento os grupos controle e intervenção eram estatisticamente diferentes, ou se depois do treinamento o grupo controle apresentasse mudança significativa da medida de hipertrofia, então seria usado o delta do grupo intervenção pelo controle. Entretanto, no presente estudo, não foi necessário esse segundo critério, pois não houve estudo com tal condição.

Ressalta-se para especificamente o estudo de Tanimoto et al. (2008), em que os resultados para hipertrofia foram obtidos em sete diferentes sítios anatômicos. Optou-se, neste caso, por usar uma média dos resultados dos diferentes sítios, tanto para o momento pré- como para o pós-intervenção. O objetivo foi evitar que um único estudo oferecesse muitas medidas, uma vez que eventuais erros sistemáticos e aleatórios desse estudo poderiam enviesar o resultado coletivo.

2.4 Análise de sensibilidade

Essa análise é feita para responder a seguinte questão: Os resultados são robustos considerando às decisões tomadas no processo de obtenção deles? A intenção é verificar se os resultados são afetados por eventuais decisões arbitrárias ou pouco claras dos diferentes estudos. Para isso, utilizando-se de um ou mais critérios (ver Caldas et al., 2016), faz-se análises retirando-se criteriosamente um ou mais estudos para verificar se os resultados são alterados. Resultados significativamente modificados após tal análise sugerem pouca robustez dos resultados.

No presente estudo fizemos 3 análises de sensibilidade: 1) Analisamos se os resultados eram afetados pelo status de treinamento. Neste caso, estudos cujos participantes eram treinados foram analisados separadamente de estudos em que os participantes eram destreinados; 2) Analisamos se os resultados eram influenciados pela duração dos experimentos. Todos os estudos, com exceção a um, tiveram duração entre 10 e 12 semanas. Para essa análise, excluímos esse único

estudo com duração diferente (6 semanas); 3) Analisamos, separadamente, os estudos que utilizaram exercícios para membros superiores daqueles que usaram apenas membros inferiores.

3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados do desfecho 'hipertrofia' foram inicialmente registrados na mesma unidade de medida apresentada pelos estudos e, posteriormente, convertidos em tamanho de efeito (TE) usando o 'd de Cohen', conforme Espírito-Santo e Daniel (2015), colocando-se no numerador o delta das médias 'pós e antes' (pós – antes), e no denominador a média aritmética dos desvios padrões 'pós e antes'.

Para correlacionar tanto o volume total de treino quanto o 'TT x intensidade' com os tamanhos de efeito do desfecho hipertrofia, utilizou-se a correlação de Spearman, uma vez que no presente estudo os dados não apresentaram distribuição normal (testado por Shapiro-Wilk; alfa = 0,05), embora sempre tenham passado no teste de igualdade de variância (testado por Brown-Forsythe; alfa = 0,05). O *software* estatístico usado foi o SigmaPlot 14.0, e o erro alfa máximo tolerado nas correlações foi de 5%.

4 RESULTADOS

Para melhor descrição dos resultados, estes estão apresentados em três diferentes tabelas. Na tabela 1 estão descritos os grupos experimentais, o tamanho amostral, status de treinamento, sexo, idade, peso e estatura dos participantes de cada estudo incluído. Na tabela 2 estão as informações relacionadas aos protocolos de treinamento (séries, intensidade, tipo de exercício, duração, frequência, cadência). Na tabela 3 estão descritas informações que foram usadas para correlação estatística (Δ CSA, tamanho de efeito, tempo de tensão x intensidade, reps x carga).

TABELA 1 – Características dos participantes dos estudos selecionados

Estudos	Grupos	n	Sexo	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (cm)	Status do treinamento
Diniz et al. (2020)	Controle	n = 11					
	5C1E	n = 11	F	22,1 ± 2,8	59,9 ± 7,9	162,2 ± 5,5	Destreinados
	3C3E	n = 11					os
	1C5E	n = 11					
Enes et al. (2023)	Controle	n = 10	M	24,4 ± 2,9	80,1 ± 9,4	175,5 ± 6,5	Treinados
	4SG	n = 10					
	6SG	n = 11					
Martins-Costa et al. (2023)	Controle	n = 11	M	24,2 ± 4,9	76,4 ± 10,4	175,0 ± 6,0	Destreinados
	G3s	n = 11					os
	G6s	n = 11					
Pereira et al. (2016)	FS	n = 6	M	29,3 ± 6,9	73,0 ± 7,2	172,4 ± 5,0	Treinados
	SS	n = 6					
Schuenke et al. (2012)	Controle	n = 7	F	21,3 ± 2,7	66,3 ± 9,9	164,7 ± 5,4	Destreinados
	TS	n = 7					os
	SS	n = 9					
	---	n = 8					
Tanimoto et al. (2005)	LST	n = 8	M	19,4 ± 0,6	59,4 ± 6,0	170,3 ± 4,9	Destreinados
	HN	n = 8					os
	LN	n = 8					
Tanimoto et al. (2008)	Controle	n = 12	M	19,4 ± 0,6	63,5 ± 4,2	174,4 ± 5,6	Destreinados
	HN	n = 12					os
	LST	n = 12					

Legenda tabela 1: As siglas usadas para referenciar os grupos correspondem à forma com que os autores o fizeram. Diniz et al (2020) designa os grupos conforme a duração, em segundos, das fases concêntrica (C) e excêntrica (E); Enes et al (2023), conforme a quantidade de séries semanais acrescentadas; Martins-Costa et al (2023), conforme a duração, em segundos, de cada repetição (3 e 6 segundos); Pereira et al (2016), conforme o estilo das repetições: rápida (*fast* – F) ou lenta (*slow* – S), bem como Schuenke et al (2012), os quais, além de terem designado em rápido e lento, também subdividiram em grupos conforme a quantidade de repetições (TE e TS). Tanimoto et al (2005 e 2008) designou os grupos experimentais conforme a intensidade da carga, alta (*high* – H) e baixa (*low* – L) e a duração das repetições, normal (N) e lenta (*slow* – S). Os dados apresentados em idade, peso e altura são referentes às médias e os respectivos desvios padrões.

TABELA 2 – Dados dos protocolos de treino

Estudo	Grupo	Séries e intensidade	Exercício	Duração	Frequência	Cadência
Diniz et al (2020)	Controle	3 a 5 séries de 6 repetições, a 50% 1RM.	Extensão de joelho	10 semanas	3x na semana	Livre
Diniz et al (2020)	5C1E	3 a 5 séries de 6 repetições, a 50% 1RM.	Extensão de joelho	10 semanas	3x na semana	5" com + 1" exc
Diniz et al (2020)	3C3E	3 a 5 séries de 6 repetições, a 50% 1RM.	Extensão de joelho	10 semanas	3x na semana	3" com + 3" exc
Diniz et al (2020)	1C5E	3 a 5 séries de 6 repetições, a 50% 1RM.	Extensão de joelho	10 semanas	3x na semana	1" com + 5" exc
Enes et al (2023)	Controle	22 séries semanais	Agachamento, <i>leg press</i> 45°, extensão de joelho	12 semanas	2x na semana	1" com + 2" exc
Enes et al (2023)	4SG	22 séries + acréscimo de 4 séries a cada 2 semanas 6-8 reps. 2 reps antes da falha concêntrica.	Agachamento, <i>leg press</i> 45°, extensão de joelho	12 semanas	2x na semana	1" com + 2" exc

Schuenke et al. (2012)	Schuenke et al. (2012)	Schuenke et al. (2012)	Pereira et al. (2016)	Pereira et al. (2016)	Martins-Costa et al. (2023)	Martins-Costa et al. (2023)	Enes et al. (2023)
TS	SS	TE	FS	SS	6s	3s	6SG
3 x 6-10 reps, 80-85%1RM	3 x 6-10RM	3 x 20-30 reps, 40-60%1RM	3 séries de 8RM, durante todo o protocolo.	3 séries de 8RM, durante todo o protocolo.	6 reps fixas. 1ª à 3ª semana: 3 séries, 50% 1RM. 4ª e 5ª semana: 4 séries, 50% 1RM. 6ª à 10ª semana: 5 séries, 55% 1RM.	12 reps 1ª à 3ª semana: 3 séries, 50% 1RM. 4ª e 5ª semana: 4 séries, 50% 1RM. 6ª à 10ª semana: 5 séries, 55% 1RM.	22 séries + acréscimo de 6 séries a cada 2 semanas 8-10 reps. 2 reps antes da falha concêntrica.
Agachamento, leg press, extensão de Joelho	Agachamento, leg press, extensão de Joelho	Agachamento, leg press, extensão de Joelho	Rosca Scott	Rosca Scott	Supino no Smith Machine	Supino no Smith Machine	Agachamento, leg press 45°, extensão de Joelho
6 semanas 1ª sem: 2x. 2ª-6ª sem: 3x.	6 semanas 1ª sem: 2x. 2ª-6ª sem: 3x.	6 semanas 1ª sem: 2x. 2ª-6ª sem: 3x.	12 semanas 2x na semana	12 semanas 2x na semana	10 semanas 3x na semana	10 semanas 3x na semana	12 semanas 2x na semana
2ª com + 2ª exc	10ª com + 4ª exc	2ª com + 2ª exc	1ª com + 1ª exc	1ª com + 4ª exc	1,5" com + 1,5" exc	1,5" com + 1,5" exc	1ª com + 2ª exc

Tanimoto et al. (2005)	Tanimoto et al. (2005)	Tanimoto et al. (2005)	Tanimoto et al. (2008)	Tanimoto et al. (2008)
LN	HN	LST	LST	HN
3 séries de 8RM LN ~50%1R M	3 séries de 8RM HN até a exaustão. ~80%1R M	3 séries de 8RM. até a exaustão. LST ~50%1R M	3 séries de 8RM até a falha. ~55-60%1RM.	3 séries de 8RM até a falha. ~80-90%1RM
Extensão de Joelho	Extensão de Joelho	Extensão de Joelho	Hack machine, supino, puxada, banco romano, abd bend	Hack machine, supino, puxada, banco romano, abd bend
12 semanas 3x na semana	12 semanas 3x na semana	12 semanas 3x na semana	13 semanas 2x na semana	13 semanas 2x na semana
1" con + 1" exc	1" con + 1" exc	3" con + 3" exc	3" con + 3" exc	1" con + 1" exc

TABELA 3 – Medida do desfecho

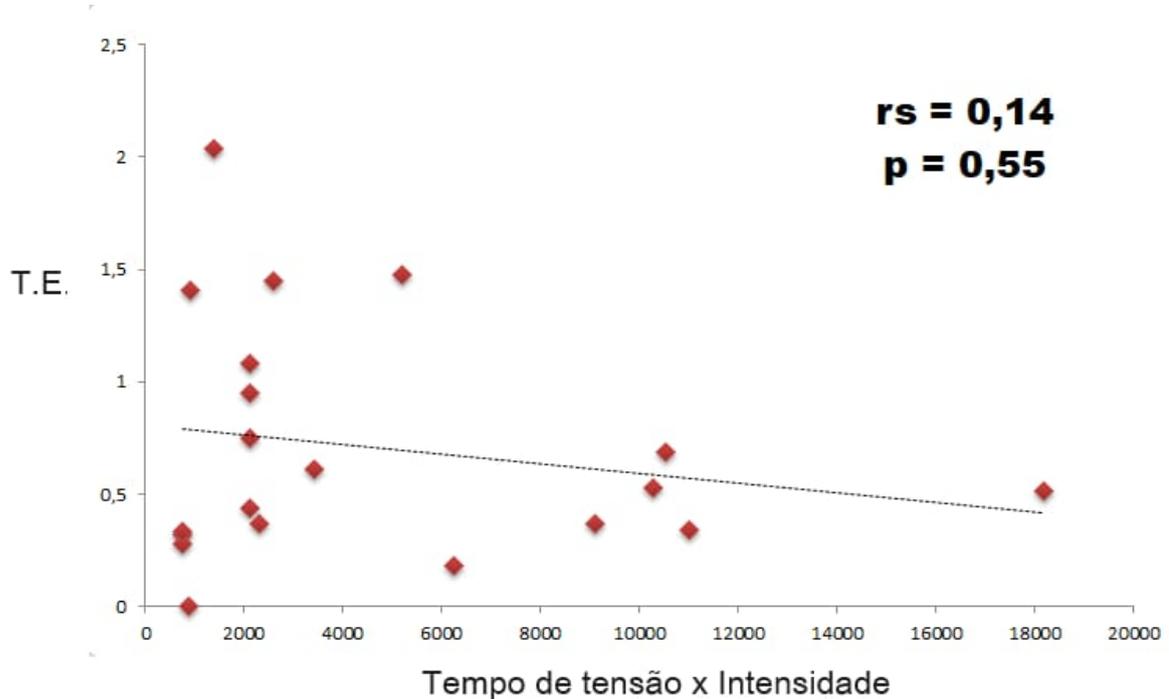
Estudo	Grupo	Δ CSA	TE	TT x intensidade	Reps x carga (kg)
Diniz et al. (2020)	5C1E	6,1	0,32	738	16013
	3C3E	6,0	0,28	738	15797
	1C3E	5,9	0,33	738	16713
Enes et al. (2023)	Controle	3,6	0,18	6257	395370
	4SG	3,5	0,37	9100	581959
	6SG	3,4	0,69	10522	709988
Martins-Costa et al. (2023)	3S	23,2	1,08		
		7,8	0,75	2106	45122
	6S	17,5	0,95	2106	22709
		6,4	0,44		
Pereira et al. (2016)	SS	1,9	0,37	921	21312
	FS	4,8	1,41	2304	22464

Schuenke et al. (2012)	TE	0,6	0,34	11016	2754
	TS	3,0	1,48	5202	887
	SS	1,2	0,51	18207	918
Tanimoto et al. (2005)	LST	5,4	1,46	2592	55411
	HN	4,3	2,04	1382	88790
Tanimoto et al. (2008)	LST II	0,2	0,53	10296	480480
	HN II	0,3	0,61	3432	731640

Legenda: Δ CSA é a variação da área de secção transversa do músculo; TE é o tamanho de efeito.

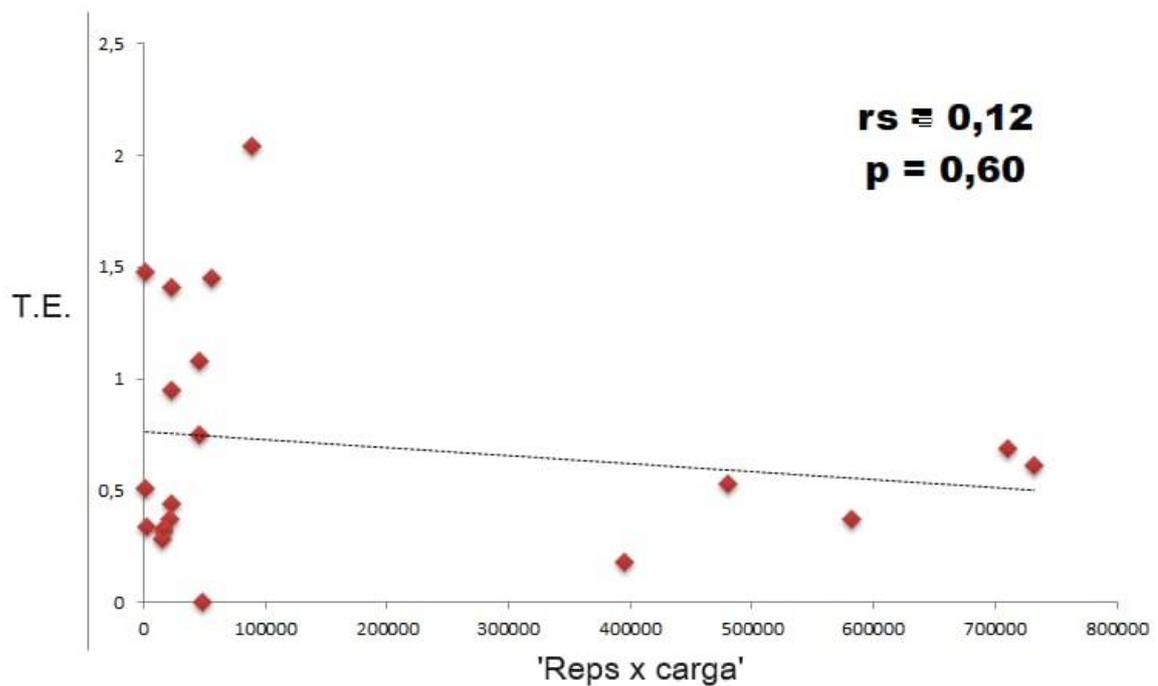
Em relação ao resultado da correlação 'tempo de tensão x intensidade' vs. tamanho de efeito da medida de hipertrofia, não houve diferença significativa ($r_s = 0,14$; $p = 0,55$). A correlação entre 'carga x reps' vs. tamanho de efeito da medida de hipertrofia também não teve significância estatística ($r_s = 0,12$; $p = 0,60$).

Figura 1 – Correlação do tamanho de efeito (T.E.) vs. 'tempo de tensão x intensidade'



('Rs' = coeficiente de correlação de Spearman; 'p' é a significância estatística do resultado encontrado).

Figura 2 – Correlação do tamanho de efeito (T.E.) vs. 'carga x reps'



('Rs' = coeficiente de correlação de Spearman; 'p' é a significância estatística do resultado encontrado).

A primeira análise de sensibilidade foi feita apenas com resultados de estudos com participantes destreinados ($n = 15$ tamanhos de efeitos). A correlação 'TT x intensidade' vs tamanho de efeito resultou em $rs = 0,38$; $p = 0,15$, e a correlação entre 'carga x reps' vs tamanho de efeito resultou em $rs = 0,27$; $p = 0,32$. Na sequência, correlacionou-se resultados de participantes treinados ($n = 5$ tamanhos de efeitos), e os resultados para as correlações foram, respectivamente, $rs = -0,20$; $p = 0,68$ e $rs = 0,05$; $p = 0,95$.

Na segunda análise de sensibilidade, em que foi retirado o único estudo com 6 semanas, a correlação entre 'TT x intensidade' e tamanho de efeito resultou em $rs = 0,19$; $p = 0,45$. A correlação entre 'reps x carga' e tamanho de efeito resultou em $rs = 0,23$; $p = 0,37$.

Na última análise, quando se analisou apenas os estudos que utilizaram exercícios para membros superiores ($n = 5$ tamanhos de efeitos), a correlação entre 'TT x intensidade' e tamanho de efeito foi significativamente alterada, com $rs = -0,84$;

$p = 0,03$, mas não entre 'carga x reps' e tamanho de efeito: $r_s = 0,26$; $p = 0,56$. Quando analisados apenas os resultados de estudos com exercícios de membros inferiores ($n = 15$ tamanhos de efeitos), os resultados das correlações foram, respectivamente, $r_s = 0,29$ ($p = 0,30$) e $r_s = 0,16$ ($p = 0,57$).

5 DISCUSSÃO

Diferente da nossa hipótese, o 'TT x intensidade' não mostrou correlação significativa com o desfecho hipertrofia muscular e, principalmente, essa correlação não foi superior à correlação entre 'carga x reps' vs hipertrofia muscular. Destaca-se também o fato de que a estratégia clássica 'carga x reps' não produziu correlação significativa com hipertrofia.

Nossa expectativa era de que o 'TT x intensidade' apresentasse correlação com a hipertrofia muscular que fosse superior à correlação entre a tradicional 'carga x reps' vs hipertrofia. Para esta última, considerando as limitações descritas na introdução, já esperávamos baixa correlação.

Apesar de ser um estudo apenas exploratório, tivemos algumas preocupações para fortalecer o método: 1) Inclusão de estudos que possibilitassem coletar informações sobre tempo de tensão, volume da carga de treino (em kg), intensidade relativa e desfechos de hipertrofia. Essa abordagem nos pareceu importante para que sempre houvesse um par de resultados que viesse dos mesmos procedimentos metodológicos; 2) Conversão dos resultados em tamanho de efeito padronizado, o qual, diferente do percentual, tem a vantagem de considerar medida de variação no cálculo; 3) Não inclusão de estudos com intervenção muito curta; 4) Não permitimos que um estudo oferecesse número de desfechos muito superior aos demais, como no caso do estudo de Tanimoto et al. (2008), que tinha informações de sete diferentes sítios anatômicos (e optamos por uma média); 5) Fizemos análise de sensibilidade.

Em relação à análise de sensibilidade, embora a maioria das estratégias não tenha gerado alterações estatisticamente significativas, percebemos que o valor do coeficiente mudou bastante, ora para cima, ora para baixo. Uma das análises, especificamente a correlação considerando apenas membros superiores, a correlação entre 'TT x intensidade' e tamanho de efeito foi enormemente modificada

($r_s = -0,84$; $p > 0,05$), inclusive no sentido inverso à nossa hipótese. Essas alterações nos fazem acreditar que a robustez dos resultados é baixa.

Devemos, inicialmente, destacar que não esperávamos elevada correlação, mas sim de que a correlação entre 'TT x intensidade' com hipertrofia fosse maior em comparação à forma clássica. A nossa não expectativa por alta correlação tem a ver com as muitas diferenças entre os estudos. Os protocolos, as amostras, os exercícios, os músculos analisados, a duração dos experimentos, entre outros, não foram homogêneos entre os estudos. Apesar de sempre termos pares de resultados de cada estudo, isso não impede que os resultados dos muitos estudos tenham uma distribuição espalhada (em nuvem), que aumenta a chance das correlações serem fracas.

Mas tanto a falta de correlação significativa como a não confirmação da nossa hipótese, também poderiam ser explicadas por várias limitações que precisamos reconhecer.

Uma das limitações refere-se à possível falta de precisão das informações dadas pelos pesquisadores. Por exemplo, embora vários estudos descrevam que as fases concêntricas e excêntricas foram cumpridas de acordo com uma dada cadência, os autores não apresentam qualquer ênfase metodológica sobre a precisão desse controle. Alguns diziam usar metrônomo, mas não afirmam que houve controle rigoroso durante todo o experimento. As exceções referem-se aos estudos como o de Martins-Costa et al. (2023), cujo objetivo teve relação direta com a precisão do tempo de tensão. Nesse caso, houve ênfase sobre o rigor da medida do tempo de tensão.

Além disso, em alguns estudos, os grupos experimentais realizaram as ações musculares até a falha concêntrica e, como é bem conhecido, nas últimas reps a velocidade da ação muscular tende a diminuir, colocando em dúvida a correta marcação do tempo de cada ação muscular.

O baixo número de resultados que obtivemos também se deve ao fato de que a maioria dos estudos que investiga a influência do volume da carga de treino sobre o desfecho 'hipertrofia' preocupa-se especificamente com as variáveis 'número de reps', 'número de séries' e 'intensidade/carga', mas não informam sobre a duração de cada ação muscular (concêntrica e excêntrica).

De fato, foi bastante difícil encontrar estudos que ao mesmo tempo apresentassem informações sobre o volume da carga de treino (em kg) e o tempo de tensão de cada ação muscular.

Outra dificuldade importante é que a maioria dos estudos não segue o mesmo protocolo do início ao fim do experimento, e os detalhes dessas alterações raramente são apresentados no artigo. Na maioria dos estudos, tivemos que fazer alguma média para termos uma estimativa da realidade do estudo.

Enquanto fenômeno multifatorial, a hipertrofia muscular é muito variável entre pessoas diferentes. Quando se faz controle intra-sujeito, percebe-se que as alterações das variáveis do treinamento afetam menos a hipertrofia que a capacidade biológica individual de adaptação (Damas et al., 2019a). Um protocolo de treinamento pode induzir diferenças de hipertrofia entre pessoas diferentes de até 40 vezes maior do que a hipertrofia induzida para a mesma pessoa (Damas et al., 2019b). Quando se faz regressão linear entre o ganho de massa muscular induzido por protocolos de séries simples e múltiplas (controle intra-sujeito), percebe-se alta correlação (Hammarström et al., 2020), mostrando que o número de séries é menos importante que a capacidade biológica intrínseca de cada pessoa.

Considerando-se isso, já esperávamos que a correlação entre volume e hipertrofia não fosse tão elevado.

O pequeno número de estudos incluídos que, em parte, é consequência de algumas das dificuldades relatadas, também pode ter contribuído para as correlações não significativas. De fato, vimos pela análise de sensibilidade que os resultados foram razoavelmente sensíveis. Isso sugere que o pequeno tamanho amostral não foi suficiente para o trabalho correlacional, indicando que amostras maiores talvez sejam necessárias para diminuir o grau de incerteza sobre os resultados. Vale ressaltar que, como antecipado em métodos, o tempo formal para realização de um TCC no CEFD/UFES é muito curto, e ainda acontece em concorrência com as demandas acadêmicas das várias disciplinas. Para alcançarmos mais estudos seria necessário tempo adicional. Temos discutido a possibilidade de ampliar essas buscas após o encerramento desse TCC.

6 CONCLUSÃO

Ressalvadas as limitações e dificuldades desse estudo exploratório que podem ter prejudicado as análises e resultados, concluímos, momentaneamente, que o 'tempo de tensão x intensidade' não se correlaciona significativamente com hipertrofia muscular, e, principalmente, não produz correlação significativamente superior a correlação da 'carga x reps' e hipertrofia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGLERI V.; UGRINOWITSCH C.; LIBARDI, C.A. Are resistance training systems necessary to avoid a stagnation and maximize the gains muscle strength and hypertrophy? **Science & Sports**: v. 35, n.2. 2020. p 65.e1-65.e16.

DAVIES, T.B. *et al.* Effect of movement velocity during resistance training on dynamic muscular strength: A systematic review and meta analysis. **Sports Medicine**: v.47. 2017. p.1603–1617.

CALDAS, L. *et al.* Traditional vs. Undulating Periodization in the Contexto of Muscular Strength and Hypertrophy: A Meta-Analysis. **International Journal of Sports Science**: v. 66. 2016. p. 219-229. DOI: 10.5923/j.sports.20160606.04

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. 2019. 897-901.

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

DINIZ, R. C. R. *et al.* Does the muscle action duration induce diferente regional muscle hypertrophy in matched resistance training protocols? **Journal of Strength and Conditioning Research**: v.36, n.9. 2022. 2371-2380.

ENES, A. *et al.* Effects of diferente weekly set progressions on muscular adaptations in trained males: Is there a dose-response effect? **Medicine & Science in Sports & Exercise**. ():10.1249/MSS.0000000000003317. 2023. DOI: 10.1249/MSS.0000000000003317

ESPÍRITO-SANTO, H.; DANIEL, F. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (1): As limitações do $p < 0,05$ na análise de diferenças de médias de dois grupos. **Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social**, v.1, n.1. 2015. p 3-16. DOI: <https://doi.org/10.7342/ismt.rpics.2015.1.1.14>

FIGUEIREDO, C.V.; FREITAS, B.S.; TRAJANO, G.S.; Volume for muscle hypertrophy and health outcomes: The most effective variable in resistance training. **Sports Medicine**: v.48, n.3. 2018. p 499-505.

FLECK S.J.; KRAEMER, W.J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017

FRANCHI, M.V. *et al.* Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. **Acta Physiologica**: v.210, n.3. 2014. p 642–654.

HAMMARSTRÖM, D. *et al.* Benefits of higher resistance-training volume are related to ribosome biogenesis. **The Journal of Physiology**: v. 598, n.3. 2020. 543-565

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

LASEVICIUS T. *et al.* Muscle failure promotes greater muscle hypertrophy in low-load but not in high-load resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**: v.36, n.2. 2022. p 346-351.

LUNZ, Wellington. **Será que você realmente sabe mensurar o VOLUME do treino?**. 2023. Disponível em: <<https://www.wellingtonlunz.com.br/post/ser%C3%A1-que-voc%C3%AA-realmente-sabe-mensurar-o-volume-do-treino>> Acesso em: 9 nov. 2023.

MARTINS-COSTA, H.C. *et al.* Equalization of training protocols by time under tension determines the magnitude of changes in strength and muscular hypertrophy. **Journal of Strength and Conditioning Research**: v.36, n.7. 2022. p 1770-1780.

MATTOCKS, K. T. *et al.* Practicing the test produces strength equivalente to higher volume training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**: v.49, n.9. 2017. p 1945-1954.

MCBRIDE, M.J. *et al.* Comparison of methods to quantify volume during resistance exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**: v. 23, n.1. 2009. p.106–110.

NUNES, J.P. *et al.* Equating resistance-training volume between programs focused on muscle hypertrophy. **Sports Medicine**: v. 51, n. 6. 2021. p 1171-1178.

NUZZO, J.L. *et al.* (2022). Maximal number of repetitions at percentages of the one repetition maximum: a meta-regression and moderator analysis of sex, age, training status, and exercise. DOI: 10.51224/SRXIV.291

ORANCHUK, D.J. *et al.* Isometric training and long-term adaptations: Effects of muscle length, intensity, and intent: A systematic review. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**: v.29. 2019, p.484–503.

PEREIRA, A. Paulo Eduardo *et al.* Resistance training with slow speed of movement is better for hypertrophy and muscle strength gains than fast speed of movement. **International Journal of Applied Exercise Physiology**: v. 5, n.2. 2016. p.37-43.

PIOVESAN, A.; TEMPORINI, E.R. Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. **Revista de Saúde Pública**: v. 29, n. 4. 1995, p 318-325.

RINDOM, E. *et al.* Activation of mTORC1 signalling in rat skeletal muscle is independent of the EC-coupling sequence but dependent on tension per se in a dose-response relationship. **Acta Physiology**: v. 227, n. 3. 2019.

SCHOENFELD, B.J.; KRIEGER, J.; OGBORN, D.I. 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. 2017. p. 1073-1082.

SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D. I.; KRIEGER, J. Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**: v. 45, n.4. 2015. p 577-585. DOI: 10.1007/s40279-015-0304-0

SCHUENKE, M.D. *et al.* Early-phase muscular adaptations in response to slow-speed versus traditional resistance-training regimens. **European Journal of Applied Physiology**: v.112, n.10. 2012. p 3585-3595.

TANIMOTO, M.; ISHII, N. Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in Young men. **Journal of Applied Physiology**: v. 100. 2006. p 1150-1157.

TANIMOTO, M. *et al.* Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. **Journal of Strength and Conditioning Research**: v. 22, n. 6. 2008. p 1926-1938.

TRAN, Q. T.; DOCHERTY, D.; BEHN, D. The effect of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. **European Journal of Applied Physiology**: v. 98. 2006. p 402-410.

WERNBORN, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEÉ, R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training in whole muscle cross-sectional area in humans. **Sports Medicine**: v. 37, n.3. 2007. p.225-264

WILK, M.; ZAJAC, A.; TUFANO, J.J. The influence of movement tempo during resistance training on muscular strength and hypertrophy responses: a review. **Sports Medicine**: v.51, n.8. 2021. p 1629-1650.