
EDUCAÇÃO FÍSICA

RAFAEL SANTOS LOPES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA CARGA DE VOLUME DE
TREINAMENTO RESISTIDO NA
HIPERTROFIA MUSCULAR:
UMA REVISÃO DE LITERATURA**



Rio Claro - SP
2022

RAFAEL SANTOS LOPES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA CARGA DE VOLUME DE TREINAMENTO
RESISTIDO NA HIPERTROFIA MUSCULAR:
UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau
de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Alexandre Gabarra de Oliveira

Coorientador: Irineu Otavio Marchiori Callegari

Rio Claro - SP
2022

S586i Silva, Rafael Santos Lopes da
Influência da carga de volume de treinamento resistido na hipertrofia muscular : uma revisão de literatura / Rafael Santos Lopes da Silva. -- Rio Claro, 2022
16 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Educação Física) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Alexandre Gabarra de Oliveira
Coorientador: Irineu Otavio Marchiori Callegari

1. Treinamento de resistência. 2. Hipertofia. 3. Volume. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

RAFAEL SANTOS LOPES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA CARGA DE VOLUME DE TREINAMENTO
RESISTIDO NA HIPERTROFIA MUSCULAR:
UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau
de Bacharel em Educação Física.

BANCA EXAMINADORA:

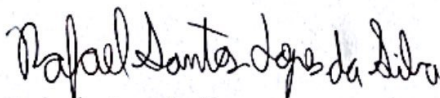
Prof Dr. Alexandre Gabarra de Oliveira

Prof Irineu Otavio Marchiori Callegari

Prof Dr. Daniela Bento Soares

Prof Dr. Fernanda Moreto Impolcetto

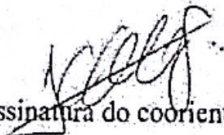
Aprovado em 24 de janeiro de 2022



Assinatura do discente



Assinatura do orientador



Assinatura do coorientador

1. RESUMO

Diversas hipóteses existem em torno das variáveis que poderiam otimizar a hipertrofia muscular no contexto do treinamento resistido (TR), apontado como estratégia mais eficiente para alcançar o aumento da musculatura. Contudo, ainda não existe compreensão na literatura sobre qual a variável se mostra determinante nesse processo. O objetivo do presente trabalho foi relacionar a influência da carga de volume de TR na hipertrofia muscular. Foi realizada seleção de artigos publicados entre os anos de 2006 a 2021, na base de dados PubMed. Desta forma, uma revisão de literatura não sistemática foi realizada, reunindo um total de 8 artigos levantados, selecionados a partir dos critérios de inclusão, em que foram utilizadas as palavras-chave “volume load”, “resistance training”, “muscular hypertrophy” em estudos realizados com humanos. Sendo assim, este estudo poderá ser utilizado como base para compreender a relação entre carga de volume de TR e hipertrofia muscular. A conclusão deste estudo demonstra que os resultados obtidos contemplam parcialmente a hipótese inicial do estudo, onde as evidências selecionadas puderam mostrar uma relação de dose-resposta entre carga de volume de TR e a hipertrofia muscular em homens jovens, mas não mostrando ter essa mesma relação em mulheres jovens e idosas.

Palavras-chave: Área de secção transversa, volume, treinamento de força, progressão de carga, TR.

2. ABSTRACT

Several hypotheses exist around the variables that could optimize muscle hypertrophy in the context of resistance training (RT), indicated as the most efficient strategy to achieve muscle growth. However, there is still no understanding in the literature about which variable is decisive in this process. The objective of the present study was to relate the influence of RT volume load on muscle hypertrophy. A selection of articles published between the years 2006 to 2021 was performed in the PubMed database. In this way, a non-systematic literature review was carried out, bringing together a total of 8 articles collected, selected from the inclusion criteria, in which the keywords “volume load”, “resistance training”, “muscular hypertrophy” were used. in studies performed with humans. Therefore, this study can be used as a basis to understand the relationship between RT volume load and muscle hypertrophy. The conclusion of this study demonstrates that the results obtained partially contemplate the initial hypothesis of the study, where the selected evidence could show a dose-response relationship between RT volume load and muscle hypertrophy in young men, but not showing this same relationship. in young and old women.

Keywords: Cross-sectional area, volume, strength training, load progression, RT.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	OBJETIVOS	10
3.	HIPÓTESES	11
4.	METODOLOGIA	12
5.	DESENVOLVIMENTO	13
6.	CONCLUSÃO	18
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

1. INTRODUÇÃO

Treinamento resistido (TR), quando realizado com regularidade e frequência, tem demonstrado produzir aumentos tanto na força muscular quanto na hipertrofia em uma ampla variedade de populações. O TR se compõe de exercícios que procuram vencer uma resistência externa, seja essa movendo o peso do próprio corpo, ou acessórios como halteres, barras, elásticos entre outros. O estímulo que gera tensão mecânica e estresse metabólico leva a uma resposta hipertrófica, na ausência desses estímulos ocorre a degradação do tecido muscular. O TR é o principal modelo que vem sendo usado para promover adaptações musculares em humanos (Schoenfeld et al. 2014).

A hipertrofia muscular é um dos principais objetivos dos praticantes do TR, como também a redução de gordura e a promoção da saúde (Arruda et al. 2010). Mas as respostas sobre como a hipertrofia é modulada ainda não são totalmente compreendidas (Damas et al., 2016). Alguns autores trazem uma relação do que seria a hipertrofia de acordo com as alterações provocadas no tecido musculare o equilíbrio entre síntese e degradação de proteínas. Quando a síntese excede a degradação, a massa do músculo esquelético aumenta, medida pelo aumento da área de secção transversa (AST) do músculo (Miyazaki & Esser, 2009).

Carga de volume de treinamento é dada pela multiplicação entre a quantidade de séries, a quantidade de repetições e a carga trabalhada (McBride JM et al., 2009) . O volume também pode ser calculado como tempo sobre tensão a que um músculo é submetido dentro de um período de treinamento. Sendo que a utilização do cálculo de volume de carga (séries x repetições x quilogramas), é considerada uma maneira mais precisa de calcular volume de treinamento porque reconhece que a carga (quilogramas a serem movimentados) é um fator contribuinte é essencial para o volume total (Tran et al., 2006).

Alguns estudos acerca do volume de TR relacionam o mesmo como dose resposta para a hipertrofia muscular em populações e grupos musculares específicos (Schoenfeld et al., MSSE, 2019), (Sooneste et al., 2013), (Radaelli et al., 2015). Este tema possui conhecimento limitado dentre os seus resultados (Sooneste et al., 2013) tanto em estudos que comparam a alteração na quantidade de carga de volume, quanto a modificação em outras variáveis com a carga de volume equalizada entre os grupos.

A maioria dos estudos sobre este tema, procuraram relacionar a diferença na quantidade de volume de treinamento realizado e sua influência na hipertrofia muscular, em homens jovens

destreinados, o que torna este conhecimento limitado. Sendo assim, a proposta deste trabalho é além de analisar os trabalhos que modularam a quantidade de volume para este público, também analisar e correlacionar com outros públicos e diferentes abordagens, como considerar o volume prévio realizado entre indivíduos treinados, e a influência na hipertrofia através da modulação do mesmo.

2. OBJETIVOS

Este presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo relacionar por meio de uma revisão de literatura não sistemática a carga de volume de treinamento resistido com a hipertrofia muscular.

3. HIPÓTESES

A hipótese do estudo é que a carga de volume de treinamento resistido tem relação de dose-resposta com a hipertrofia muscular em homens e mulheres.

4. METODOLOGIA

O presente estudo, tem como metodologia uma revisão de literatura não sistemática com o objetivo de relacionar a influência gerada pela carga de volume de treinamento resistido na hipertrofia muscular. Utilizando os termos: “volume load”, “resistance training”, “muscular hypertrophy”; na plataforma de pesquisa PubMed, será feita a seleção dos artigos, estes sendo publicados entre os anos 2006 e 2021, pelo qual os autores buscaram compreender o processo de hipertrofia e como a carga de volume de treinamento a influenciou. A inclusão dos estudos teve o critério de seleção para revisões de literatura e projetos experimentais realizados exclusivamente em humanos, que tinham idade entre 15 até 75 anos, e ambos os sexos. O presente trabalho utilizou como critério de exclusão estudos com participantes não saudáveis acometidos com alguma doença ou utilizando o TR para alguma forma de reabilitação.

5. DESENVOLVIMENTO

O estudo de Sooneste et al (2013) verificou o aumento na área de secção transversa (AST) nos músculos flexores do cotovelo, pela diferença de volume de carga de treinamento nos mesmos indivíduos entre seus braços, onde um braço executou uma série e o outro executou três séries, essa estratégia de estudo visa eliminar as variáveis genéticas e diferenças individuais, tais como a disposição e condição diária do corpo, a questão nutricional, o descanso, etc. Os oito jovens selecionados para este estudo eram destreinados e japoneses, com idade entre 22 e 28 anos. Eles treinaram os flexores do cotovelo duas vezes por semana durante doze semanas consecutivas, realizando o exercício conhecido como rosca no banco scott utilizando halteres, as séries eram levadas até a falha ou até atingiram 10 repetições, com a intensidade baseada em 80% de 1 repetição máxima, analisada previamente. O protocolo de três séries obteve um aumento significativo na AST, maior do que o protocolo de uma série, ambos tiveram aumentos significativos, mas três séries foram superiores quando comparado ao grupo de apenas uma série. Mostrando uma clara relação de dose-resposta entre volume de carga e hipertrofia muscular neste público.

Rønnestad et al (2007) comparou o efeito de uma e três séries no aumento da AST nos músculos da coxa e no trapézio, em vinte um homens jovens não treinados, com idade média de 26 anos. Onde um grupo com onze jovens realizou três séries de exercícios para as pernas e uma série de exercícios para a parte superior do tronco, e o outro grupo com dez jovens realizou três séries de exercícios para a parte superior do tronco e uma série para as pernas. Ambos os grupos treinaram três dias não consecutivos por semana durante onze semanas, cada protocolo constituiu de três exercícios para as pernas e cinco exercícios para parte superior do tronco, a intensidade do protocolo variou entre 10 e 7 repetições máximas, com as primeiras semanas em menor intensidade e nas últimas em maior intensidade, a AST dos músculos da coxa e do trapézio e as medidas de composição corporal foram recolhidas antes do protocolo de treinamento começar e após cinco e onze semanas que ele iniciou. Os exercícios eram os seguintes, conhecidos popularmente como leg press, extensão de joelhos, flexão de joelhos, supino sentado, remada baixa fechada, puxada alta, e desenvolvimento. Após o período de treinamento o aumento da AST no quadríceps foi maior no grupo que realizou três séries nos exercícios de perna, e não houve diferença significativa no aumento da AST do trapézio entre

os dois grupos. Com estes resultados os autores indicam que a utilização destes dados pode mostrar que nas primeiras onze semanas de treinamento, o volume de carga não parece trazer diferença significativa nos músculos do trapézio, mas trazem diferença relacionada em dose-resposta para os músculos do quadríceps.

O estudo de Correa et al (2015), obteve resultados semelhantes ao estudo de Rønnestad et al (2007), com relação aos músculos do quadríceps, para isso, Correa analisou o aumento da AST do vasto lateral e do vasto medial em trinta e seis mulheres saudáveis com idade média de 60 anos, que já passaram pela menopausa. Elas treinaram durante onze semanas, três vezes por semana, sendo doze mulheres no grupo que treinou em alto volume, executando três séries por exercício, treze mulheres treinaram no grupo de baixo volume, executando apenas uma série e onze fizeram parte do grupo controle, que não realizou série alguma. Essas séries eram compostas por 15 repetições máximas, os exercícios utilizados no estudo foram o supino, a rosca direta, tríceps com halter, remada unilateral, leg press, extensão de joelhos, flexão de joelhos e abdominal crunch. O tempo de descanso entre cada série foi de 40 segundos, levando ao tempo de cada sessão para o grupo de baixo volume para 15 minutos e para o grupo de alto volume 45 minutos. Após as onze semanas executando o protocolo de treinamento, os pesquisadores reuniram como resultado, o aumento da AST dos vastos em um tamanho mais significativo no grupo com alto volume quando comparado ao grupo de menor volume

Radaelli et al (2015) procurou identificar o aumento da AST dos flexores e extensores do cotovelo em quarenta e oito homens com idade média de 24 anos, sem experiência no TR, estes foram separados em três diferentes grupos que treinaram e um grupo controle (dez homens), um grupo realizou uma série (doze homens) e os outros dois realizaram três séries (treze homens) e cinco séries (treze homens). Todos os grupos durante 6 meses realizaram três sessões de exercícios resistidos com peso por semana, com pelo menos 48 horas até 72 horas de descanso entre as sessões, totalizando 73 sessões de treinamento, realizando 8-12 repetições máximas com descanso de 90 até 120 segundos por série, nos exercícios de extensão de joelhos, flexão de joelhos, extensão de cotovelos, flexão de cotovelos, abdominal crunch, supino, desenvolvimento, puxada alta e leg press. Após as 73 sessões, o aumento da AST dos flexores do cotovelo foi significativamente maior no grupo que realizou cinco séries comparado aos outros, e o grupo que realizou três séries teve um aumento maior quando

comparado ao grupo controle e ao grupo que realizou apenas uma série. O aumento na AST dos extensores do cotovelo só teve aumento significativo no grupo que realizou cinco séries.

O estudo de Jack Cannon & Frank E. Marino (2010) analisou o aumento da AST da musculatura extensora de joelhos em mulheres destreinadas, de idade entre 20 e 30 anos (dezesesseis mulheres com idade média de 23 anos) e em mulheres de idade entre 60 e 78 anos (quinze mulheres com idade média de 67 anos). Estas, foram separadas em um grupo com alto volume (três séries por exercícios) e um grupo com baixo volume (uma série por exercício), estes grupos foram balanceados por idade de forma aleatória. O protocolo de treinamento foi realizado três vezes por semana com intervalo de no mínimo 24 horas entre as sessões, durante dez semanas. Elas realizaram os exercícios de extensão e flexão de joelhos em máquinas, com o tempo de descanso de 90 até 120 segundos entre as séries. Estes protocolos resultaram em um aumento significativo da AST, mas não apresentou diferença significativa entre os grupos de treinamento e idades. Este achado nos indica que a hipertrofia muscular durante o TR de fase inicial pode não ser dependente do volume em mulheres jovens ou idosas previamente não treinadas, podendo ser dependente em fases posteriores, onde será necessário maior volume de treino para gerar melhores adaptações ao treinamento visando hipertrofia muscular.

Comparando estes resultados com o estudo de Correa et al (2015), podemos ver uma diferença com relação ao volume dado pela quantidade de semanas, onde em 2015 as idosas analisadas realizaram uma semana a mais de protocolo, e em todas as sessões de treinamento elas realizaram um exercício a mais de membros inferiores (leg press), podendo essas diferenças entre os protocolos, indicarem que teria a possibilidade do estudo de Jack Cannon & Frank E. Marino (2010), chegasse a um aumento da AST com diferença entre os grupos caso o volume fosse um pouco maior.

Scarpelli et al (2020) procurou analisar algo que nunca antes havia sido analisado dentro do TR, a influência da progressão do volume de treino em jovens treinados, e como isso iria direcionar a hipertrofia dos mesmos, para isso ele verificou o aumento da AST do vasto lateral de dezesseis homens jovens treinados (em média 5 anos de treinamento resistido com pesos), com idade média de 24 anos, onde cada perna fez um protocolo de exercícios diferente. Uma perna fazia um protocolo considerado não individualizado, prescrito com base em vinte e duas séries totais na semana, e a outra perna fazia um protocolo considerado individualizado, ao qual os indivíduos realizavam as mesmas séries que já vinham realizando em seu

treinamento de rotina, mas com um acréscimo de 20% sobre essas séries. Isto é, os pesquisadores aumentaram o volume prévio dos participantes, procurando atingir uma progressão de volume e alcançando uma média de vinte e quatro séries neste grupo. Cada protocolo foi realizado duas vezes por semana durante 8 semanas, realizando os exercícios leg press 45° e extensão de joelho, as séries obedeceram a faixa de 8 até 12 repetições máximas com descanso de 2 minutos entre as séries, estas foram sempre levadas até a falha concêntrica. O grupo que teve o volume de treino prescrito considerando o volume prévio de treinamento teve um aumento significativamente maior da AST do vasto lateral em comparação ao grupo não individualizado. Estes resultados indicam que para indivíduos treinados, considerar o volume prévio dos mesmos visando maximizar a hipertrofia muscular.

Radaelli et al (2014) analisou o aumento da AST dos músculos do quadríceps, em mulheres idosas pós menopausa (idade entre 60 e 74 anos), há pelo menos 3 meses sem realizar TR regularmente antes do estudo. Elas foram separadas em dois grupos, um grupo realizou uma série por exercício (quatorze mulheres), e o outro grupo realizou três séries por exercício (treze mulheres). O protocolo de treinamento foi realizado duas vezes por semana, em dias não consecutivos, durante 6 semanas. Os exercícios realizados foram leg press, flexão de cotovelo unilateral, extensão de joelhos, puxada alta, flexão de joelhos, extensão de cotovelos, supino, abdução de quadril, adução de quadril e abdominal crunch, com 2 minutos de intervalo entre os exercícios, em intensidade de 15 até 20 repetições máximas. O aumento na AST dos músculos do quadríceps não teve diferença significativa entre os grupos, mas ambos tiveram aumentos em sua composição.

Estes resultados, como nos estudos analisados anteriormente, indicam que o público feminino mostra certa resistência a adaptações morfológicas se tratando do aumento da AST com relação ao volume de TR imposto, sendo assim, aparentemente há uma tendência de que durante as fases iniciais de treinamento o volume não há uma relação de dose-resposta com a hipertrofia muscular da musculatura extensora de joelhos no público de sexo feminino.

O estudo de Terzis et al (2010) analisou as mudanças agudas nas sinalizações moleculares relacionadas com o processo de hipertrofia muscular, em resposta ao TR em diferentes volumes. Para isso, oito homens (22 anos em média) destreinados realizaram uma, três e cinco séries com 6 repetições máximas no exercício leg press, com descanso de 2 minutos entre as séries, em 3 dias diferentes, tendo um intervalo de 2 semanas entre cada dia de

treinamento. Foi feita biópsia no vasto lateral antes e após 30 minutos de cada sessão para analisar o efeito de sinalização de proteínas relacionadas com a síntese proteica muscular. Os resultados apontaram que não houve diferença significativa na fosforilação da via Akt e ERK1/2 pré e pós-treinamento em nenhum protocolo; a fosforilação da mTOR e da p38 MAPK se elevou de maneira similar entre os três protocolos. Já a fosforilação da proteína p70^{s6k} assemelhou-se a resposta da proteína S6, pelo qual foi mostrado que ambas triplicaram sua expressão quando realizadas três séries. Além disso, seus valores aumentaram em seis vezes após cinco séries mostrando correlação direta entre o número de séries e os marcadores da hipertrofia muscular.

Os resultados dos estudos citados corroboram com a hipótese de dose-resposta na sinalização para hipertrofia muscular em homens jovens, dada pela modulação do volume de TR. Estes estudos apresentam certas limitações, principalmente pelo curto espaço de tempo, onde é relacionado a dificuldade em se manter um mesmo protocolo de treinamento por muito tempo, e também a limitação de se analisar poucos grupos musculares, onde em alguns estudos os indivíduos treinavam diferentes grupamentos musculares que nem mesmo tiveram sua AST analisada.

6. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos a partir da análise dos estudos selecionados, pode-se concluir que a modulação do volume de TR, se mostrou eficiente em gerar adaptações que resultam no aumento da AST da musculatura envolvida no treinamento em homens jovens. Contudo, a mesma conclusão não pode se estender ao público feminino dado que os estudos apanhados neste trabalho não mostraram relação de dose-resposta. Mais estudos envolvendo este público precisam ser realizados para melhores conclusões, considerando que os estudos atuais impõem pouco tempo sobre análise em protocolo de treinamento. Também se vê necessário a inclusão de consideração do volume de treinamento prévio aos estudos posteriores ao ano de 2020, após os achados de Scarpelli et al (2020) [10], que mostrou a tendência da progressão do volume de treino ser benéfica para hipertrofia muscular. Com isso, a hipótese inicial do estudo foi parcialmente corroborada, nos indicando que para melhores conclusões sobre essa relação de dose-resposta entre volume de TR e a hipertrofia, seria interessante mais estudos modulando diferentes abordagens a serem exploradas na metodologia, visto que o TR apresenta uma gama vasta de possibilidades em suas variáveis, podendo nos mostrar melhores resultados no público masculino e feminino.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANNON, Jack; MARINO, Frank E. Early-phase neuromuscular adaptations to high-and low-volume resistance training in untrained young and older women. **Journal of sports sciences**, v. 28, n. 14, p. 1505-1514, 2010.

CORREA, Cleiton Silva et al. High-volume resistance training reduces postprandial lipaemia in postmenopausal women. **Journal of sports sciences**, v. 33, n. 18, p. 1890-1901, 2015.

DAMAS, Felipe et al. Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. **The Journal of physiology**, v. 594, n. 18, p. 5209-5222, 2016.

DE ARRUDA, Débora Paes et al. Relação entre treinamento de força e redução do peso corporal. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFE)**, v. 4, n. 24, p. 10, 2010.

MCBRIDE, Jeffrey M. et al. Comparison of methods to quantify volume during resistance exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 106-110, 2009.

MIYAZAKI, Mitsunori; ESSER, Karyn A. Cellular mechanisms regulating protein synthesis and skeletal muscle hypertrophy in animals. **Journal of applied physiology**, v. 106, n. 4, p. 1367-1373, 2009.

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

RADAELLI, Regis et al. Effects of single vs. multiple-set short-term strength training in elderly women. **Age**, v. 36, n. 6, p. 1-11, 2014.

RØNNESTAD, Bent R. et al. Dissimilar effects of one-and three-set strength training on strength and muscle mass gains in upper and lower body in untrained subjects. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 1, p. 157-163, 2007.

SCARPELLI, Maíra C. et al. Muscle hypertrophy response is affected by previous resistance training volume in trained individuals. **J Strength Cond Res**, v. 27, 2020.

SCHOENFELD, Brad J. et al. Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 51, n. 1, p. 94, 2019.

SCHOENFELD, Brad J. et al. Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 10, p. 2909-2918, 2014.

SOONESTE, Heiki et al. Effects of training volume on strength and hypertrophy in young men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 1, p. 8-13, 2013.

TERZIS, Gerasimos et al. The degree of p70 S6k and S6 phosphorylation in human skeletal muscle in response to resistance exercise depends on the training volume. **European journal of applied physiology**, v. 110, n. 4, p. 835-843, 2010.

TRAN, Quan T.; DOCHERTY, David; BEHM, David. The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. **European journal of applied physiology**, v. 98, n. 4, p. 402-410, 2006.