

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO**

Efeito Crônico do Método “*Sarcoplasma Stimulating Training*” (SST) na
Força Máxima e Espessura Muscular de Homens Treinados em Força

Felipe Alves Brigatto

2024

TESE DE DOUTORADO

Felipe Alves Brigatto

Efeito Crônico do Método “*Sarcoplasma Stimulating Training*” (SST) na Força Máxima e Espessura Muscular de Homens Treinados em Força

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, da Universidade Metodista de Piracicaba, como pré-requisito para obtenção do Título de Doutor em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Charles Ricardo Lopes

PIRACICABA
2024

B854e Brigatto, Felipe Alves
Efeito Crônico do Método "Sarcoplasma Stimulating Training" (SST) na Força Máxima e Espessura Muscular de Homens Treinados em Força. / Felipe Alves Brigatto - 2024.
129 f. : il. ; 30 cm.

Orientador (a): Prof. Dr. Charles Ricardo Lopes.
Tese (Doutorado) – Universidade Metodista de Piracicaba,
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – Piracicaba, 2024.

1. Hipertrofia Muscular. 2. Força Muscular. 3. Métodos De Treinamento De Força. I. Brigatto, Felipe Alves. II. Título.

CDD – 613.71

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Brasil.

RESUMO

O *Sarcoplasma Stimulating Training* (SST) é um método de treinamento de força (TF) recente e bastante utilizado no ambiente prático com o intuito de quebrar platôs e/ou maximizar a hipertrofia muscular. Entretanto, a literatura científica carece de estudos que investigaram seus efeitos crônicos. Assim, o objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos do SST *versus* TF tradicional (TRAD) em desfechos de força máxima (1RM cadeira extensora) e hipertrofia (espessura muscular [EM]). Vinte e dois homens treinados em força (experiência no TF: 5,6 ± 2,4 anos) participaram do estudo. Foi utilizado um desenho experimental intra-sujeito em que cada membro inferior dos participantes foi submetido de maneira aleatorizada à uma de duas condições experimentais: TRAD = 10x8-10RM com dois minutos de pausa entre séries; SST = primeiro bloco: série inicial de 8-10RM – dez segundos de intervalo – nova série até a falha muscular concêntrica – dez segundos de intervalo – mais uma série de repetições máximas. Esse procedimento foi repetido sucessivas vezes até que o voluntário conseguisse realizar apenas uma repetição máxima com o peso mobilizado; segundo bloco: redução de 20% no peso mobilizado e, após dez segundos de intervalo, todo o procedimento descrito anteriormente era repetido; terceiro bloco – redução de 20% no peso mobilizado e, após dez segundos de intervalo, um terceiro bloco foi executado seguindo os mesmos procedimentos dos anteriores. Os protocolos de treinamento foram realizados duas vezes por semana durante dez semanas. Ambos os protocolos resultaram em aumentos significantes no 1RM (TRAD = 24,1% e SST = 21,7%; $p < 0,05$) e na EM do vasto lateral (TRAD = 7,8% e SST = 10,4%; $p < 0,05$) e reto femoral (TRAD = 12% e SST = 14,7%; $p < 0,05$). Entretanto, o SST resultou em incrementos mais substanciais na EM do vasto lateral ($p = 0,020$; diferença média [95% IC] = 0,8 [0,4 a 1,2 mm]) e reto femoral ($p = 0,001$; 1,0 [0,6 a 1,5 mm]). Portanto, em comparação ao TRAD, o SST apresenta os mesmos ganhos de força e maior magnitude de hipertrofia.

Palavras-chave: hipertrofia muscular; força muscular; métodos de treinamento de força.

ABSTRACT

Sarcoplasmic Stimulating Training (SST) is a recent resistance training (RT) method that is widely used in the practical environment with the intention of breaking plateaus and/or maximizing muscle hypertrophy. However, the scientific literature lacks studies that investigated its chronic effects. Thus, the aim of the present study was to compare the effects of SST versus traditional RT (TRAD) on maximal strength (leg extension 1RM) and hypertrophy (muscle thickness [MT]) outcomes. Twenty-two resistance-trained men (RT experience: 5.6 ± 2.4 years) participated in the study. A within-subject experimental design was used in which each participant's lower limb was randomly subjected to one of two experimental conditions: TRAD = 10x8-10RM with two minutes of rest between sets; SST = first block: initial set of 8-10RM – ten-second interval – another set until concentric muscular failure – ten-second interval – another set of maximum repetitions. This procedure was repeated successive times until the volunteer was able to perform only one maximum repetition with the mobilized weight; second block: 20% reduction in the mobilized weight and, after a ten-second interval, the entire procedure described previously was repeated; third block – 20% reduction in mobilized weight and, after a ten-second interval, a third block was performed following the same procedures as the previous ones. Training protocols were performed twice a week for ten weeks. Both protocols resulted in significant increases in 1RM (TRAD = 24.1% and SST = 21.7%; $p < 0.05$) and MT of the vastus lateralis (TRAD = 7.8% and SST = 10.4%; $p < 0.05$) and rectus femoris (TRAD = 12% and SST = 14.7%; $p < 0.05$). However, SST resulted in more substantial increases in MT of the vastus lateralis ($p = 0.020$; mean difference [95% CI] = 0.8 [0.4 to 1.2 mm]) and rectus femoris ($p = 0.001$; 1.0 [0.6 to 1.5 mm]). Therefore, compared to TRAD, SST presents the same strength gains and greater magnitude of hypertrophy.

Key words: muscle hypertrophy; muscle strength; resistance training methods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo ilustrativo do método drop-set.	18
Figura 2. Exemplo ilustrativo de diferentes estruturas de <i>cluster-sets</i> em comparação ao modelo tradicional.....	38
Figura 3. Exemplo ilustrativo das variações do método SST.....	62
Figura 4. Ilustração do fluxograma temporal do experimento.....	75
Figura 5. Esquema ilustrativo dos protocolos SST e TRAD.	77
Figura 6. Região analisada e imagens coletadas para mensuração da espessura muscular.....	84
Figura 7. Mudança absoluta (em quilogramas) na força máxima dinâmica em relação ao momento pré-intervenção.....	89
Figura 8. Mudança absoluta na espessura (em milímetros) dos músculos vasto lateral (A) e reto femoral (B) em relação ao momento pré-intervenção.....	92
Figura 9. Responsividade aos protocolos SST e TRAD.	92
Figura 10. Comparação da mudança relativa pré-pós (%) da EM entre os músculos vasto lateral (VL) e reto femoral (RF).	93
Figura 11. Volume Total de Treinamento (VTT).	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variáveis descritivas da amostra na linha de base (média \pm DP). 88

Tabela 2. Medidas de força máxima e espessura muscular pré e pós-intervenção (média \pm DP). 91

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

$\Delta\%VTT_{SEM10-1}$	variação relativa entre o VTT das semanas 10 e 1
1RM	uma repetição máxima
1RM _{AGACH}	teste de 1RM no exercício agachamento
1RM _{EXT}	teste de 1RM na cadeira extensora unilateral
2x/sem	duas vezes por semana
8-10RM	oito a dez repetições máximas
95% IC	95% do intervalo de confiança
ANOVA	análise de variâncias
ASTA	área de secção transversal anatômica
ATP	adenosina trifosfato
CCI	coeficiente de correlação intraclass
CIT	carga interna de treinamento
CS	<i>cluster sets</i>
CV	coeficiente de variação
CVMI	contração voluntária máxima isométrica
DP	<i>drop-set</i>
EM	espessura muscular
EM _{RF}	espessura muscular do reto femoral
EM _{VL}	espessura muscular do vasto lateral
ETM	erro típico da medida
FMC	falha muscular concêntrica
IRR	<i>inter-repetition rest</i>

ISR	<i>intra-set rest</i>
Kg	quilogramas
MDD	mínima diferença detectável
NSCA	<i>National Strength and Conditioning Association</i>
PAR-Q	<i>Physical Activity Readiness Questionnaire</i>
PCr	fosfocreatina
PSE	percepção subjetiva de esforço
RIR	<i>Repetitions in Reserve</i>
RM	repetições máximas
RP	<i>rest-pause</i>
SPM	síntese proteica miofibrilar
SST	<i>sarcoplasmic stimulating training</i>
SST-C	SST variação de contração
SST-I	SST variação de intervalo
SST-INT	SST variação de carga/intensidade
TE	tamanho do efeito
TF	treinamento de força
TRAD	treinamento de força tradicional
TST	tempo sob tensão
UMs	unidades motoras
US	ultrassonografia
VTT	volume total de treinamento
VTT _{PROG}	Progressão do VTT ao longo das dez semanas de intervenção
ΣVTT	VTT acumulado ao longo da intervenção

LISTA DE SÍMBOLOS

$>$	maior
$-$	menos
$\%$	percentual
\sim	aproximadamente
$<$	menor
$=$	igual
\pm	mais ou menos
$\Delta\%$	delta percentual
\leq	menor ou igual
\geq	maior ou igual
d	tamanho do efeito de Cohen
H^+	hidrogênio
p	significância

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	<i>Drop-set</i> : estruturação, mecanismos fisiológicos e adaptações neuromusculares.....	17
2.2	<i>Rest-pause</i> : estruturação, mecanismos fisiológicos e adaptações neuromusculares.....	37
2.3	<i>Sarcoplasma Stimulating Training</i> : estruturação e respostas agudas	60
3	OBJETIVOS	66
3.1	Objetivo Geral	66
3.2	Objetivos Específicos	66
4	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	67
5	HIPÓTESE	68
6	MATERIAIS E MÉTODOS.....	69
6.1	Participantes.....	69
6.2	Critérios de Inclusão e Exclusão	70
6.3	Recrutamento e Adesão ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	71
6.4	Procedimentos	71
6.4.1	Protocolos de Treinamento de Força	75
6.4.2	Equalização do Volume Total de Treinamento	80
6.4.3	Teste de Força Máxima Dinâmica (1RM)	81
6.4.4	Avaliação da Espessura Muscular	83
6.4.5	Volume Total de Treinamento	85
6.5	Análise Estatística	86
7	RESULTADOS	88
7.1	Força Máxima Dinâmica (1RM)	89
7.2	Espessura Muscular.....	90
7.3	Volume Total de Treinamento	94
8	DISCUSSÃO	95
9	CONCLUSÃO.....	113
	REFERÊNCIAS	114
	ANEXOS	127

1 INTRODUÇÃO

Há 76 anos, DeLorme e Watkins (1948) foram os primeiros a utilizar a denominação “*progressive resistance exercise*” em uma publicação científica. Esse foi o primeiro artigo que utilizou uma nomenclatura específica para o que conhecemos hoje como Treinamento de Força (TF) (KRAEMER, 2016; TODD; SHURLEY; TODD, 2012). Desde então, o TF consolidou-se como intervenção primordial para gerar incrementos na força máxima, potência, resistência de força e hipertrofia muscular (ACSM, 2009).

Tais adaptações impactam positivamente na capacidade de realizar atividades da vida diárias e em parâmetros gerais relacionados à saúde e bem-estar, como independência física e redução do risco de mortalidade por diversas causas (ARTERO et al., 2011; RANTANEN et al., 2002). Além disso, o TF também contribui para o aumento do desempenho esportivo em atletas de diferentes níveis (BUCKNER et al., 2018).

Embora trabalhos recentes questionem a hipótese de que o aumento da massa muscular (*i.e.* hipertrofia muscular) induzido pelo TF contribua significativamente para aumentos na força muscular (DANKEL et al., 2018; LOENNEKE et al., 2019a), atletas de diferentes modalidades procuram maximizar a resposta hipertrófica ao treinamento pautados na aceitação geral de que isso resulta em incremento no desempenho esportivo (FONSECA et al., 2023). Adicionalmente, o aumento da massa muscular é um dos principais objetivos almejados por fisiculturistas e praticantes treinados em força de forma recreativa (HACKETT; JOHNSON; CHOW, 2013).

Em linhas gerais, a hipertrofia muscular ocorre quando a síntese de proteínas musculares excede a degradação proteica, culminando em balanço proteico positivo ao longo de períodos cumulativos (DAMAS; LIBARDI; UGRINOWITSCH, 2018). Do ponto de vista nutricional, a ingestão de proteínas é um potente estímulo para a elevação das taxas de síntese proteica miofibrilar (SPM) (PHILLIPS, 2014). Portanto, sob condições de fornecimento adequado de nutrientes, o TF otimiza o acúmulo de proteínas contráteis e estruturais, promovendo, de maneira crônica, aumento do tecido musculoesquelético (JOANISSE et al., 2020).

Especificamente quanto ao papel do TF como variável exógena potencializadora das adaptações morfofuncionais (e.g. força e hipertrofia muscular), a manipulação das variáveis metodológicas de prescrição do treinamento (volume, intensidade, pausas, frequência semanal, escolha e ordem dos exercícios, ações musculares, velocidade de execução e amplitude de movimento) é considerada essencial (ACSM, 2009; DE CAMARGO et al., 2022a; SCHOENFELD et al., 2021a).

Entretanto, mesmo com a adequada manipulação dessas variáveis, a magnitude das respostas neuromusculares parece ser inversamente proporcional ao estado de treinamento, uma vez que o potencial para melhorias funcionais e morfológicas adicionais diminui à medida em que um indivíduo se torna mais treinado em força (COUNTS et al., 2017; SCHOENFELD, 2011).

Para evitar essa possível estagnação das respostas adaptativas, diversos autores sugerem que indivíduos treinados precisam ser expostos a uma maior quantidade de variações nos estímulos de treinamento, estratégias de planejamento mais sofisticadas e períodos de treinamento mais longos para obterem alterações relevantes na força e hipertrofia (FLECK; KRAEMER, 2014, 2017; HAFF; TRIPLETT, 2016).

Assim sendo, fisiculturistas e indivíduos treinados em força frequentemente utilizam métodos avançados de TF, tais como: *drop-set*, *rest-pause*, pirâmide, pré-exaustão, *bi-set*, *tri-set*, *super-set*, treinamento excêntrico, método 3/7, *german volume training*, *cluster-sets*, dentre outros, com o objetivo de maximizar e/ou prevenir a estagnação das adaptações neuromusculares em resposta ao TF (DE SALLES, 2020; PRESTES et al., 2016).

Essas abordagens de treinamento consistem na manipulação específica de uma ou mais variáveis do TF objetivando a imposição de maior estresse fisiológico nos músculos estimulados em comparação ao nível de estresse obtido com a aplicação do modelo convencional/tradicional de TF (TRAD) (*i.e.* séries múltiplas, com intervalos de descanso fixo entre elas, executadas com número/margem de repetições e intensidade constantes), de forma que tais estratégias possam potencializar o estresse metabólico e a tensão mecânica (SCHOENFELD, 2011), fatores que supostamente exercem função primordial nas adaptações musculares induzidas pelo TF (DANKEL et al., 2017a; SCHOENFELD, 2010, 2013).

Neste contexto, algumas técnicas resultam em maior volume total de treinamento (VTT = séries x repetições x peso) e/ou densidade de treino (*i.e.* volume por unidade de tempo) em comparação ao TRAD (SCHOENFELD; GRGIC, 2018). Tais pressupostos são relevantes, uma vez que o volume de treino parece ser uma das variáveis metodológicas mais proeminentes para maximização da hipertrofia muscular (BAZ-VALLE et al., 2022; FIGUEIREDO; DE SALLES; TRAJANO, 2018; SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017).

Embora os resultados observados por estudos longitudinais analisando o efeito de diferentes métodos avançados em comparação ao TRAD nas adaptações neuromusculares sejam mistos/conflitantes entre si (ANGLERI; UGRINOWITSCH;

LIBARDI, 2017; ENES et al., 2021; FINK et al., 2018; GOTO et al., 2004; OZAKI et al., 2018; PRESTES et al., 2019; VAROVIĆ et al., 2021), a literatura científica ainda é escassa em relação as abordagens de treinamento mais recentemente desenvolvidas e implementadas na prática por fisiculturistas e indivíduos treinados; por exemplo, o método denominado *sarcoplasma stimulating training* (SST).

Resumidamente, a estruturação do SST envolve a combinação de procedimentos dos sistemas *drop-set* (DP) e *rest-pause* (RP), executados em blocos de séries que englobam a aplicação de intervalos de recuperação curtos e reduções no peso mobilizado, com o intuito de prolongar o estímulo após a obtenção da falha muscular concêntrica (FMC) (DE SALLES, 2020; PRESTES et al., 2016).

Em comparação ao modelo TRAD, o SST promove aumento significativamente superior no inchaço muscular (*i.e.* aumento da espessura muscular de maneira aguda após o TF) dos músculos bíceps e tríceps braquial e concentrações de lactato sanguíneo semelhantes, mesmo com menor VTT para os exercícios rosca bíceps e tríceps *pulley* (De Almeida et al., 2019). Para o nosso conhecimento, o estudo conduzido por De Almeida et al. (2019) é o único trabalho científico publicado que investigou o SST de forma aguda, portanto, os efeitos crônicos do método em desfechos morfológicos e funcionais ainda não foram examinados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Ao longo dos anos, diversas estratégias de prescrição foram desenvolvidas com o intuito de promover uma resposta positiva e duradoura ao TF. As incontáveis possibilidades de combinação e manipulação das variáveis agudas deram origem aos diversos métodos de treinamento. Esses métodos foram, em sua totalidade, forjados no âmbito prático, concebidos e testados empiricamente por treinadores ou atletas de *powerlifting* e/ou fisiculturismo e, até recentemente, existiam poucas evidências para fundamentá-los (DE SALLES, 2020; FLECK; KRAEMER, 2017).

Contudo, nos últimos anos houve crescimento considerável no número de estudos na área, assim como de novos métodos de treinamento que demandam maior fundamentação para aplicação (KRZYSZTOFIK et al., 2019).

Diversos estudos transversais observaram incrementos superiores nos níveis de ativação muscular (FINK et al., 2018; MARSHALL et al., 2012; PAZ et al., 2017) e em marcadores de estresse metabólico (ANGLERI et al., 2020; FINK et al., 2018; GOTO et al., 2004; WEAKLEY et al., 2017) para protocolos de sistemas avançados em comparação ao TRAD.

Entretanto, essas respostas agudas mais expressivas não necessariamente traduzem-se em respostas crônicas de maior magnitude (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2020). Ainda que alguns estudos tenham observado adaptações neuromusculares significativamente maiores com a utilização de determinados métodos (FINK et al., 2018; GOTO et al., 2004; PRESTES et al., 2019; VAROVIĆ et al., 2021), outros trabalhos não observaram diferenças entre condições (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2017; ENES et al., 2021; OZAKI et al., 2018), enquanto que outros observaram respostas favoráveis ao TRAD (AMIRTHALINGAM et al., 2017; SCHUENKE et al., 2012).

De maneira geral, as revisões narrativas de Krzysztofik et al. (2019) e Angleri et al. (2020) concluíram que as evidências disponíveis até o momento não são suficientes para determinar se os diferentes métodos avançados de TF proporcionam ganhos de força e massa muscular superiores ao TRAD. Adicionalmente, a revisão sistemática com meta-análise conduzida por Fonseca et al. (2023) comparando os sistemas avançados (combinados na análise: GVT, DS, RP, treino excêntrico, pirâmide crescente, pré-exaustão e *super slow*) com o TRAD demonstrou que os métodos aplicados em intervenções com duração entre 6-12 semanas não conferem hipertrofia adicional em indivíduos treinados.

A disparidade metodológica e a heterogeneidade das amostras estudadas dificultam consideravelmente traçar comparações quanto as alterações absolutas observadas nos desfechos neuromusculares entre os estudos. Ainda, a literatura científica carece de evidências referentes aos métodos de treinamento mais recentes que demandam maior fundamentação para aplicação, como é o caso do SST (KRZYSZTOFIK et al., 2019).

Como, até o presente momento, o estudo transversal conduzido por De Almeida et al. (2019) é o único trabalho científico publicado que investigou o SST, a evidência disponível sobre o tema inviabiliza uma revisão de literatura. Portanto, os próximos tópicos descrevem os estudos que analisaram os efeitos dos métodos *drop-set* e *rest-pause* em desfechos morfológicos e funcionais.

Revisar a literatura disponível sobre esses métodos justifica-se pela semelhança estrutural que o SST apresenta com ambos, uma vez que esse sistema de treinamento contempla a combinação de procedimentos metodológicos característicos do RP (intervalos de recuperação curtos) e DP (reduções no peso utilizado). Deste modo, na ausência de um corpo de evidências científicas disponíveis

sobre o SST, revisar os mecanismos fisiológicos e as respostas neuromusculares desencadeadas por essas abordagens de TF pode, em alguma medida, contribuir para um entendimento mais abrangente quanto aos mecanismos e possíveis respostas morfofuncionais proporcionadas pelo SST.

2.1 *Drop-set*: estruturação, mecanismos fisiológicos e adaptações neuromusculares

O método *drop-set*, também conhecido como série descendente ou *breakdown set*, foi desenvolvido originalmente em 1947 por Henry Atkins, e difundiu-se por intermédio de treinadores e fisiculturistas entre as décadas de 1950 e 1980 (DE SALLES, 2020).

A estrutura de prescrição do DS não é universalmente consensual tanto na literatura científica quanto entre treinadores, atletas e praticantes de TF (COLEMAN et al., 2022). Entretanto, essa estratégia de treinamento pode ser tipicamente caracterizada por três etapas: (i) realização do exercício até a FMC (*i.e.* condição em que o indivíduo é incapaz de completar a ação concêntrica de determinada repetição com a amplitude de movimento estabelecida e preservação da técnica de execução predeterminada) (SCHOENFELD; GRGIC, 2018; SØDAL et al., 2023); (ii) redução do peso mobilizado (entre 10 a 50%, dependendo do exercício e objetivo); (iii) intervalo mínimo, apenas o necessário para que a redução seja efetivada e o indivíduo se reajuste para a execução, e prosseguimento do estímulo até que a falha concêntrica seja novamente alcançada (SCHOENFELD; GRGIC, 2018; SØDAL et al., 2023).

O direcionamento do método com ênfase na força máxima ou hipertrofia depende da característica inicial, magnitude da redução e uso ou não da falha concêntrica (DE SALLES, 2020). Dependendo do protocolo, um único ou múltiplos

“*drops*” (*i.e.* reduções de peso) podem ser realizados em determinadas séries ou em todas as séries ao longo da sessão de TF (SCHOENFELD; GRGIC, 2018). Ainda, dentro da mesma série, múltiplos *drops* de pequenas magnitudes podem ser feitos sucessivas vezes (Figura 1), até que o peso mobilizado seja virtualmente “zerado” (*e.g.* conduzir o estímulo até que o menor peso disponível em determinado equipamento seja utilizado, impossibilitando a realização de outro *drop*). Tal estratégia pode ser considerada uma “progressão” do DP e é, para fins didáticos, conhecida como *strip-set* (DE SALLES, 2020).

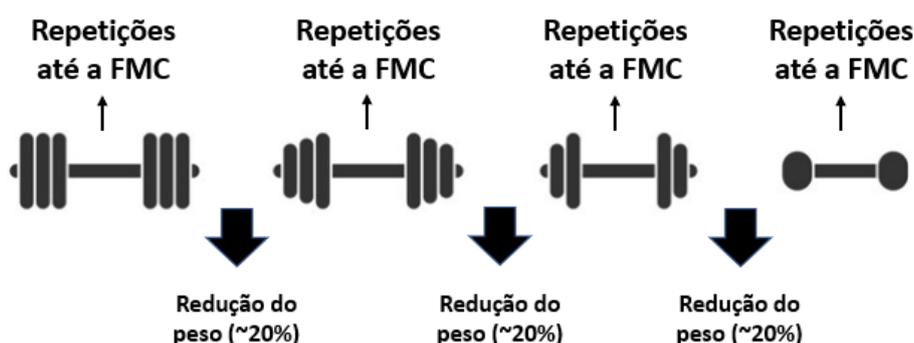


Figura 1. Exemplo ilustrativo do método *drop-set*. Adaptado de: De Salles (2020).

De acordo com Coleman et al. (2022), existem justificativas mecanicistas (fisiológicas) e pragmáticas pelas quais o DS pode ser superior aos métodos tradicionais de TF para a maximização da hipertrofia muscular.

Fisiologicamente, o DP é baseado na premissa de que o músculo não estaria totalmente fadigado quando a FMC ocorre em uma série, pois ele ainda apresentaria capacidade de produção de força em intensidades relativas (%1RM) menores (SCHOENFELD; GRGIC, 2018).

Podemos, dentre outros inúmeros mecanismos, considerar o processo de fadiga como a redução da capacidade de produção de força muscular dentro do contexto de determinada série (seguidas repetições com uma intensidade específica) (FISHER; CARLSON; STEELE, 2016). Como exemplo, um indivíduo atingirá a falha concêntrica com uma intensidade de 80% de 1RM (80%1RM) quando sua produção de força for inferior a necessária para mobilizar o peso condizente com 80%1RM. Tal fenômeno é produto da incapacidade momentânea para continuar o recrutamento de fibras musculares, bem como de redução na taxa de disparos (ENOKA; DUCHATEAU, 2008). Assim sendo, podemos hipotetizar que unidades motoras (UMs) de baixo limiar e, portanto, fibras musculares, não atingiram um estado de fadiga completa, apesar do seu recrutamento (FISHER; CARLSON; STEELE, 2016).

Entretanto, se a intensidade do exercício for reduzida no momento em que a falha muscular é obtida (e.g. redução para 50%1RM), o recrutamento e a taxa de disparos serão condizentes com a produção de força necessária naquela condição, possibilitando a continuidade do estímulo (COLEMAN et al., 2022; FISHER; CARLSON; STEELE, 2016). Nesse exemplo hipotético, o indivíduo prosseguirá a execução da série até o momento em que sua capacidade de produção de força for inferior a necessária para mobilizar o peso condizente com 50%1RM.

Dessa maneira, executar repetições adicionais, possibilitadas pela redução do peso imediatamente após atingir a falha muscular em uma série, pode proporcionar maior magnitude de fadiga das UMs, culminando, potencialmente, em resposta anabólica superior (SCHOENFELD, 2011).

Adicionalmente, a combinação de um elevado número de repetições acumuladas entre períodos mínimos de descanso possibilita maior tempo sob tensão (TST), proporcionando acentuado estresse metabólico (*i.e.* acúmulo de metabólitos,

particularmente, lactato, fosfato inorgânico e H⁺) e aumento da isquemia/hipóxia local (*i.e.* redução da oxigenação microvascular), ativação muscular e inchaço celular, distúrbios celulares que podem potencializar os mecanismos relacionados a resposta hipertrófica (ANGLERI et al., 2020; DANKEL et al., 2017a; SCHOENFELD, 2011, 2010, 2013; SCHOENFELD et al., 2021a).

Por uma perspectiva pragmática, o DS envolve um maior número de repetições até a falha muscular, conseqüentemente, proporcionando maior volume de treinamento, variável que apresenta influência substancial na maximização da hipertrofia muscular (BAZ-VALLE et al., 2022; FIGUEIREDO; DE SALLES; TRAJANO, 2018; SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017). Ainda, quando comparado ao TRAD, o DS resulta em maior densidade do treino, variável intimamente associada com o estresse metabólico induzido pelo TF (KASSIANO et al., 2020; MARSTON et al., 2017; WEAKLEY et al., 2017).

No entanto, é concebível que o DS não represente a melhor estratégia para incrementar a força máxima. A utilização de pausas longas (> dois minutos) e, principalmente, altas intensidades relativas (%1RM) são consideradas variáveis potencializadoras dos ganhos de força (DE CAMARGO et al., 2022a; GRGIC et al., 2018; LOPEZ et al., 2021; REFALO et al., 2021; SCHOENFELD et al., 2017, 2021b). Entretanto, a execução do DS contempla pausas muito curtas em combinação com reduções no peso mobilizado, portanto, a intensidade relativa ao %1RM é progressivamente diminuída. Assim, é possível que o DS não promova respostas superiores ao TRAD em desfechos de força máxima (COLEMAN et al., 2022).

A manutenção do desempenho neuromuscular durante a sessão de TF parece ser uma condição relevante para o desenvolvimento da força máxima (COSTA et al., 2021). Estratégias de TF que contemplem a FMC, maiores períodos de TST e

intervalos de recuperação curtos entre séries são exemplos de protocolos que impactam diretamente no declínio do desempenho neuromuscular agudo (FISHER; FARROW; STEELE, 2017; RATAMESS et al., 2012). De fato, estudos prévios observaram que, mesmo entre condições com VTT equalizado, os protocolos que apresentam maior TST são os que promovem comprometimento mais substancial do desempenho neuromuscular (FISHER; FARROW; STEELE, 2017; TRAN; DOCHERTY, 2006).

Tal fenômeno ocorre, possivelmente, em decorrência de alterações metabólicas periféricas intramusculares (*i.e.* acúmulo de íons H⁺, lactato desidrogenase e quantidade de cálcio acima dos níveis ideais para formação de pontes cruzadas), culminando em diminuição da transmissão dos potenciais de ação e maior magnitude de fadiga (DEBOLD, 2012).

Especificamente, em sujeitos destreinados (experiência prévia, porém, sem TF há 6 meses), o desempenho da contração voluntária máxima isométrica (CVMI) na extensão de cotovelo após a realização do exercício tríceps *pulley* apresentou decréscimo significativo (~13%) quando o método DS (uma série de 12RM seguida de duas reduções de 20%) foi utilizado, sem alterações significativas (<5%) após a realização do TRAD (três séries de 12RM com intervalos de 90 segundos entre séries) (FINK et al., 2018).

Costa et al. (2021) observaram comportamento similar em sujeitos com experiência no TF (≥ 2 anos). Nesse estudo, os voluntários realizaram os exercícios supino reto e *leg press*. Na condição DS, foram executadas duas séries de 10+5 (dez repetições utilizando o peso condizente com 12RM imediatamente seguidas por cinco repetições com o peso condizente com 15RM) com seis minutos de intervalo entre séries. Na condição TRAD, foram executadas três séries de dez repetições (3x10)

com o peso de 12RM e três minutos de intervalo entre séries. Os parâmetros de desempenho neuromuscular (*countermovement jump*, potência e força pico no supino reto) apresentaram reduções significantes após a condição DS (- 3,7% a - 6,7%), sem alterações significantes após o TRAD (-0,7% a -4,1%) (COSTA et al., 2021).

Berger e Hardage (1967) publicaram um estudo que pode ser considerado o primeiro a investigar os efeitos do DS nos ganhos de força. Nesse estudo, os autores verificaram os efeitos crônicos da realização de uma série de 10RM *versus* DS sobre a força máxima de sujeitos não treinados após oito semanas de treinamento no supino reto (três vezes por semana.)

O DS era iniciado com a execução de uma repetição utilizando o peso de 100%1RM, seguido de reduções mínimas de peso a cada repetição, até que dez repetições fossem completadas. Os ajustes no peso eram realizados de acordo com o nível de fadiga de cada participante a fim de manter o estímulo máximo ou próximo ao máximo em cada repetição (BERGER; HARDAGE, 1967).

O DS de dez repetições iniciado com 100%1RM foi mais eficiente do que a realização de 10RM (~75%1RM) para o incremento da força máxima dinâmica (~18% e ~14%, respectivamente) (BERGER; HARDAGE, 1967). Possivelmente, os resultados observados podem estar associados à especificidade da intensidade (%1RM) utilizada durante a intervenção em relação à medida de força máxima (teste de 1RM no supino reto).

Esse resultado sugere que o DS pode ser melhor direcionado para a promoção de ganhos em força, através do uso de percentuais de 1RM mais elevados e reduções de pequena magnitude, em associação ou não com a FMC (DE SALLES, 2020).

Os primeiros estudos que investigaram respostas agudas ao DS analisaram as respostas hormonais pós-exercício (GOTO; ISHII; TAKAMATSU, 2004; GOTO; SATO; TAKAMATSU, 2003). Nesses trabalhos, foi utilizado um protocolo de TF que se assemelha ao DS.

Especificamente, foi observado que a inclusão de uma série de baixa-moderada intensidade (três condições experimentais: inclusão de uma série com 30, 50 e 70%1RM) 30 segundos após a realização de cinco séries de cadeira extensora com 90%1RM (três minutos de pausa entre séries) resulta em elevação superior nos níveis circulantes de hormônio do crescimento (~6x maior) e nas concentrações de lactato sanguíneo pós-TF, em comparação aos protocolos que não utilizaram o DS (5x90%1RM e 5x90%1RM + 1x90%RM após 30 segundos) (GOTO; ISHII; TAKAMATSU, 2004; GOTO; SATO; TAKAMATSU, 2003).

Posteriormente, o mesmo grupo de pesquisadores investigou os efeitos crônicos de um protocolo similar ao DS nas adaptações musculares (GOTO et al., 2004). Homens recreacionalmente treinados foram submetidos a seis semanas de TF. O treinamento foi composto por duas sessões semanais, consistindo em três blocos de séries descendentes (80-60-50%1RM; 70-50-40%1RM e 60-50-40%1RM) com 30 segundos de intervalo entre séries e três minutos entre blocos, nos exercícios *leg press* e cadeira extensora.

Após esse período inicial, todos os participantes apresentaram um aumento de aproximadamente 4% na área de secção transversal anatômica (ASTA) da região média da coxa (ASTA dos músculos quadríceps femoral e isquiotibiais, mensurada em ~50% relativo ao comprimento do segmento) e ~30-40% de aumento na força máxima para o teste de 1RM no *leg press*.

Em seguida, os voluntários foram aleatorizados para mais quatro semanas de TF em uma de duas intervenções: 5x90%1RM (três minutos de pausa) (TRAD) ou o mesmo protocolo com a inclusão de 1x50%1RM realizada 30 segundos após a última série (DS). O grupo DS apresentou um incremento significativo de ~2% na ASTA da coxa, enquanto que o TRAD culminou em redução de ~0,5%. Além disso, o ganho de força foi significativamente superior para o DS em comparação ao TRAD ($14,7 \pm 1,1\%$ e $9,3 \pm 2,0\%$, respectivamente) (GOTO et al., 2004).

Ao discutir os resultados observados, os autores sugerem que as respostas hormonais agudas superiores frente ao DS podem, em alguma medida, justificar os desfechos observados longitudinalmente (GOTO et al., 2004).

Embora a elevação dos níveis sistêmicos de hormônio do crescimento apresente plausibilidade fisiológica enquanto fator potencializador de mecanismos anabólicos (CREWETHER et al., 2006; GOTO et al., 2005; KRAEMER; RATAMESS, 2005), diversos trabalhos demonstraram que as elevações agudas em hormônios anabólicos circulantes induzidas pelo TF não desempenham efeito de causalidade nas adaptações morfológicas (FINK; SCHOENFELD; NAKAZATO, 2018; MITCHELL et al., 2013; MORTON et al., 2016; PHILLIPS, 2012; SCHROEDER et al., 2013; WEST et al., 2009, 2010; WEST; PHILLIPS, 2010, 2012). Assim, as aplicações práticas desses resultados (GOTO et al., 2004; GOTO; ISHII; TAKAMATSU, 2004; GOTO; SATO; TAKAMATSU, 2003) são infundadas no que diz respeito as adaptações neuromusculares.

Em contrapartida, é importante salientar que, no decorrer da discussão referente aos seus achados, Goto et al. (2004) recomendam que futuras investigações

realizem um controle mais rigoroso do volume de treinamento imposto nos diferentes protocolos experimentais.

Efetivamente, na condição DS, mais séries e repetições foram realizadas nos três estudos (GOTO et al., 2004; GOTO; ISHII; TAKAMATSU, 2004; GOTO; SATO; TAKAMATSU, 2003), resultando em maior VTT comparado ao TRAD. Portanto, as condições experimentais não estavam equalizadas com relação ao volume de treinamento.

Considerando a relação de dose-resposta entre o volume do TF e a hipertrofia muscular (BAZ-VALLE et al., 2022; BRIGATTO et al., 2019; FIGUEIREDO; DE SALLES; TRAJANO, 2018; SCHOENFELD et al., 2019; SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017), fica em aberto a possibilidade de que as adaptações neuromusculares superiores observadas no DS estejam associadas ao aumento no volume de treinamento, em oposição a qualquer possível benefício mecanicista diretamente relacionado ao método DS em si (SCHOENFELD, 2011).

Fisher, Carlson e Steele (2016) aleatorizaram voluntários treinados (homens, $n = 13$; mulheres, $n = 28$) para uma de três condições experimentais: (i) série única entre 8-12RM (TRAD); (ii) uma série de 8-12RM seguida por um *drop* de 30% e a realização de mais uma série até a falha muscular (DS) e (iii) uma série de 4RM seguida de duas séries realizadas após reduções de 20% no peso mobilizado (DS duplo). Os protocolos foram executados duas vezes por semana (2x/sem) ao longo de 12 semanas de intervenção. As rotinas de TF foram compostas por exercícios que enfatizam diversos grupos musculares, entretanto, o DS foi executado apenas nos exercícios puxada, *chest press* e *leg press*.

Ainda que os grupos experimentais não tenham sido equalizados quanto ao volume de treinamento e o DS tenha resultado em maior VTT, não foram observadas diferenças significantes entre condições para parâmetros de composição corporal (massa livre de gordura). Conquanto os resultados não tenham demonstrado diferenças entre condições, a análise da massa livre de gordura foi realizada por meio da pletismografia por deslocamento de ar, avaliação que apresenta baixa reprodutibilidade entre medidas (~12%) (NOREEN; LEMON, 2006) e possui pouca sensibilidade para detectar alterações no tecido muscular, pois contém um erro inerente ao considerar outros componentes como “massa isenta de gordura” (*i.e.* ossos, água corporal, etc) (KENDALL et al., 2017; WANG et al., 1998).

Outros estudos investigaram os efeitos do DS em desfechos neuromusculares em comparação ao TRAD considerando a equalização do volume de treinamento entre condições (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2017; ENES et al., 2021; FINK et al., 2018; OZAKI et al., 2018; VAROVIĆ et al., 2021).

Utilizando um desenho experimental intra-sujeito, Angleri, Ugrinowitsch e Libardi (2017) compararam as adaptações morfofuncionais induzidas pelo DS e TRAD com volume equalizado entre protocolos. De maneira aleatorizada, 16 homens treinados (experiência no TF: $6,4 \pm 2,0$ anos e força máxima relativa [1RMr: peso mobilizado no teste de 1RM relativizado pela massa corporal total] $\geq 130\%$ no exercício agachamento) realizaram as seguintes condições: uma perna foi designada para o TRAD ($n = 16$), enquanto que a perna contralateral foi designada para o DS ($n = 16$). Os protocolos de TF foram realizados utilizando os exercícios *leg press* e cadeira extensora unilateral, 2x/sem ao longo de 12 semanas de intervenção (24 sessões).

Com o intuito de equalizar o VTT e proporcionar uma progressão adequada entre condições, registros do histórico de TF dos voluntários foram utilizados para determinar o volume de treinamento inicial de cada participante. O VTT inicial foi definido como 120% do VTT comumente realizado pelos voluntários nas duas semanas anteriores ao início da pesquisa. Tal procedimento foi adotado com o objetivo de evitar incrementos ou reduções abruptas do volume de treinamento no início do estudo em comparação ao volume que os participantes vinham utilizando em suas rotinas de TF.

Na condição TRAD, foram realizadas 3-5 séries de 6-12 repetições com 75%1RM em cada exercício (dois minutos de intervalo entre séries e exercícios). Como o peso utilizado nas séries foi relativo a 75%1RM de cada exercício, os autores relatam que, possivelmente, alguns voluntários não realizaram as duas primeiras séries até a falha concêntrica, mas todos atingiram a falha ou chegaram muito próximo na terceira série de cada exercício.

Na condição DS, o voluntário executava o método até atingir o mesmo VTT acumulado pela perna TRAD (sempre treinada antes). As séries do protocolo foram realizadas da seguinte maneira: peso inicial – repetições até a falha – redução de 20% – repetições até a falha – redução de 20% – repetições até a falha. Se o VTT para cada exercício fosse atingido antes que determinada série fosse finalizada, o exercício era interrompido (*e.g.* VTT atingido após o primeiro *drop*, nesse caso, o segundo *drop* não era realizado) a fim de garantir a equalização com o TRAD.

A força máxima foi avaliada pelo teste de 1RM nos exercícios leg press e cadeira extensora unilateral, enquanto que a ASTA do músculo vasto lateral foi analisada por meio de ultrassonografia (US). Os resultados demonstraram incrementos similares entre protocolos para 1RM (aumento médio dos dois exercícios;

TRAD: 24,1%; DS: 22,0%) e ASTA (TRAD: 7,6%; DS: 7,8%) (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2017).

Ao discutir os resultados observados, os autores destacam que, após todos os cuidados metodológicos utilizados, dentre eles, considerar o histórico de TF dos participantes; utilização de desenho intra-sujeito para reduzir a variabilidade entre indivíduos (MACINNIS et al., 2017) e equalização do VTT entre condições, os protocolos DS e TRAD apresentaram aumentos semelhantes na força e massa muscular (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2017). Nesse contexto, sugerem que se o DS promove alguma superioridade nas adaptações neuromusculares em comparação ao TRAD, tal fenômeno se deve ao maior VTT associado ao DS e não pelo sistema de treinamento em si (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2017, 2020).

Em outro estudo com desenho experimental intra-sujeito, Ozaki et al. (2018) compararam o DS com protocolos de TF envolvendo diferentes intensidades. Nove homens não treinados tiveram seus braços aleatorizados para realizar o exercício rosca bíceps unilateral em uma de três condições: alta intensidade ($n = 6$): 3x80%1RM (3', *i.e.* pausa de três minutos entre séries); baixa intensidade ($n = 6$): 3x30%1RM (90", *i.e.* noventa segundos entre séries) e DS ($n = 6$): 1x80%1RM seguida por quarto *drops*: 65%, 50%, 40% e 30%1RM (intervalo mínimo para reajuste do peso). Nos três protocolos, todas as séries foram conduzidas até a FMC. As sessões de TF foram realizadas 2-3x/sem ao longo de 8 semanas de intervenção.

O VTT foi significativamente maior na condição baixa intensidade em comparação ao DS e alta intensidade. Foram observados aumentos significantes na CVMI e 1RM dos flexores do cotovelo apenas nos protocolos DS e alta intensidade. Por outro lado, a resistência de força, mensurada no teste de repetições máximas com

30%1RM apresentou aumento significativo apenas nos protocolos DS e baixa intensidade. Por fim, a ASTA dos músculos flexores do cotovelo (braquial + bíceps braquial) aumentou de maneira similar nas três condições experimentais (OZAKI et al., 2018).

Embora tenha utilizado um desenho intra-sujeito, o trabalho de Ozaki et al. (2018) consiste em um estudo piloto, portanto, possui baixo poder amostral. Ainda, o estudo não equalizou o VTT entre condições, dessa maneira, o volume de treinamento acaba sendo uma variável confundidora para a interpretação dos achados.

Em outro estudo utilizando exercícios para membros superiores, Fink et al. (2018) aleatorizaram 16 homens destreinados (ao menos um ano sem praticar TF) para realizar o exercício tríceps *pulley* em uma de duas condições: TRAD ($n = 8$), 3x12RM (90") ou DS ($n = 8$), 1X12RM + dois *drops* de 20%. O treinamento foi realizado 2x/sem ao longo de seis semanas de intervenção. A fim de minimizar um possível efeito confundidor dos hábitos nutricionais, os voluntários foram orientados a manter seus hábitos alimentares regulares e ambos os grupos reportaram o consumo calórico e de macronutrientes (*i.e.* carboidratos, lipídios e proteínas) por meio de recordatório nutricional. Não foram observadas diferenças entre grupos para as variáveis alimentares e para o VTT.

Quanto aos resultados observados para os desfechos primários, a força muscular no teste de 12RM para o exercício tríceps *pulley* apresentou aumento significativo e sem diferença entre grupos ($16,1 \pm 12,1\%$, tamanho do efeito [TE] = 0,88 e $25,2 \pm 17,5\%$, TE = 1,34 para o DS e TRAD, respectivamente). Com relação a adaptação morfológica, o aumento da ASTA do músculo tríceps braquial no grupo DS foi virtualmente o dobro em comparação ao incremento observado no TRAD (10,0% *versus* 5,1%). Embora não tenha sido observada diferença estatística entre grupos

(possivelmente devido ao baixo poder amostral do estudo), o TE entre condições favoreceu o DS (diferença de 0,26) sugerindo um benefício hipertrófico modesto.

Conquanto o estudo de Fink et al. (2018) tenha reportado que o VTT foi quantificado em todas as sessões de treinamento da intervenção e não apresentou diferenças significantes entre condições, cabe observar que os valores reportados e, conseqüentemente, comparados estatisticamente são referentes a uma única sessão de treinamento (DS: $38,3 \pm 6,7\text{kg}$; TRAD: $38,9 \pm 6,3\text{kg}$, $p > 0,5$). Adicionalmente, não é descrito qual dentre as 12 sessões foi considerada para a comparação entre grupos. Ainda que os valores reportados possam contemplar uma média das 12 sessões (informação não descrita no trabalho), o VTT de uma sessão não representa o acúmulo de volume ao longo de todo o período de intervenção (seis semanas).

Conforme o indivíduo repete as sessões de treinamento, é esperado que ele se adapte ao estímulo e aumente sua capacidade de trabalho (progressão do volume), sendo assim, é possível que apenas uma sessão não seja suficiente para confirmar a equalização do VTT, uma vez que os grupos experimentais podem apresentar capacidade de progressão distintas, culminando em maior VTT acumulado ao longo da intervenção para uma das condições.

Portanto, na ausência de dados que melhor representem essa comparação, é prudente conceber que o volume de treinamento acabou sendo uma possível variável de confusão para a interpretação dos achados.

Em condições de VTT equalizado, Enes et al. (2021) compararam os efeitos do DS, RP e TRAD na força máxima dinâmica ($1\text{RM}_{\text{AGACH}}$: 1RM no exercício agachamento) e espessura muscular (EM) proximal, média e distal (30%, 50% e 70% do comprimento do segmento) da porção lateral da coxa (vasto lateral + vasto

intermédio) de homens treinados ($5,1 \pm 1,7$ anos de experiência e razão $1RM_{AGACH}/$ massa corporal $1,7 \pm 0,2$). Os voluntários foram aleatorizados em um de três grupos experimentais: DS ($n = 9$), $3 \times 10 + 6$ (dez repetições [75%1RM] seguidas por mais seis repetições [55%1RM]); RP ($n = 10$), $3 \times 10 + 6$ (dez repetições [75%1RM]; 20 segundos de pausa; seis repetições [75%1RM]) e TRAD ($n = 9$), 4×12 (70%1RM).

Os protocolos de treinamento foram realizados 2x/sem ao longo de oito semanas de intervenção (16 sessões). Os exercícios das sessões seguiram a seguinte ordem: agachamento, *leg press*, cadeira extensora, *stiff legged deadlift* e cadeira flexora. Intervalos de dois minutos foram utilizados entre séries e exercícios. Não foram observadas diferenças entre grupos para as variáveis alimentares (macronutrientes e calorias totais) e para o VTT ao longo da intervenção.

Quanto aos resultados observados para os desfechos neuromusculares, todos os grupos apresentaram aumentos significantes no $1RM_{AGACH}$ ($\Delta\%$: 14,5%, 18,5% e 12,4%; TE: 0,93; 1,18 e 0,81; para DS, RP e TRAD, respectivamente). Adicionalmente, os ganhos de força do grupo RP foram significativamente maiores em comparação ao TRAD, sem outras diferenças entre condições.

A EM das regiões proximal ($\Delta\%$: 11,6%, 8,8% e 14,2%; TE: 0,62; 0,71 e 0,80 para DS, RP e TRAD, respectivamente) e média ($\Delta\%$: 7,7%, 5,1% e 6,5%; TE: 1,06; 0,72 e 0,59 para DS, RP e TRAD, respectivamente) da coxa lateral apresentaram aumento significativo em todos os grupos, porém, não foram observadas alterações na região distal em nenhuma das condições ($\Delta\%$: 1,2%, 7,3% e 0,8%; TE: 0,24; 0,70 e 0,07 para DS, RP e TRAD, respectivamente). Adicionalmente, nenhuma das variáveis de EM apresentou diferenças entre grupos.

Com base nos resultados observados, os autores concluem que: (i) o RP proporciona um benefício ligeiramente superior nas adaptações de força máxima dinâmica em comparação ao TRAD; (ii) DS e RP não promovem adaptações hipertróficas superiores ao TRAD quando o VTT é equalizado e (iii) ainda que os protocolos de TF não tenham proporcionado aumentos significantes na EM distal da coxa lateral, a magnitude do efeito das intervenções (TE) tende a favorecer o RP (ENES et al., 2021).

Ainda, ponderam que os resultados podem ter sido influenciados por mudanças no programa habitual de TF dos voluntários. Como o volume de TF comumente realizado pelos participantes não foi considerado, é possível que tenham ocorrido incrementos ou reduções abruptas do volume de treinamento no início do estudo em comparação ao volume que os participantes vinham utilizando em suas rotinas de TF. Tal condição pode ser considerada como potencial variável de confusão, uma vez que, para sujeitos treinados, a magnitude da resposta hipertrófica pode ser influenciada pelo volume prévio de treinamento (SCARPELLI et al., 2020).

No entanto, os autores descrevem que entrevistas após a finalização do estudo relevaram que o volume da intervenção foi semelhante ao que os participantes comumente realizavam para membros inferiores (24 a 32 séries semanais, realizadas uma ou duas vezes por semana) (ENES et al., 2021).

Em outra publicação referente ao mesmo estudo (ENES et al., 2021), Enes et al. (2022) reportaram os resultados de força máxima (1RM) e resistência de força (teste de repetições máximas com 60%1RM) para o exercício *leg press*.

Todos os grupos apresentaram aumentos significantes no 1RM ($\Delta\%$: 8,4%, 15,8% e 10,6% para DS, RP e TRAD, respectivamente) e 60%1RM ($\Delta\%$: 34,1%,

16,0% e 25,3% para DS, RP e TRAD, respectivamente). Adicionalmente, os ganhos de força máxima do grupo RP foram significativamente maiores em comparação ao DS. Contrariamente, para a resistência de força, o DS apresentou incrementos superiores em comparação aos outros protocolos.

Os autores sugerem que as características estruturais dos diferentes métodos podem elucidar as respostas observadas. No grupo DS, o peso foi reduzido em 20% entre a 10^a e 11^a repetição de cada série, enquanto que no RP uma pausa de 20 segundos era aplicada entre as repetições 10 e 11, mas o peso não era alterado. Nesse sentido, mais repetições associadas a maiores %1RM (16 com 75%1RM no RP e dez com 75%1RM no DS) podem explicar os ganhos de força máxima superiores do RP em comparação ao DS (SCHOENFELD et al., 2017).

Por outro lado, enquanto o RP envolveu intervalos intra-série (20 segundos entre as repetições 10 e 11), o DS consistia em uma pequena pausa, apenas o tempo suficiente para que o peso fosse reduzido (~1-2 segundos). Assim sendo, é possível que o TST mais contínuo experimentado na condição DS tenha promovido maior estresse metabólico, culminando em aumento da capacidade de tamponamento intramuscular em magnitude superior ao método RP. Essas possíveis adaptações podem explicar as diferenças observadas entre DS e RP no que tange a resistência de força (ENES et al., 2022).

Utilizando um desenho experimental intra-sujeito, Varović et al. (2021) compararam as adaptações morfofuncionais induzidas pelo DS e TRAD. De maneira aleatorizada, 16 homens treinados (experiência no TF ≥ 1 ano) realizaram as seguintes condições: uma perna foi designada para o TRAD ($n = 16$), enquanto que a perna contralateral foi designada para o DS ($n = 16$). Os protocolos de TF foram realizados

na cadeira extensora unilateral, 1-3x/sem ao longo de 8 semanas de intervenção (21 sessões).

Com o intuito de suprimir qualquer possível benefício de desempenho ao longo do estudo, a perna que iniciava o TF foi alternada a cada sessão. O protocolo DS foi realizado com a seguinte estruturação: série inicial de 3-7RM – redução de 20% – repetições até a falha – redução de 10-15% – repetições até a falha. No protocolo TRAD, os voluntários realizaram séries de 13-17RM. O número de séries por sessão aumentou progressivamente ao longo da intervenção (3-5 séries/sessão), progredindo de 3 para 15 séries semanais em ambos os protocolos.

Ambas as condições resultaram em incrementos similares para o pico ($\Delta\%$: DS, 21,7%; TRAD, 22,5%) e média ($\Delta\%$: DS, 23,6%; TRAD, 22,5%) do torque isocinético de extensão de joelhos. Igualmente, a força máxima dinâmica (1RM na cadeira extensora unilateral) aumentou de maneira significativa nos dois protocolos ($\Delta\%$: DP, 34,6%; TRAD, 32,0%). Não foram observadas diferenças entre protocolos para nenhuma das variáveis de força.

A EM das regiões proximal, média e distal (30%, 50% e 70% do comprimento do segmento) do músculo reto femoral aumentaram de maneira significativa no DS (proximal: 17,7%; média: 8,3% e distal: 7%) e TRAD (proximal: 3,7%; média: 3,6% e distal: 8,4%), entretanto, a magnitude da resposta hipertrófica foi significativamente maior no DS em comparação ao TRAD para as regiões proximal e média. Os dois protocolos apresentaram aumento significativo para a EM da região proximal do músculo vasto lateral (DS: 8,1%; TRAD: 5,2%), sem diferenças entre condições. Não foram observadas diferenças significantes intra- (pré vs pós) ou entre condições (DS vs TRAD) para a EM das regiões média e distal do vasto lateral.

Entretanto, o VTT acumulado ao longo da intervenção foi significativamente maior na condição DS. Consequentemente, fica em aberto a possibilidade de que as adaptações neuromusculares superiores observadas no DS estejam associadas ao aumento no volume de treinamento, em oposição a qualquer possível benefício mecanicista diretamente relacionado ao método em si.

Conquanto o DS esteja bem estabelecido como um método avançado de TF, reconhecido e consagrado no ambiente prático enquanto estratégia para maximização da hipertrofia muscular, sua eficácia (*i.e.* em comparação ao TRAD, proporcionar adaptações neuromusculares de maior magnitude) não foi bem estabelecida em estudos controlados e aleatorizados, uma vez que os estudos que investigaram o DS apresentam resultados conflitantes entre si (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2017; BERGER; HARDAGE, 1967; ENES et al., 2021, 2022; FINK et al., 2018; FISHER; CARLSON; STEELE, 2016; GOTO et al., 2004; OZAKI et al., 2018; VAROVIĆ et al., 2021).

Além disso, a escassez de ensaios aleatorizados sobre o tema, as conclusões conflitantes dentre os estudos existentes, a disparidade metodológica e a heterogeneidade das amostras estudadas dificultam consideravelmente traçar comparações quanto as alterações absolutas observadas nos desfechos neuromusculares entre os estudos. Diversas variáveis como, estruturação dos protocolos de treinamento, seleção de exercícios, controle nutricional, duração do estudo e características dos participantes podem influenciar os resultados. Talvez ainda mais importante, a equalização do volume de treinamento entre condições experimentais e a forma como os estudos consideraram (ou não) o volume prévio de treinamento dos participantes antes do início das intervenções variou consideravelmente entre os trabalhos (alguns não consideraram o volume prévio e/ou

não equalizaram o volume de treinamento), podendo caracterizar fatores de confusão que influenciaram os resultados observados.

No intuito de sumarizar os achados da literatura, duas revisões sistemáticas com meta-análise recentemente publicadas (COLEMAN et al., 2022; SØDAL et al., 2023) analisaram os efeitos do DS nas adaptações neuromusculares. De maneira geral, os estudos considerados elegíveis e inclusos em ambas as revisões são os mesmos (ANGLER; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2017; ENES et al., 2021; FINK et al., 2018; OZAKI et al., 2018; VAROVIĆ et al., 2021), com exceção do estudo de Fisher; Carlson; Steele (2016) que foi incluído na análise qualitativa, mas excluído (falta de informações) da análise quantitativa de Sødal et al. (2023). Portanto, ambas as revisões consideraram os mesmos cinco estudos em suas respectivas meta-análises.

Com relação a força máxima, somente a revisão de Coleman et al. (2022) analisou essa variável. Os resultados da meta-análise não apresentaram diferenças entre DS e TRAD para os desfechos de força (TE e 95% do intervalo de confiança: TE = 0,07; 95% IC = -0,14 a 0,29) (COLEMAN et al., 2022).

Para o desfecho hipertrofia, nenhuma das meta-análises apresentou diferenças entre DS e TRAD: TE = 0,08 (95% IC = -0,08 a 0,24) (COLEMAN et al., 2022); TE = 0,155 (95% IC = - 0,199 a 0,509), $p = 0,392$ (SØDAL et al., 2023).

Convergentemente, os resultados de ambas as meta-análises demonstraram que o DS produz efeitos semelhantes ao TRAD na força e hipertrofia muscular (COLEMAN et al., 2022; SØDAL et al., 2023). Entretanto, os resultados precisam ser considerados sob a ótica do prisma das limitações inerentes ao corpo de evidências disponíveis sobre o tema.

A maior limitação das meta-análises apresentadas é que apenas cinco estudos elegíveis analisaram o efeito do DS nas adaptações morfofuncionais. Assim, os resultados são preliminares. Ademais, embora a qualidade metodológica dos trabalhos incluídos foi, em geral, considerada boa, individualmente os estudos contêm amostras relativamente pequenas. Isto realça a respectiva escassez de investigações sobre o DS, ressaltando a necessidade de cautela na extração de inferências baseadas em evidências da literatura atual.

Portanto, expostas as devidas considerações e contextualizações, baseado no atual corpo de evidências, o DS promove adaptações neuromusculares em magnitude similar ao TRAD.

2.2 *Rest-pause*: estruturação, mecanismos fisiológicos e adaptações neuromusculares

Os métodos conhecidos popularmente como *cluster sets* (CS) e *rest-pause* (RP) foram difundidos amplamente por Arthur Jones e Mike Mentzer na década de 1970 (DE SALLES, 2020). Ainda que evidências anedóticas remetam à década de 1950, o CS foi reportado pela primeira vez na literatura científica por Roll e Omer (1987) e mais tarde também foi descrito por Verkhoshansky (VERKHOSHANSKY; SIFF, 2009).

O CS pode ser definido como qualquer estruturação de série que envolve a inclusão predeterminada de intervalos intra-série (*e.g.* intervalos entre cada repetição ou entre conjuntos de repetições) (TUFANO; BROWN; HAFF, 2017). Embora não seja consensual na literatura científica (TUFANO; BROWN; HAFF, 2017), o método RP é caracterizado como um modelo de estruturação de CS em diversos livros-texto sobre o TF (DE SALLES, 2020; FLECK; KRAEMER, 2014, 2017; HAFF; TRIPLETT, 2016;

KRAEMER; HÄKKINEN, 2000; PRESTES et al., 2016; VERKHOSHANSKY; SIFF, 2009) e publicações científicas (DAVIES et al., 2021; KASSIANO et al., 2021a, 2022a; LATELLA et al., 2019; TUFANO; BROWN; HAFF, 2017). Nesse contexto, os modelos de CS podem estruturar-se como: *intra-set rest* (ISR), *inter-repetition rest* (IRR) ou RP (Figura 2).

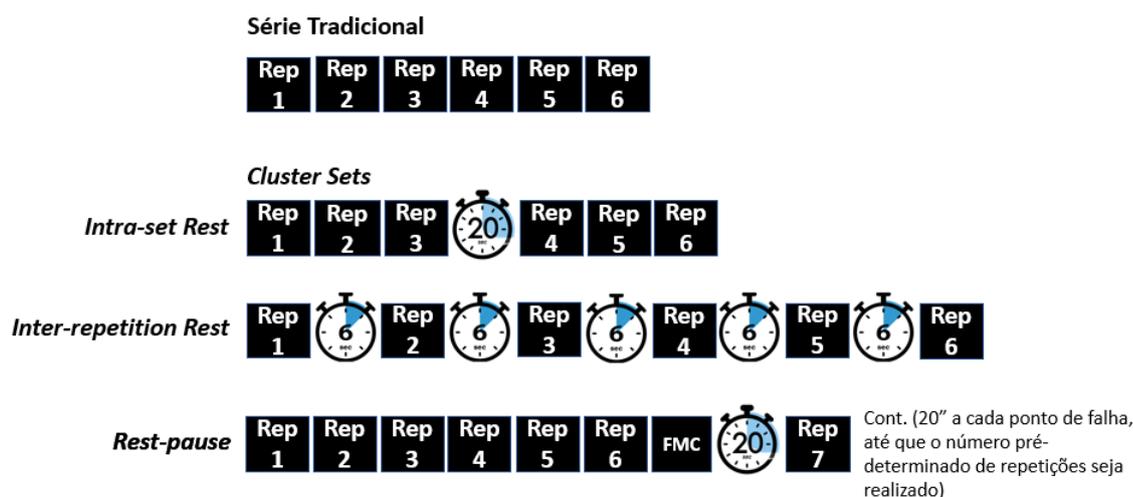


Figura 2. Exemplo ilustrativo de diferentes estruturas de *cluster-sets* em comparação ao modelo tradicional.

Rep = repetições; FMC = falha muscular concêntrica; Cont. = continuação.

Adaptado de: Latella et al. (2019).

Basicamente, no CS realiza-se uma única repetição (*i.e. inter-repetition rest*) ou blocos de duas a cinco repetições (*i.e. intra-set rest*) e faz-se o descanso (dois a 30 segundos), para depois se realizar nova repetição ou bloco de repetições, até completar 6-10 repetições totais (ou mais) sem o alcance da FMC, mesmo em associação com intensidades acima de 75%1RM (DE SALLES, 2020; LATELLA et al., 2019).

De uma perspectiva prática, a implementação de intervalos intra-série (ISR) ou entre repetições (IRR) possibilita que um maior volume de treinamento seja

alcançado com determinada sobrecarga externa (peso mobilizado). Utilizando um exemplo hipotético para demonstrar esse possível potencial prático do CS, um indivíduo que consiga, com um peso referente a 75%1RM, realizar no máximo 10RM, poderia aumentar o número de repetições executadas com o mesmo peso utilizando cinco blocos de quatro repetições com 30 segundos de intervalo entre blocos (ISR), ou, 20 repetições com seis segundos de intervalo entre cada repetição (IRR). Nos dois exemplos, o número de repetições com a mesma intensidade relativa seria dobrado.

Em comparação ao TRAD, essas estratégias podem: atenuar a redução da velocidade de movimento e da produção de potência durante e após o TF; proporcionar aumento do VTT da sessão; reduzir a percepção subjetiva de esforço (PSE) do praticante e preservar a técnica de execução (LATELLA et al., 2019; TUFANO; BROWN; HAFF, 2017). Conquanto essas respostas agudas não necessariamente se traduzam em adaptações crônicas superiores ao TRAD para os desfechos força muscular, potência e velocidade do movimento (DAVIES et al., 2021), a premissa de aplicação do ISR e IRR esta pautada na utilização de altas intensidades e preservação do desempenho neuromuscular, portanto, atenuação da instauração do processo de fadiga. Assim sendo, a FMC é intencionalmente evitada nesses protocolos (KASSIANO et al., 2022a).

Contrariamente, o RP preconiza a FMC em sua aplicação (DE SALLES, 2020; TUFANO; BROWN; HAFF, 2017). Nesse método, como não ocorre redução do peso mobilizado, a continuidade do estímulo é obtida com a aplicação de intervalos de recuperação curtos (e.g. 20 segundos), o que possibilita repetições adicionais subsequentes à falha muscular (ENES et al., 2021; PRESTES et al., 2019). Esse procedimento, intervalo curto e repetições adicionais, pode ser repetido dentro do mesmo estímulo: (i) até que determinado número de séries estipuladas seja alcançado

(e.g. bloco com dois intervalos, totalizando três séries); (ii) ou quantas vezes forem necessárias para que um número predeterminado de repetições totais seja realizado (e.g. 20 repetições); (iii) ou ainda, até que seja possível executar apenas 1RM (ENES et al., 2021; PRESTES et al., 2019). Ainda que apresente procedimentos semelhantes aos outros modelos de CS, o RP se diferencia essencialmente no uso da FMC, procedimento que impossibilita a predefinição do número de repetições (exceto na série inicial) que será realizado em cada bloco, como é feito no ISR.

Fisiologicamente, o RP é baseado na recuperação parcial dos estoques energéticos. Durante as pausas entre os exercícios de alta intensidade, ocorrem processos metabólicos como a ressíntese de fosfocreatina (PCr), o tamponamento de H^+ e a remoção do lactato produzido no meio intra, para o meio extracelular (GLAISTER, 2005).

Especificamente, a ressíntese de PCr pode ser considerada como o principal processo metabólico intramuscular durante as pausas. Esse processo envolve a refosforilação da creatina, com gasto de ATP (adenosina trifosfato) pela enzima creatina quinase e possui um padrão bi exponencial, com um componente rápido e outro lento (WALTER et al., 1997). A meia vida do componente rápido é de ~21-22 segundos, proporcionando ressíntese de aproximadamente 50% dos estoques de PCr (em relação aos valores basais), enquanto que a meia vida do componente lento é de mais de 170 segundos e contabiliza ~80% de ressíntese (GLAISTER, 2005).

Como o RP envolve a utilização de pequenas pausas (e.g. 20-30 segundos) após a FMC, a ressíntese parcial dos estoques de PCr possibilita a continuidade do estímulo com manutenção da intensidade relativa.

Dessa maneira, executar repetições adicionais, possibilitadas pela aplicação de um curto intervalo de recuperação após atingir a falha muscular em uma série, pode proporcionar maior magnitude de fadiga das UMs, culminando, potencialmente, em resposta anabólica superior (SCHOENFELD, 2011).

Adicionalmente, a realização de um elevado número de repetições acumuladas entre períodos mínimos de descanso possibilita maior TST, proporcionando acentuado estresse metabólico e aumento da isquemia/hipóxia local, ativação muscular e inchaço celular, distúrbios celulares que podem potencializar os mecanismos relacionados a resposta hipertrófica (ANGLERI et al., 2020; DANKELE et al., 2017a; SCHOENFELD, 2011, 2010, 2013; SCHOENFELD et al., 2021a). Além disso, o RP pode maximizar a tensão mecânica por prolongar o TST realizado com altas intensidades relativas (MARSHALL et al., 2012; PRESTES et al., 2019).

Assim sendo, o RP proporciona uma condição de elevado nível de fadiga (sucessivas séries conduzidas até a FMC) combinada com manutenção da intensidade relativa (%1RM), culminando, dessa maneira, em maior magnitude de trabalho mecânico (e.g. VTT) (ENES et al., 2021). Conquanto os mecanismos subjacentes ainda não estejam bem elucidados, especula-se que maiores níveis de trabalho mecânico induzem alterações nas vias de sinalização relacionadas à biogênese ribossomal e à SPM (FIGUEIREDO; DE SALLES; TRAJANO, 2018; HAMMARSTRÖM et al., 2019), processos moleculares que potencializam o aumento de massa muscular (DAMAS; LIBARDI; UGRINOWITSCH, 2018; FIGUEIREDO, 2019).

Kassiano et al. (2022) analisaram os efeitos agudos de diferentes configurações de treinamento no desempenho neuromuscular. Vinte e oito sujeitos treinados (15 homens e 13 mulheres, experiência no TF: $6,8 \pm 3,5$ anos) realizaram

quatro protocolos de TF de maneira aleatorizada e contrabalanceada: *inter-repetition rest* (IRR), tradicional (TRAD), tradicional com FMC (TRAD-F) e *rest-pause* (RP). Os protocolos foram executados no exercício agachamento e um intervalo de sete dias foi adotado entre condições.

As sessões de TF foram realizadas com equalização do VTT. Para tanto, os voluntários completaram 60 repetições com a mesma intensidade relativa (15RM) em todas as condições. Desse modo, os protocolos experimentais diferenciaram-se apenas na estruturação das séries: (i) IRR, 60 repetições intercaladas com intervalos de 10 segundos; (ii) TRAD, 5x12 (série interrompida com ~3 repetições antes da FMC) com 180 segundos de intervalo entre séries; (iii) TRAD-F, 5x15RM com 200 segundos de intervalo entre séries; e (iv) RP, séries realizadas até a FMC intercaladas com intervalos de 30 segundos, até que 60 repetições fossem completadas.

O desempenho neuromuscular foi avaliado por meio do pico de torque isocinético dos extensores e flexores do joelho em duas velocidades angulares (90 e 120°/s) em três momentos (antes, imediatamente após e 30 minutos após o TF).

O pico de torque imediatamente e 30 minutos pós-TF manteve-se similar ao momento pré-TF para as duas ações musculares e velocidades angulares na condição IRR. Nas condições TRAD, TRAD-F e RP, o pico de torque dos extensores do joelho em 90 e 120°/s apresentou redução significativa imediatamente e 30 minutos após o TF (-8,1% a -17,7%), sendo que a redução em 120°/s foi significativamente maior no RP (-17,7%) em comparação ao TRAD (-10,8%). Para os flexores de joelho em 90-120°/s, as condições TRAD, TRAD-F e RP resultaram em redução significativa imediatamente e 30 minutos após o TF (-10,1% a -21,2%), exceto para o TRAD que, após 30 minutos, apresentou retorno aos valores basais (-3,6%) e desempenho

superior em comparação ao TRAD-F e RP (-16,8% e -21,2%, respectivamente) para o torque flexor em 120°/s.

Os autores concluem que o protocolo IRR parece ser uma estratégia mais apropriada para a manutenção do desempenho neuromuscular de membros inferiores (KASSIANO et al., 2022a).

Em outra publicação referente ao mesmo estudo, Kassiano et al. (2021) compararam os efeitos do IRR, TRAD, TRAD-F e RP em índices de variabilidade da frequência cardíaca (domínio do tempo) e na carga interna de treinamento (CIT, produto da PSE da sessão x número de repetições). Exceto para a condição IRR, todos os protocolos reduziram significativamente os índices de variabilidade da frequência cardíaca 30 minutos após o TF, sendo que o RP apresentou a maior magnitude de redução (diferença para as outras condições $\leq -46,7\%$) e os maiores valores de CIT (diferença $\geq 68,9\%$) em comparação aos outros modelos de treinamento. Os resultados sugerem que o RP resulta em reduções mais consideráveis na atividade parassimpática (indicativo da magnitude do estresse imposto ao sistema autonômico pela sessão de TF) e maior magnitude de CIT (indicativo do estresse psicobiológico imposto pelo TF). Contrariamente, o IRR proporciona menor estresse autonômico e psicobiológico (KASSIANO et al., 2021a).

Essas diferenças estruturais/fisiológicas e, conseqüentemente, no comportamento do desempenho neuromuscular durante e após o TF sugerem que a implementação dos protocolos ISR e IRR pode ser melhor direcionada para maximização de desfechos relacionados à força máxima, potência e velocidade/técnica de execução, enquanto que o RP teria aplicabilidade mais relevante para a hipertrofia muscular (ENES et al., 2021; KASSIANO et al., 2022a; LATELLA et al., 2019; PRESTES et al., 2019).

Porquanto no RP a FMC é considerada procedimento essencial, esse modelo de TF culmina em maior magnitude de fadiga e, conseqüentemente, capacidade inferior de preservação do desempenho neuromuscular em comparação aos outros modelos de CS (que não preconizam a falha), (KASSIANO et al., 2022a; LATELLA et al., 2019). Dessa maneira, o ISR e IRR possibilitam acumular uma grande quantidade de volume (e.g. número de repetições) com maior velocidade de execução (e.g. deslocamento da barra) e intensidades relativas mais elevadas (%1RM), estímulos mecânicos associados com a maximização da força e potência muscular (BLAZEVIICH et al., 2020; CREWETHER; CRONIN; KEOGH, 2005; PEREIRA; GOMES, 2003).

Por outro lado, os métodos CS que intencionalmente evitam a falha resultam em menor magnitude de estresse metabólico (GARCÍA-RAMOS et al., 2020; GIRMAN et al., 2014; GOTO et al., 2005), fator fisiológico que pode potencializar os mecanismos relacionados a resposta hipertrófica (ANGLERI et al., 2020; DANDEL et al., 2017a; SCHOENFELD, 2011, 2010, 2013; SCHOENFELD et al., 2021a). Adicionalmente, é possível que a execução das séries sob menor condição de fadiga volitiva (e.g. não-falha) represente um estímulo inferior desses protocolos para a hipertrofia muscular.

Embora revisões sistemáticas com meta-análise tenham demonstrado que protocolos de FMC não promovem hipertrofia superior à condição não-falha (GRGIC et al., 2021; REFALO et al., 2023; VIEIRA et al., 2021), a “proximidade da falha” (i.e. número de repetições restantes em uma série antes da FMC) parece influenciar especificamente a exposição das fibras musculares à tensão mecânica, estímulo considerado primordial para a hipertrofia (REFALO et al., 2022).

À medida em que determinada série se aproxima da falha, mais repetições são completadas (aumentando o volume total [repetições x peso mobilizado]),

ampliando progressivamente a ativação e fadiga de mais UMs, culminando, em última instância, na exposição das fibras do tipo II (que apresentam maior capacidade de hipertrofia em comparação as fibras do tipo I [TESCH, 1988]) a maiores níveis de tensão mecânica (CARPINELLI, 2008; MORTON et al., 2019).

Assim sendo, a FMC não seria mandatória para o crescimento muscular, mas a magnitude da hipertrofia provavelmente dependerá do número de fibras ativadas e fadigadas (DANKEL et al., 2017b). Portanto, o estímulo da série precisa ser suficiente (proximidade da falha) para que a ativação e fadiga do maior número possível de UMs ocorra em níveis ótimos (CARPINELLI, 2008; REFALO et al., 2022; SCHOENFELD; GRGIC, 2019).

Nesse sentido, a evidência atual sugere que para o desfecho hipertrofia muscular: (i) séries realizadas com limiares de redução de velocidade mais elevados ($> 25\%$ vs $\leq 25\%$, ou seja, séries executadas, teoricamente, com maior proximidade da falha) resultam, ainda que de maneira não linear, em adaptações superiores (HICKMOTT et al., 2022; REFALO et al., 2023) e (ii) finalizar a série entre 2-3 repetições de proximidade com a falha (e.g. realizar entre 9-10 repetições com o peso que seria possível executar até 12RM) pode proporcionar respostas similares ao treino com FMC (REFALO et al., 2022, 2023; SCHOENFELD; GRGIC, 2019).

Como os sistemas ISR e IRR resultam em menor redução da velocidade de movimento e menor proximidade com a falha muscular devido aos intervalos entre repetições ou blocos de repetições, é possível que esses sistemas proporcionem adaptações morfológicas inferiores em comparação aos métodos TRAD e RP (DAVIES et al., 2021).

Goto et al. (2005) aleatorizaram 26 homens destreinados em um de três grupos experimentais: *no-rest* (grupo NR, $n = 9$), *with rest* (grupo WR, $n = 9$) e controle ($n = 8$). Os grupos NR e WR realizaram 5x10 (75%1RM) no exercício cadeira extensora. A pausa entre séries foi de um minuto em ambos os grupos, entretanto, um intervalo intra-série de 30 segundos entre a quinta e sexta repetição foi adotado no WR, caracterizando, portanto, um CS/ISR com dois blocos de cinco repetições. No grupo NR, as dez repetições da série foram realizadas sem intervalos entre repetições, caracterizando o sistema TRAD de séries.

Como ambos os grupos treinaram com a mesma intensidade relativa (75%1RM), os voluntários do grupo NR possivelmente treinaram com maior proximidade e, eventualmente, chegaram à FMC nas séries executadas. Esse comportamento é reforçado pela descrição dos protocolos de treinamento, em que os autores relatam que o peso foi ajustado ao longo das séries para que dez repetições fossem mantidas no grupo NR. Tal procedimento não foi necessário no WR (GOTO et al., 2005).

Após 12 semanas de intervenção (2x/sem), o grupo NR apresentou respostas significativamente superiores em comparação ao WR nos testes de 1RM ($66,4 \pm 5,2\%$ versus $39,0 \pm 3,7\%$, respectivamente) e resistência de força com 70%1RM ($41,8 \pm 10,2\%$ versus $7,8 \pm 8,0\%$, respectivamente) na cadeira extensora e na ASTA da porção média do músculo quadríceps femoral ($12,9 \pm 1,3\%$ versus $4,0 \pm 1,2\%$, respectivamente) (GOTO et al., 2005).

Em outro estudo, Karsten et al. (2021) analisaram os efeitos de dois protocolos de TF com volumes totais equalizados na força máxima (teste de 1RM nos exercícios supino reto e agachamento) e potência (potência média no exercício supino reto com

50%1RM e *countermovement jump*) de membros superiores e inferiores, e na EM (região média) dos músculos bíceps braquial, deltoide anterior e vasto medial.

Dezoito homens treinados (experiência no TF: 2-5 anos) foram aleatorizados em um de dois protocolos experimentais: grupo *repetition-to-failure* (RTF, $n = 9$), similar ao RP, e grupo *not-to-failure* (NTF, $n = 9$), similar ao ISR. O grupo NTF realizou 8x5 (~75%1RM) por exercício com um minuto de intervalo entre séries, enquanto que o grupo RTF realizou 4x10 (~75%1RM) com dois minutos de intervalo. Na condição RTF, caso o participante não completasse dez repetições em qualquer uma das séries, um intervalo de 30 segundos era utilizado, até que o número total de repetições (dez) fosse alcançado (procedimento similar ao realizado no RP). Ambos os grupos foram orientados a executar a ação concêntrica de todas as repetições com a maior velocidade possível.

Ao longo de seis semanas, uma sessão com exercícios enfatizando os músculos peitoral maior, flexores do cotovelo e deltoídes; e outra enfatizando os músculos dorsais (e.g. latíssimo do dorso), tríceps braquial e membros inferiores foram realizadas duas vezes por semana, totalizando quatro sessões semanais.

Ambos os grupos aumentaram a força máxima no supino reto (~13,5% e ~8% para RTF e NTF, respectivamente) e agachamento (~10,9% para ambos) de maneira similar, porém, apenas o NTF resultou em aumento significativo da potência no supino reto (~1,1% e ~3,7% para RTF e NTF, respectivamente). Nenhum dos grupos apresentou aumento no *countermovement jump*.

Com relação a EM, apenas a condição RTF resultou em aumento significativo da espessura dos músculos bíceps braquial (~8,5% *versus* ~4,9%, respectivamente) e vasto medial (~5,4% *versus* ~0,7%, respectivamente), enquanto que a EM do

deltoide anterior aumentou significativamente nas duas condições experimentais (~8,3% *versus* ~9,3%, respectivamente).

Os autores concluem que a utilização de séries fracionadas em dois blocos executados com metade do número de repetições possíveis para determinado peso (e.g. dois blocos de cinco repetições com o peso condizente com 10RM, procedimento similar ao ISR) não promove o mesmo incremento de massa muscular em comparação ao treino conduzido até a FMC, entretanto, essa estratégia resulta em ganhos similares de força máxima e é mais benéfica para a produção de potência (KARSTEN et al., 2021).

Por fim, a revisão sistemática com meta-análise conduzida por Davies et al. (2021) observou para desfechos de hipertrofia muscular um incremento médio modestamente inferior para o CS (ISR e IRR) comparado ao TRAD ($2,7 \pm 4,3\%$ *versus* $4,8 \pm 3,5\%$, respectivamente), embora a comparação entre essas diferentes magnitudes de resposta não tenham apresentado significância estatística (TE = - 0,05 \pm 0,14, 95% IC = - 0,32 a 0,23, $p = 0,73$) (DAVIES et al., 2021).

É importante ressaltar que os estudos que compararam os sistemas ISR e IRR com o TRAD equalizaram a intensidade relativa (%1RM) e o volume de treinamento entre condições (DAVIES et al., 2021). Conquanto esse cuidado metodológico proporcione validade interna adequada para comparar o real efeito dos métodos em si, os principais benefícios proporcionados pelo CS no ambiente prático podem ter sido subaproveitados: a capacidade de performar mais repetições (volume) com %1RM mais elevados (intensidade) (NAGATANI et al., 2022), variáveis que podem aumentar o TST e a tensão mecânica, fatores considerados potencializadores de mecanismos anabólicos (SCHOENFELD, 2010).

Portanto, embora possam apresentar potencial hipertrófico, sobretudo quando aplicados objetivando o uso de intensidades relativas e volume de treinamento mais elevados (DAVIES et al., 2021; NAGATANI et al., 2022), como são sistemas que inerentemente não envolvem grande magnitude de fadiga volitiva (e.g. menor proximidade da FMC), a implementação dos protocolos ISR e IRR pode ser melhor direcionada para maximização de desfechos relacionados à força máxima e potência (DAVIES et al., 2021; LATELLA et al., 2019).

Especificamente em relação as adaptações neuromusculares proporcionadas pelo RP em comparação ao TRAD, poucos estudos compararam as respostas crônicas entre os métodos (ENES et al., 2021; GIEBSING et al., 2016; KORAK et al., 2017; PRESTES et al., 2019). Dentre esses trabalhos, dois deles (GIEBSING et al., 2016; KORAK et al., 2017) classificaram como RP uma configuração de treinamento que envolve a combinação de procedimentos utilizados no IRR (intervalo entre repetições) e RP (condução do estímulo até a FMC). Embora a denominação RP tenha sido utilizada previamente para descrever sistemas que remetem ao IRR (BYRD; CENTRY; BOATWRIGHT, 1988; FLECK; KRAEMER, 2014), a utilização de intervalos entre repetições em combinação com a FMC é um procedimento menos usual, caracterizando essa junção entre IRR/RP como uma configuração “alternativa” de CS.

No estudo de Gießsing et al. (2016), 79 sujeitos treinados (homens $n = 54$, mulheres $n = 25$; experiência no TF: 4 ± 3 anos) foram aleatorizados para uma de três condições experimentais: uma série até a FMC com 60%1RM (TRAD-60, $n = 21$); uma série até a FMC com 80%1RM (TRAD-80, $n = 30$); e uma série até a FMC com 90%1RM executada com intervalos de 5-20 segundos entre repetições (RP, $n = 28$). Os três grupos realizaram os exercícios extensão de quadril, cadeira extensora e

flexora, flexão de tronco, *pull-over*, puxada, *chest press* e rosca bíceps duas vezes por semana ao longo de dez semanas (20 sessões). O VTT foi similar entre os grupos TRAD-60 e TRAD-80, mas ambas as condições resultaram em VTT menor em comparação ao RP.

Para avaliar a CVMI, um medidor de força portátil foi acoplado em cada exercício e a massa corporal magra foi mensurada por meio da bioimpedância elétrica, entretanto, o artigo não reporta valores absolutos ou relativos para as variáveis analisadas. Não foram observados aumentos significantes da CVMI para o grupo TRAD-60. Os grupos TRAD-80 e RP apresentaram aumento significativo para a CVMI nos exercícios cadeira extensora, flexão de tronco, *chest press* e rosca bíceps, enquanto que apenas o RP aumentou a força isométrica na cadeira flexora. Apenas a condição TRAD-80 resultou em aumento da massa corporal magra.

Curiosamente, a massa magra não aumentou nos protocolos TRAD-60 e RP. Além da bioimpedância não apresentar sensibilidade para detectar alterações na massa muscular, esse método é influenciado por variáveis como o nível de hidratação, fator que pode aumentar consideravelmente as taxas de erro das avaliações (LANGER et al., 2016).

Gießsing et al. (2016) concluem que o TRAD-60 não é eficaz para sujeitos treinados, enquanto que o TRAD-80 proporciona incrementos substanciais na força e composição corporal e o RP não oferece benefícios adicionais. Contudo, é importante contrapor que a falta de dados absolutos e relativos referentes as variáveis primárias, além da discrepância no VTT entre condições experimentais e a utilização de avaliação com baixa reprodutibilidade e sensibilidade para detectar alterações na massa muscular limitam consideravelmente a possibilidade de interpretação e aplicação prática/clínica dos resultados observados.

Em outro estudo que utilizou uma combinação entre IRR/RP, Korak et al. (2017) submeteram aleatoriamente 20 homens treinados (experiência no TF \geq 1 ano) para quatro semanas de TF no exercício supino reto (2x/sem) executando o método TRAD ($n = 10$; quatro séries até a FMC com 80%1RM e dois minutos de intervalo entre séries) ou RP ($n = 10$; 4x80%1RM até a FMC com quatro segundos de intervalo entre repetições e dois minutos entre séries).

O VTT acumulado ao longo das quatro semanas de intervenção foi significativamente maior no grupo RP em comparação ao TRAD ($\Delta\% = 46\%$; 24.811,7kg *versus* 16.985,9kg para RP e TRAD, respectivamente). Entretanto, ambos os grupos aumentaram a força máxima avaliada no teste de 1RM no supino reto de maneira similar ($\sim 7,9\%$ *versus* $\sim 8,2\%$ para RP e TRAD, respectivamente).

Os autores concluem que ambos os protocolos são eficientes para incrementar a força máxima dinâmica, contudo, o RP de intervalos entre repetições pode ser uma estratégia mais interessante para aumentar o VTT em sessões de treinamento que envolvem a utilização da FMC (KORAK et al., 2017).

Em estudo que utilizou uma estruturação de RP mais fidedigna à concepção do método em si, Prestes et al. (2019) compararam os efeitos longitudinais (seis semanas) do RP *versus* TRAD na força máxima, resistência de força e hipertrofia muscular. Dezoito sujeitos treinados (> 1 ano de experiência no TF) foram aleatorizados para a condição TRAD ($n = 9$, sete homens e duas mulheres) ou RP ($n = 9$, sete homens e duas mulheres).

Ambos os protocolos experimentais envolveram a realização de 18 repetições com intensidade relativa de 80%1RM por exercício, culminando em equalização do VTT entre condições. No grupo TRAD, foram realizadas 3x6 (80%1RM) e 2-3 minutos

de intervalo entre séries e exercícios. No RP, foram realizadas séries até a FMC utilizando 80%1RM e intervalos de 20 segundos entre séries. O procedimento foi conduzido até que 18 repetições fossem completadas. Uma pausa de 2-3 minutos foi adotada entre exercícios.

As semanas de treinamento foram estruturadas com sessões direcionadas por grupamentos musculares: rotina A (segunda e quinta-feira), exercícios com ênfase nos músculos peitoral maior, deltoídes e tríceps braquial; e rotina B (terça e quinta-feira), exercícios com ênfase em membros inferiores e nos músculos latíssimo do dorso e flexores do cotovelo. A fim de minimizar um possível efeito confundidor dos hábitos nutricionais, os voluntários foram orientados a manter seus hábitos alimentares regulares e ambos os grupos reportaram o consumo calórico e de macronutrientes por meio de recordatório nutricional. Não foram observadas diferenças entre grupos para as variáveis alimentares.

A força máxima dinâmica e resistência de força foram mensuradas nos testes de 1RM e de repetições máximas com 60%1RM nos exercícios supino reto, *leg press* e rosca bíceps. A EM foi analisada por meio de ultrassonografia nas regiões da coxa, braços e peitoral, entretanto, não é descrito quais músculos foram mensurados nessas regiões. Também é importante mencionar que nenhuma estimativa de erro é reportada para as variáveis analisadas.

Os ganhos de força para os testes de 1RM foram similares entre condições (RP: ~16-25% *versus* TRAD: ~10-30%), entretanto, o RP apresentou incremento superior na resistência de força para o exercício *leg press* (~27% *versus* ~8% para RP e TRAD, respectivamente). Os dois protocolos de treinamento resultaram em aumento da EM do braço (RP: ~8% *versus* TRAD: ~4%) e peitoral (RP: ~6% *versus* TRAD:

~1%), porém, o aumento na EM da coxa foi significativamente maior no RP (RP: ~11% *versus* TRAD: ~1%).

As diferentes características estruturais referentes aos protocolos de TF utilizados por Prestes et al. (2019) sugerem que, em comparação ao TRAD, no RP as séries subsequentes ao primeiro estímulo foram realizadas com estoques mais reduzidos de PCr, tanto pela maior utilização desse substrato durante a série inicial (~8-12 repetições *versus* seis repetições com 80%1RM para RP e TRAD, respectivamente) quanto pela menor ressíntese durante o intervalo entre séries (20 segundos *versus* dois minutos, respectivamente). Quando a ressíntese de PCr é incompleta, os estoques intramusculares de ATP também podem ser recompostos pela via glicolítica. Nesse contexto, é plausível que a ênfase relativa no sistema glicolítico tenha sido maior no RP em comparação ao TRAD, já que mais repetições foram realizadas na primeira série (maior taxa de hidrólise de ATP, aumentando a demanda glicolítica), seguidas por séries subsequentes com menor intervalo de recuperação (menor ressíntese de PCr, aumentando a demanda glicolítica) (ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004).

Adicionalmente, é possível que as adaptações celulares necessárias para sustentar o maior número de repetições na série inicial e as repetições subsequentes realizadas após curto período de recuperação possam ter envolvido maior capacidade de tamponamento intramuscular para controlar a acidose metabólica (ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004). Todo esse cenário sugere que, sobretudo para os músculos dos membros inferiores, o protocolo RP proporcionou grande magnitude de estresse metabólico, condição que poderia contribuir para maximizar a resposta hipertrófica e as características de resistência de força (SCHOENFELD, 2013).

É importante ressaltar que todos esses mecanismos devem ser considerados apenas como possíveis explicações parciais, uma vez que marcadores de estresse metabólico não foram aferidos no estudo de Prestes et al. (2019). Entretanto, a plausibilidade fisiológica desses pressupostos e os resultados observados sustentam o posicionamento dos autores ao concluírem que o RP proporciona respostas similares na força máxima e incrementos superiores na resistência de força e hipertrofia de membros inferiores em comparação ao TRAD (PRESTES et al., 2019).

No estudo de Prestes et al. (2019) as respostas favoráveis ao RP foram observadas somente nos membros inferiores. Analisando a variação das respostas individuais ($\Delta\%$ pré/pós: TRAD = -5% a +7%; RP = 0 a 22%) observa-se que alguns voluntários do grupo TRAD efetivamente apresentaram redução na EM da coxa. Conquanto a hipertrofia muscular constitua uma adaptação morfológica decorrente de processos multifatoriais (PHILLIPS, 2014), a redução da EM observada para alguns participantes sugere que a magnitude do estímulo relativo proporcionado para os membros inferiores pode ter sido subdimensionada no grupo TRAD.

Dankel et al. (2017b) argumentam que prescrever um número predeterminado de repetições para um determinado %1RM pode produzir resultados diferentes de um indivíduo para o outro, dependendo de quão fatigante é o exercício. Corroborando essa sugestão, Dankel et al. (2017b) observaram que a variação entre indivíduos foi de 9 a 18 repetições máximas realizadas com a mesma intensidade relativa (70%1RM) no exercício rosca bíceps. Essa variabilidade interindividual quanto ao número de repetições máximas ilustra claramente que nem todos os indivíduos recebem o mesmo estímulo relativo quando um número arbitrário de repetições é prescrito para a mesma intensidade relativa. Portanto, um determinado protocolo de TF pode produzir resultados conflitantes no que diz respeito ao crescimento muscular,

mas isso pode estar em alguma medida associado ao número máximo de repetições que podem ser completadas com determinado %1RM (DANKEL et al., 2017b).

Como no trabalho de Prestes et al. (2019) o grupo TRAD realizou 3x6 utilizando 80%1RM para todos os exercícios, é provável que alguns indivíduos (particularmente os que apresentavam maiores valores absolutos de 1RM ou menor resistência de força) tenham realizado as séries com acentuado grau de fadiga volitiva (chegando próximo ou, eventualmente, atingindo a FMC), enquanto que outros indivíduos (particularmente os que apresentavam menores valores absolutos de 1RM ou maior resistência de força) tenham executado todas as repetições prescritas sem muita dificuldade, uma vez que, dependendo do exercício, possivelmente conseguiriam realizar mais de 12 repetições com 80%1RM (RICHENS; CLEATHER, 2014).

Ainda, como o número máximo de repetições que pode ser realizado com determinado %1RM é influenciado pelo tipo de exercício (e.g. multiarticular *versus* isolado; membro superior *versus* membro inferior) e, para sujeitos treinados e não treinados, mais repetições são realizadas nos exercícios para membros inferiores em comparação aos exercícios para membros superiores (SHIMANO et al., 2006), é admissível sugerir que a heterogeneidade do estímulo relativo tenha sido ainda maior para os exercícios de membros inferiores. Se considerarmos que o número máximo de repetições com 80%1RM no exercício agachamento é em torno de $12,3 \pm 2,5$ repetições para sujeitos treinados (SHIMANO et al., 2006), e que no grupo TRAD o agachamento foi executado com 3x6 e dois minutos de intervalo entre séries, podemos conceber que uma parcela dos participantes do TRAD realizou as séries de agachamento com uma distância grande da FMC (~6 repetições antes da falha, ou, metade das repetições possíveis), configurando um estímulo provavelmente

subdimensionado para maximizar os mecanismos celulares relacionados a hipertrofia (REFALO et al., 2022, 2023).

Em condições de VTT equalizado, Enes et al. (2021) compararam os efeitos do RP, DS e TRAD na força máxima dinâmica ($1RM_{AGACH}$: 1RM no exercício agachamento) e EM proximal, média e distal (30%, 50% e 70% do comprimento do segmento) da porção lateral da coxa (vasto lateral + vasto intermédio) de homens treinados ($5,1 \pm 1,7$ anos de experiência e razão $1RM_{AGACH}/$ massa corporal $1,7 \pm 0,2$). Os voluntários foram aleatorizados em um de três grupos experimentais: RP ($n = 10$), 3x10+6 (dez repetições [75%1RM]; 20 segundos de pausa; seis repetições [75%1RM]); DS ($n = 9$), 3x10+6 (dez repetições [75%1RM] seguidas por mais seis repetições [55%1RM]); e TRAD ($n = 9$), 4x12 (70%1RM).

Os protocolos de treinamento foram realizados 2x/sem ao longo de oito semanas de intervenção (16 sessões). Os exercícios das sessões seguiram a seguinte ordem: agachamento, *leg press*, cadeira extensora, *stiff legged deadlift* e cadeira flexora. Intervalos de dois minutos foram utilizados entre séries e exercícios. Não foram observadas diferenças entre grupos para as variáveis alimentares (macronutrientes e calorias totais) e para o VTT ao longo da intervenção.

Quanto aos resultados observados para os desfechos neuromusculares, todos os grupos apresentaram aumentos significantes no $1RM_{AGACH}$ ($\Delta\%$: 14,5%, 18,5% e 12,4%; TE: 0,93; 1,18 e 0,81; para DS, RP e TRAD, respectivamente). Adicionalmente, os ganhos de força do grupo RP foram significativamente maiores em comparação ao TRAD, sem outras diferenças entre condições.

A EM das regiões proximal ($\Delta\%$: 11,6%, 8,8% e 14,2%; TE: 0,62; 0,71 e 0,80 para DS, RP e TRAD, respectivamente) e média ($\Delta\%$: 7,7%, 5,1% e 6,5%; TE: 1,06;

0,72 e 0,59 para DS, RP e TRAD, respectivamente) da coxa lateral apresentaram aumento significativo em todos os grupos, porém, não foram observadas alterações na região distal em nenhuma das condições ($\Delta\%$: 1,2%, 7,3% e 0,8%; TE: 0,24; 0,70 e 0,07 para DS, RP e TRAD, respectivamente). Adicionalmente, nenhuma das variáveis de EM apresentou diferenças entre grupos.

Com base nos resultados observados, os autores concluem que: (i) o RP proporciona um benefício ligeiramente superior nas adaptações de força máxima dinâmica em comparação ao TRAD; (ii) DS e RP não promovem adaptações hipertróficas superiores ao TRAD quando o VTT é equalizado e (iii) ainda que os protocolos de TF não tenham proporcionado aumentos significantes na EM distal da coxa lateral, a magnitude do efeito das intervenções (TE) tende a favorecer o RP (ENES et al., 2021).

Ainda, ponderam que os resultados podem ter sido influenciados por mudanças no programa habitual de TF dos voluntários. Como o volume de TF comumente realizado pelos participantes não foi considerado, é possível que incrementos ou reduções abruptas do volume de treinamento no início do estudo em comparação ao volume que os participantes vinham utilizando em suas rotinas de TF tenham ocorrido. Tal condição pode ser considerada como uma variável potencialmente confundidora, uma vez que, para sujeitos treinados, a magnitude da resposta hipertrófica pode ser influenciada pelo volume prévio de treinamento (SCARPELLI et al., 2020).

No entanto, os autores descrevem que entrevistas após a finalização do estudo relevaram que o volume da intervenção foi semelhante ao que os participantes

comumente realizavam para membros inferiores (24 a 32 séries semanais, realizadas uma ou duas vezes por semana) (ENES et al., 2021).

Em outra publicação referente ao mesmo estudo (ENES et al., 2021), Enes et al. (2022) reportaram os resultados de força máxima (1RM) e resistência de força (teste de repetições máximas com 60%1RM) para o exercício *leg press*.

Todos os grupos apresentaram aumentos significantes no 1RM ($\Delta\%$: 8,4%, 15,8% e 10,6% para DS, RP e TRAD, respectivamente) e 60%1RM ($\Delta\%$: 34,1%, 16,0% e 25,3% para DS, RP e TRAD, respectivamente). Adicionalmente, os ganhos de força máxima do grupo RP foram significativamente maiores em comparação ao DS. Contrariamente, para a resistência de força, o DS apresentou incrementos superiores em comparação aos outros protocolos.

Os autores sugerem que as características estruturais dos diferentes métodos podem elucidar as respostas observadas. No grupo DS, o peso foi reduzido em 20% entre a 10^a e 11^a repetição de cada série, enquanto que no RP uma pausa de 20 segundos era aplicada entre as repetições 10 e 11, mas o peso não era alterado. Nesse sentido, mais repetições associadas a maiores %1RM (16 com 75%1RM no RP e dez com 75%1RM no DS) podem explicar os ganhos de força máxima superiores do RP em comparação ao DS (SCHOENFELD et al., 2017).

Por outro lado, enquanto o RP envolveu intervalos intra-série (20 segundos entre as repetições 10 e 11), o DS consistia em uma pequena pausa, apenas o tempo suficiente para que o peso fosse reduzido (~1-2 segundos). Assim sendo, é possível que o TST mais contínuo experimentado na condição DS tenha promovido maior estresse metabólico, culminando em aumento da capacidade de tamponamento intramuscular em magnitude superior ao método RP. Essas possíveis adaptações

podem explicar as diferenças observadas entre DS e RP no que tange a resistência de força (ENES et al., 2022).

Conquanto o RP esteja bem estabelecido como um método avançado de TF, reconhecido e consagrado no ambiente prático enquanto estratégia para maximização da hipertrofia muscular, sua hipotética superioridade em relação ao TRAD não foi bem estabelecida em estudos controlados e aleatorizados, uma vez que os trabalhos que investigaram o RP apresentam resultados conflitantes entre si (ENES et al., 2021, 2022; GIEBSING et al., 2016; KORAK et al., 2017; PRESTES et al., 2019).

Diversas variáveis como, estruturação dos protocolos de treinamento, seleção de exercícios, controle nutricional, duração do estudo, sensibilidade e reprodutibilidade das avaliações utilizadas para analisar desfechos morfológicos e características dos participantes podem influenciar os resultados. Adicionalmente, a equalização do volume de treinamento entre condições experimentais e a forma como os estudos consideraram (ou não) o volume prévio de treinamento dos participantes antes do início das intervenções variou consideravelmente entre os trabalhos, podendo caracterizar fatores de confusão que influenciaram os resultados observados.

Em suma, considerando a escassez de ensaios aleatorizados sobre o tema, as conclusões conflitantes dentre os trabalhos existentes, a disparidade metodológica e a heterogeneidade das amostras estudadas, comparar as alterações absolutas observadas nos desfechos neuromusculares entre os estudos é complexo. Ademais, os estudos contêm amostras relativamente pequenas, condição que realça a respectiva escassez de investigações sobre o RP, ressaltando a necessidade de prudência no processo de decisões clínicas/práticas pautadas nas evidências disponíveis.

Portanto, expostas as devidas considerações e contextualizações referentes ao atual corpo de evidências, o RP promove adaptações neuromusculares em magnitude similar ao TRAD.

2.3 *Sarcoplasma Stimulating Training*: estruturação e respostas agudas

O SST é um método recente, proposto pelo treinador contemporâneo Patrick Tour para intensificar as sessões de TF em atletas de fisiculturismo (PRESTES et al., 2016). Tour supôs que atletas altamente treinados alcançariam um nível de adaptação neuromuscular no qual os métodos de TF comumente utilizados não seriam mais eficazes devido à alta tolerância ao treinamento; assim, as células musculares exigiriam um estímulo distinto e de maior magnitude (PRESTES et al., 2016).

A estruturação do SST constitui-se da combinação de diversas técnicas já conhecidas e consagradas no ambiente prático, como o DS e o RP, e permite a realização de grandes volumes em curto espaço de tempo, com base na densidade do treinamento (DE SALLES, 2020). O SST apresenta três propostas distintas de execução: variável de contração (SST-C), variável de intervalo (SST-I) e variável de carga/intensidade (SST-INT) (DE SALLES, 2020).

O SST-C (Figura 3A) consiste na realização de uma série inicial entre seis a dez repetições máximas. Esse procedimento é repetido mais duas vezes com o mesmo peso e com 20 segundos de intervalo entre séries. O próximo passo é a remoção de ~20% do peso utilizado e a realização de mais uma série até a falha concêntrica, mas dessa vez com as ações musculares excêntricas executadas com 4 segundos de duração e as ações musculares concêntricas com 1 segundo. Após 20 segundos de pausa, ~20% do peso é reduzido novamente e mais uma série até a

falha concêntrica é realizada com durações de 1 e 4 segundos para as ações excêntricas e concêntricas, respectivamente. O último procedimento consiste em nova remoção de ~20% do peso seguido de 20 segundos de intervalo e, por fim, uma ação isométrica até a falha muscular (DE SALLES, 2020; PRESTES et al., 2016).

O método SST-I (Figura 3B) envolve a realização de uma série inicial entre seis a dez RM, seguida de sucessivas séries realizadas até a FMC com intervalos de descanso predeterminados (45, 30, 15, cinco, cinco, 15, 30 e 45 segundos) (DE SALLES, 2020; PRESTES et al., 2016). Nesse modelo de SST, todas as séries são executadas com o peso da série inicial, portanto, o SST-I apresenta certa semelhança com o RP, exceto pela variação na duração dos intervalos entre séries (DE ALMEIDA et al., 2019).

Por sua vez, o SST-INT (Figura 3C) incide na execução de um bloco inicial de estímulos que engloba a realização de uma série entre oito a dez RM (8-10RM) seguida de múltiplas séries conduzidas até a falha concêntrica com intervalos de descanso fixos em 10 segundos e sem alteração no peso utilizado. O procedimento é repetido sucessivas vezes até que apenas 1RM seja realizada. Na sequência, remove-se o peso mobilizado em ~20% e todo o procedimento descrito anteriormente é repetido, ou seja, o segundo bloco de estímulos é finalizado quando o executante consegue realizar apenas 1RM. Por fim, uma nova redução de ~20% do peso é feita e um terceiro bloco é executado, seguindo os mesmos procedimentos dos anteriores.

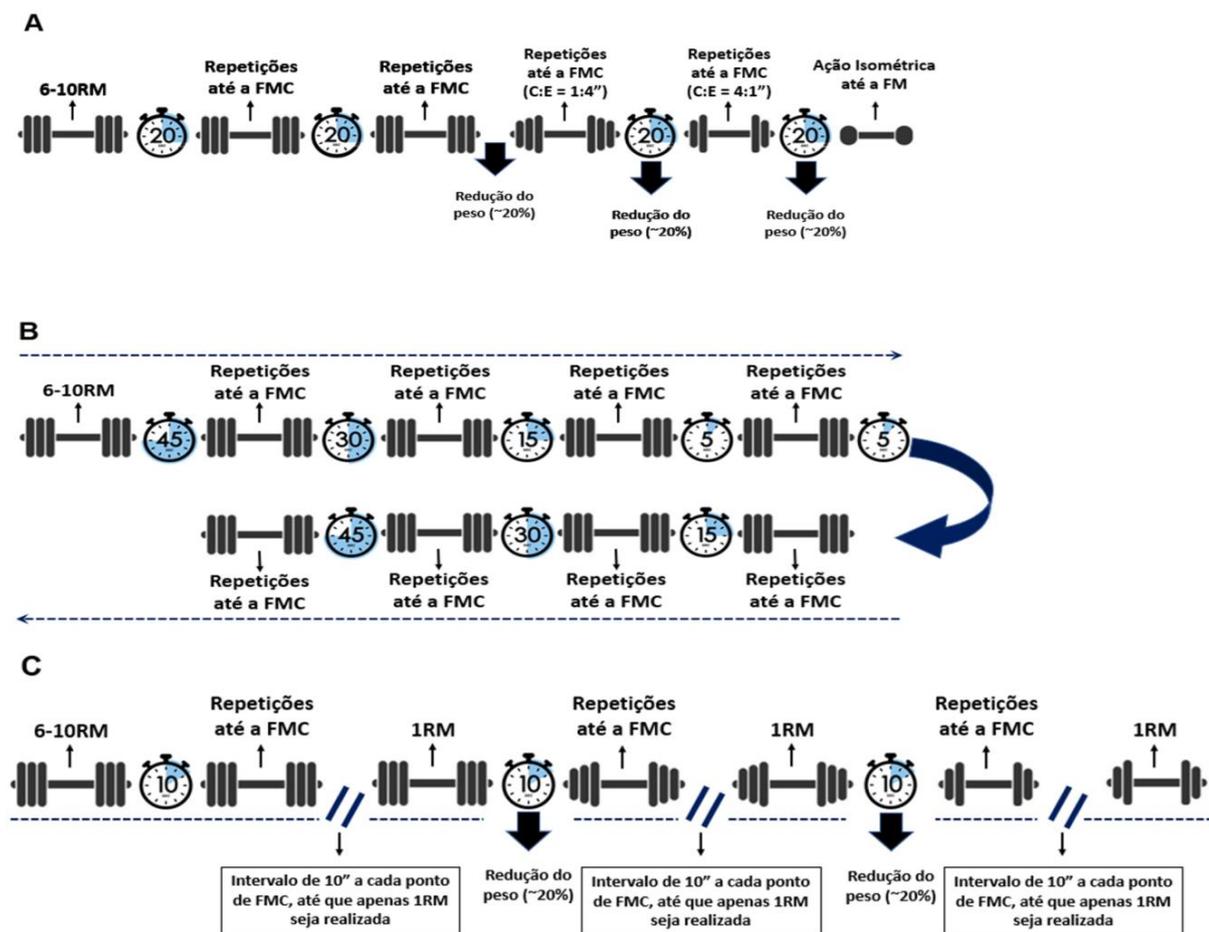


Figura 3. Exemplo ilustrativo das variações do método SST.

A: variável de contração (SST-C); **B:** variável de intervalo (SST-I) e **C:** variável de carga/intensidade (SST-INT). 6-10RM = seis a dez repetições máximas; 1RM = uma repetição máxima; FMC = falha muscular concêntrica; FM = falha muscular

De Almeida et al. (2019) submeteram doze homens treinados (experiência no TF: $4,1 \pm 1,8$ anos) a três protocolos de TF realizados de maneira aleatorizada: TRAD, SST-C e SST-I. Os exercícios utilizados, sempre nessa ordem, foram a rosca bíceps e o tríceps *pulley*. Um intervalo de recuperação de dez minutos foi utilizado entre exercícios e de sete dias entre condições experimentais.

No protocolo TRAD foram realizadas oito séries até a FMC com o peso referente a 10RM e um minuto de pausa entre séries.

O SST-C foi executado com a seguinte estruturação: (i) três séries realizadas até a falha concêntrica, utilizando o peso referente a 10RM e com 20 segundos de

pausa entre séries; (ii) redução de 20% no peso utilizado e a realização de mais uma série até a falha concêntrica, mas dessa vez com as ações musculares excêntricas executadas com 4 segundos de duração e as ações musculares concêntricas com 1 segundo; (iii) 20 segundos de pausa, redução de 20% do peso e mais uma série até a falha muscular com durações de 1 e 4 segundos para as ações excêntricas e concêntricas, respectivamente; e (iv) 20 segundos de intervalo, nova remoção de 20% do peso e uma ação isométrica até a falha muscular (*i.e.* sustentar o maior tempo possível a posição de cotovelo flexionado em 90 graus), totalizando seis séries.

No SST-I, nove séries conduzidas até a falha concêntrica (peso de 10RM) foram realizadas com intervalos de recuperação variados: 45, 30, 15, 5, 5, 15, 30 e 45 segundos.

Não foram observadas diferenças entre protocolos para o lactato sanguíneo pós-TF. A condição TRAD resultou em VTT significativamente maior em comparação aos protocolos SST, exceto para o VTT do exercício rosca bíceps (sem diferenças significantes entre TRAD e SST-C). Ainda, o SST-C culminou em VTT superior quando comparado ao SST-I.

Os protocolos de SST apresentaram aumento significativamente maior da EM dos músculos bíceps e tríceps braquial (mensurada em 60% do comprimento do segmento) em comparação ao TRAD. Ainda, o SST-C promoveu aumento da EM (bíceps e tríceps braquial) superior quando comparado ao SST-I.

Com base nos resultados observados, De Almeida et al. (2019) sugerem que indivíduos treinados podem se beneficiar com a mudança de suas rotinas de TF utilizando o método SST, pois esta abordagem de treinamento pode oferecer um estímulo de inchaço muscular superior, mesmo com um VTT menor em comparação

ao TRAD. Tal sugestão é baseada na associação entre o inchaço muscular agudo e a ativação da integrina, uma proteína de adesão da membrana celular, responsável pelo desencadeamento de mecanismos intracelulares anabólicos e redução de processos catabólicos, condições que culminam em aumento da SPM (WACKERHAGE et al., 2019).

O inchaço muscular agudo é ampliado em modelos de TF que demandam altas taxas de glicólise anaeróbica, particularmente os protocolos que envolvem alto número de repetições e intervalos de descanso relativamente curtos (*e.g.* SST), ou seja, estímulos com maior densidade de treinamento (volume por unidade de tempo) (SCHOENFELD, 2013). Protocolos com essas características resultam em acúmulo substancial de subprodutos metabólicos como lactato e fosfato inorgânico, que por sua vez acabam agindo como osmólitos, atraindo fluido adicional para dentro da célula (FRIGERI et al., 1998; SJOGAARD; ADAMS; SALTIN, 1985).

Deste modo, o inchaço muscular agudo é caracterizado como um marcador e um dos mecanismos associados ao potencial hipertrófico do estresse metabólico induzido pelo TF (REFALO et al., 2021; SCHOENFELD et al., 2021a; WACKERHAGE et al., 2019).

Com relação ao protocolo SST-INT, como sua estruturação proporciona continuidade do estímulo após a FMC, através da utilização de intervalos curtos e reduções no peso mobilizado, é possível que o SST-INT resulte em respostas agudas similares às observadas nos métodos DS (reduções no peso mobilizado após a FMC) e RP (intervalos curtos após a FMC), ou seja, incrementos superiores, em comparação ao TRAD, nos níveis de ativação muscular (FINK et al., 2018; MARSHALL et al., 2012; PAZ et al., 2017) e em marcadores de estresse metabólico (ANGLERI et al., 2020; FINK et al., 2018; GOTO et al., 2004; WEAKLEY et al., 2017).

Entretanto, para o nosso conhecimento, nenhum estudo avaliou desfechos agudos frente à execução do SST-INT. Ainda, mesmo que o SST-INT possivelmente apresente respostas agudas similares ao DP e RP, bem como respostas similares ao SST-C e SST-I (DE ALMEIDA et al., 2019), pragmaticamente, respostas agudas mais expressivas em desfechos associados a mecanismos anabólicos não necessariamente traduzem-se em adaptações neuromusculares de maior magnitude (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2020). De fato, conforme detalhado ao longo dos tópicos de revisão 2.1 e 2.2, mesmo resultando em respostas agudas superiores, tanto o DS quanto o RP promovem adaptações neuromusculares crônicas em magnitude similar ao TRAD.

Considerando todo esse contexto, a literatura carece de ensaios longitudinais que analisem a influência do SST nas adaptações neuromusculares em sujeitos treinados, uma vez que tais achados proporcionarão maiores conhecimentos quanto a real efetividade dessa abordagem de TF para maximização dos ganhos de força e hipertrofia muscular.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Comparar os efeitos de diferentes métodos de TF, SST *versus* TRAD, nas respostas neuromusculares em sujeitos treinados em força.

3.2 Objetivos Específicos

I. Comparar os efeitos de diferentes métodos de TF, SST *versus* TRAD, nos momentos pré e pós-intervenção para as seguintes variáveis dependentes:

- Força máxima dinâmica – teste de uma repetição máxima (1RM) no exercício cadeira extensora unilateral ($1RM_{EXT}$);
- Espessura muscular (EM) dos músculos vasto lateral (EM_{VL}) e reto femoral (EM_{RF}).

II. Comparar os efeitos dos métodos SST *versus* TRAD nas variáveis:

- Volume total de treinamento acumulado ao longo das dez semanas de intervenção (ΣVTT);
- Variação relativa entre o VTT das semanas 10 e 1 ($\Delta\%VTT_{SEM10-1}$);
- Progressão do VTT ao longo das dez semanas de intervenção (VTT_{PROG}).

III. Comparar a mudança relativa ($\Delta\%$) da espessura muscular entre os músculos reto femoral e vasto lateral, bem como a razão de variação ($\%EM_{RF} : \%EM_{VL}$) entre os protocolos TRAD *versus* SST.

4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Para o nosso conhecimento, o estudo transversal conduzido por De Almeida et al. (2019) é o único trabalho científico publicado que investigou o SST. Portanto, os efeitos crônicos do método SST na força e hipertrofia muscular ainda não foram determinados.

Analisar o efeito desse método nas adaptações neuromusculares crônicas resultará em maiores conhecimentos quanto à efetividade dessa proposta de treinamento em sujeitos treinados. Dessa forma, o conhecimento desenvolvido proporcionará embasamento científico para auxiliar treinadores na montagem de periodizações que envolvam a prescrição do TF objetivando maximizar essas adaptações morfofuncionais.

5 HIPÓTESE

As hipóteses estatísticas são:

- H_0 : não haverá diferença entre o SST e TRAD na magnitude das respostas neuromusculares (hipótese nula);
- H_1 : haverá diferença entre o SST e TRAD na magnitude das respostas neuromusculares (hipótese alternativa).

Com relação as hipóteses científicas:

Nossa hipótese inicial é que, em condições de VTT equalizado, o SST e TRAD promovem aumentos similares no $1RM_{EXT}$, EM_{VL} e EM_{RF} . O número de séries prescrito nas sessões do protocolo TRAD foi pautado em estudo piloto realizado para determinar quantas séries “tradicionais” seriam necessárias para proporcionar equalização com o VTT acumulado em uma sessão de SST. Portanto, nossa hipótese inicial é que as duas condições experimentais resultem em ΣVTT , $\Delta\%VTT_{SEM10-1}$ e VTT_{PROG} similares.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo experimental, aleatorizado e longitudinal (THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2015). O presente estudo utilizou um desenho experimental intra-sujeito, portanto, cada um dos membros inferiores dos respectivos participantes foram considerados unidades experimentais (MACINNIS et al., 2017).

6.1 Participantes

A amostra foi composta por 22 homens hígidos (totalizando 44 unidades experimentais [pernas]) (idade: $26,3 \pm 4,8$ anos; estatura: $175,4 \pm 5,8$ cm; massa corporal total: $84,4 \pm 9,6$ kg; experiência no TF: $5,6 \pm 2,4$ anos; 1RM no exercício agachamento: $135,0 \pm 20,2$ kg; razão $1RM_{AGACH}/$ massa corporal: $1,5 \pm 0,1$; volume prévio de treinamento para quadríceps: $23,2 \pm 7,1$ séries por semana; volume prévio de treinamento no exercício cadeira extensora: $11,3 \pm 4,7$ séries por semana). Todos os sujeitos eram treinados em força, isto é, praticavam TF sistematicamente há pelo menos dois anos, sendo capazes de realizar o teste de 1RM no exercício agachamento com uma sobrecarga externa condizente com pelo menos 130% de suas respectivas massas corporais (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2017; SANTOS JUNIOR et al., 2021).

O cálculo do tamanho amostral foi determinado por uma análise *a priori* utilizando como variável dependente a espessura muscular do reto femoral advinda de estudo piloto previamente realizado com indivíduos que possuíam as mesmas características das que foram empregadas no presente estudo. O cálculo foi baseado em um tamanho do efeito para uma interação ordinal de $f = 0,40$ (estatística f de Cohen), significância (α) de 0,05 e um poder do teste ($1-\beta$) de 0,80 (ENG, 2003), o que resultou em um tamanho amostral mínimo de 40 unidades experimentais,

considerando a ANOVA de medidas repetidas com efeitos principais e interação. O cálculo foi realizado no software *GPower*, versão 3.1.9.2 (Kiel, Alemanha).

6.2 Critérios de Inclusão e Exclusão

Os critérios de inclusão adotados foram: (i) praticar treinamento de força há pelo menos dois anos, com uma frequência semanal mínima de 3 sessões; (ii) realizar o exercício cadeira extensora em suas rotinas de treinamento ao menos uma vez por semana; (iii) ser capaz de realizar o teste de 1RM no exercício agachamento ($1RM_{AGACH}$) com uma sobrecarga externa condizente com pelo menos 130% de sua massa corporal (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2017; SANTOS JUNIOR et al., 2021). Os critérios de exclusão adotados foram: (i) responder positivamente uma das perguntas contidas no Questionário de Prontidão para Atividade Física (*Physical Activity Readiness Questionnaire – PAR-Q*) (ANDREAZZI et al., 2016); (ii) ter realizado qualquer cirurgia prévia em membros inferiores; (iii) possuir ou desenvolver ao longo do experimento qualquer acometimento osteomioarticular nos membros inferiores que pudesse comprometer a execução do exercício selecionado; (iv) consumir qualquer suplemento nutricional ou recurso ergogênico ao longo do experimento (auto relato); (v) ter feito uso de esteroides anabolizantes nos últimos 12 meses ou ao longo do experimento (auto relato); (vi) não completar ao menos 90% do programa de treinamento; (vii) realizar sessões de TF ou outros exercícios físicos para membros inferiores sem a supervisão da equipe de pesquisadores.

6.3 Recrutamento e Adesão ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Todos os sujeitos foram informados dos procedimentos experimentais por meio de uma reunião, na qual foram esclarecidos de forma detalhada os objetivos, metodologia, os benefícios relacionados ao estudo e os possíveis riscos envolvidos na pesquisa. Em seguida, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Plataforma Brasil (Parecer 5.256.872; CAAE 54030121.0.0000.5507, ANEXO I). A metodologia proposta foi formulada respeitando as resoluções 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Quando necessário, os procedimentos foram imediatamente interrompidos diante de qualquer relato ou observação de movimento fora do padrão normal do voluntário.

6.4 Procedimentos

O estudo teve duração total de 18 semanas: 1^a e 2^a semanas – ultrassonografia, dados antropométricos, recordatório de treinamento, familiarização e execução do teste de 1RM_{AGACH}, familiarização com o 1RM_{EXT} e com os protocolos de TF (TRAD e SST); 3^a a 6^a semana – período de padronização do volume de treinamento; 7^a semana – avaliações pré-intervenção; 8^a a 17^a semana – período de intervenção; 18^a semana – avaliações pós-intervenção (Figura 4).

- Período de familiarização (semanas 1 e 2): nas duas primeiras semanas, os sujeitos se apresentaram ao local em que o estudo foi conduzido para cinco sessões de familiarização. Os voluntários foram instruídos a não realizarem exercícios físicos 72 horas antes da primeira coleta. Com o intuito de preservar os hábitos de treinamento e estimular a aderência ao estudo, nenhuma orientação restritiva foi imposta com relação ao treinamento de membros superiores, entretanto, os sujeitos

foram instruídos a não realizarem TF ou qualquer outro exercício físico envolvendo os membros inferiores ao longo da intervenção.

Na primeira sessão foi aplicado o questionário *PAR-Q* (ANDREAZZI et al., 2016) e obtidos dados pessoais para caracterização da amostra. O membro inferior descrito por cada sujeito como sendo o utilizado preferencialmente para chutar uma bola foi definido como membro dominante (MAULDER; CRONIN, 2005). Para quantificar o volume prévio de treinamento, o número de séries semanais que cada participante realizava comumente para o grupamento muscular quadríceps femoral nas duas últimas semanas foi contabilizado por meio de recordatório (auto relato dos voluntários) (SCARPELLI et al., 2020), considerando informações como: exercícios realizados com ênfase no quadríceps; número de séries por exercício e número de vezes na semana em que esses exercícios eram realizados. Em seguida, foram coletados dados antropométricos (massa corporal total e estatura), ultrassonografia (US) e familiarização/execução do teste de $1RM_{AGACH}$ seguindo os procedimentos estabelecidos pelas diretrizes da NSCA – *National Strength and Conditioning Association* (HAFF; TRIPLETT, 2016).

Após 72 horas, foram repetidas as avaliações por US e $1RM_{AGACH}$. A segunda avaliação de US possibilitou a quantificação de medidas de reprodutibilidade como coeficiente de correlação intraclasse (CCI), coeficiente de variação (CV) e erro típico da medida (ETM) para as variáveis EM_{VL} e EM_{RF} . Quanto ao $1RM_{AGACH}$, o segundo teste foi efetivado para confirmar a reprodução da medida, dissipando qualquer eventual efeito de aprendizagem e garantindo que o executante realmente possuía razão $1RM_{AGACH}/\text{massa corporal} \geq 1,3$. O resultado obtido no $1RM_{AGACH}$ era considerado fidedigno e utilizado para o cálculo da força máxima relativa somente quando o peso mobilizado apresentava variação entre testes menor que 5%. Caso a

variação fosse maior que 5%, novas avaliações eram realizadas a cada 72 horas (GRGIC et al., 2020). Foram necessárias entre 2-3 avaliações para atender aos parâmetros citados. O CCI, CV e ETM para o $1RM_{AGACH}$ foram 0,980; 2,82% e 2,06 kg, respectivamente.

Quarenta e oito horas após a segunda sessão de avaliações, os voluntários foram familiarizados com o teste de $1RM$ no exercício cadeira extensora unilateral ($1RM_{EXT}$). Na segunda semana, foi realizado novamente o teste de $1RM_{EXT}$ e uma sessão de familiarização dos sujeitos com os procedimentos envolvidos nos métodos TRAD e SST.

- Período de padronização do volume de treinamento (semanas 3-6): esse período foi composto por quatro semanas de treinamento na cadeira extensora bilateral com oito séries de 8-10RM e dois minutos de intervalo entre séries. Esse protocolo foi realizado duas vezes por semana, totalizando 16 séries semanais para quadríceps. Como o volume prévio de treinamento dos voluntários era de $23,2 \pm 7,1$ séries por semana para quadríceps, variando entre 12-40 séries semanais, alguns participantes reduziram, outros mantiveram e outros aumentaram o volume de séries semanais em relação ao que comumente executavam antes do experimento, culminando em uma alteração relativa de $-22,2 \pm 22,4\%$ (variação de -60% a +33,3%) no volume de séries durante o período de padronização.

Entretanto, esse prelúdio de quatro semanas possibilitou normalização do volume de treinamento, fazendo com que todos os voluntários apresentassem o mesmo volume prévio antes do período de intervenção e, conseqüentemente, a mesma progressão relativa ao serem expostos aos protocolos de treinamento. Nesse sentido, o volume do protocolo de padronização foi predeterminado em 16 séries semanais de modo que, quando os voluntários iniciassem o período de intervenção,

uma progressão controlada de 25% fosse feita no volume prévio de todos os sujeitos em relação as duas condições experimentais, uma vez que o protocolo TRAD foi realizado com 20 séries semanais, número de séries necessário para equalizar o VTT da condição SST. Dessa maneira, os procedimentos adotados garantiram que não ocorresse nenhum aumento ou diminuição abrupto do VTT no início da intervenção com os protocolos experimentais (MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011; SCARPELLI et al., 2020).

- Período de avaliações pré-intervenção (semana 7): foram realizadas as avaliações de US e teste de 1RM, sendo que o teste de 1RM_{EXT} foi repetido após 72 horas. A reavaliação do 1RM_{EXT} possibilitou a quantificação de medidas de reprodutibilidade da análise. Ainda, caso houvesse uma variação no peso mobilizado maior que 5% entre testes, uma terceira avaliação seria realizada após 72 horas (GRGIC et al., 2020). Todos os voluntários conseguiram cumprir os parâmetros mencionados com duas avaliações (variação <5% entre testes).

- Período de intervenção (semanas 8-17): cada membro inferior dos voluntários foi aleatorizado em um dos dois protocolos experimentais. Portanto, 44 coxas foram aleatoriamente designadas para a condição TRAD (22 coxas: 11 membros dominantes e 11 não dominantes) e SST (22 coxas contralaterais: 11 dominantes e 11 não dominantes).

- Período de avaliações pós-intervenção (semana 18): finalmente, após dez semanas de treinamento, as avaliações pós-intervenção foram realizadas seguindo a mesma ordem das coletas pré-intervenção (US e 1RM).

Os sujeitos foram orientados a absterem-se do consumo de bebidas alcoólicas ao longo da intervenção. Além disso, foram aconselhados a manterem os seus respectivos hábitos alimentares/nutricionais, evitando apenas o uso de qualquer

suplemento alimentar. A única solicitação relacionada ao padrão alimentar foi orientar todos os sujeitos a não se apresentarem para as avaliações e sessões de treinamento em jejum. Além disso, foram orientados a realizar a última refeição precedente aos testes e protocolos de treinamento pelo menos duas horas antes das coletas. A Figura 4 ilustra de maneira temporal a abordagem experimental do estudo.

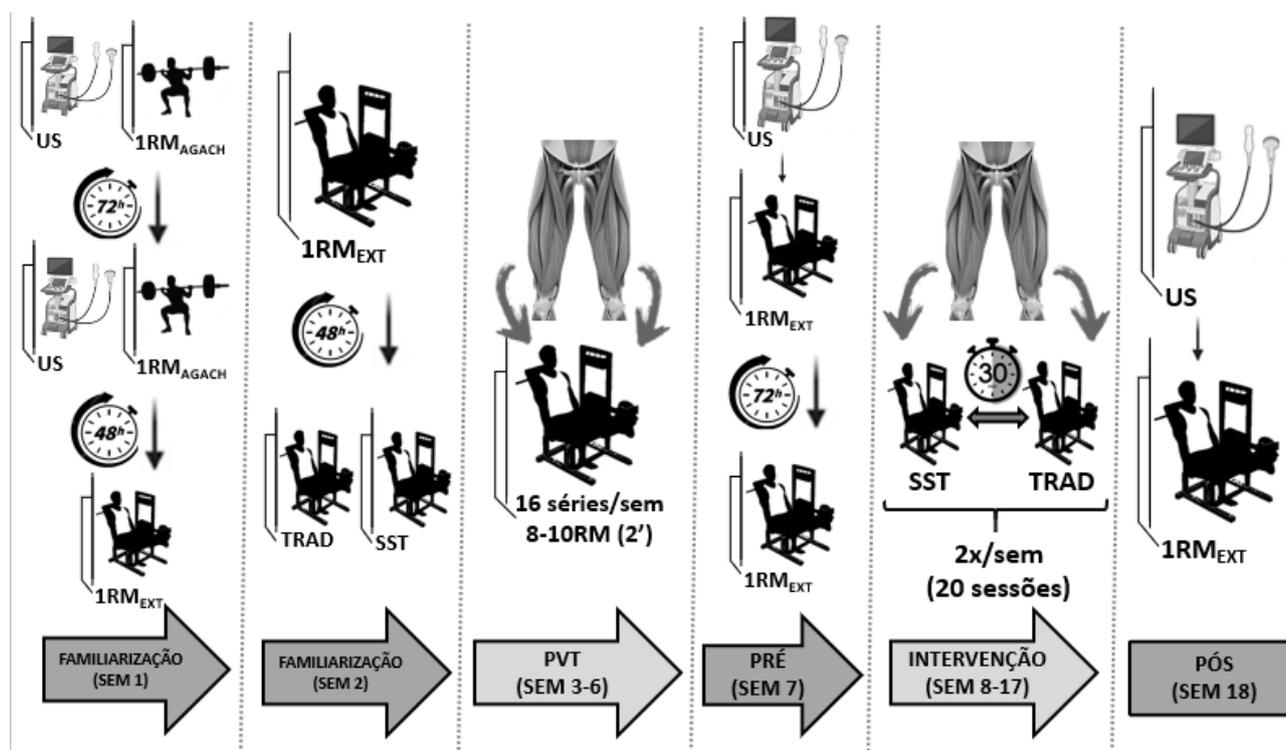


Figura 4. Ilustração do fluxograma temporal do experimento.

US = ultrassonografia; 1RM_{AGACH} = teste de uma repetição máxima no exercício agachamento; 1RM_{EXT} = teste de uma repetição máxima no exercício cadeira extensora unilateral; PVT = período de padronização do volume de treinamento; SST = método *sarcoplasma stimulating training*; TRAD = método tradicional; RM = repetições máximas; Sem = semana.

6.4.1 Protocolos de Treinamento de Força

Os protocolos de TF foram realizados unilateralmente usando uma máquina convencional de extensão de joelhos (cadeira extensora), com uma amplitude de movimento de 90° a 0° de flexão do joelho (0° = extensão completa do joelho). As

sessões de TF foram realizadas duas vezes por semana com um intervalo de 72 horas entre sessões, durante 10 semanas (total de 20 sessões de treinamento).

No início de cada sessão, os participantes realizaram um aquecimento específico (unilateral) composto por duas séries de dez repetições utilizando 50% do peso mobilizado na primeira série de cada método.

O protocolo SST seguiu os procedimentos descritos no modelo conhecido como SST variável de carga/intensidade (DE SALLES, 2020) e foi prescrito da seguinte maneira: primeiro bloco – o voluntário realizava uma série inicial de 8-10RM e, após 10 segundos de intervalo, realizava nova série até a falha muscular concêntrica (FMC), seguida de outro intervalo de 10 segundos e mais uma série de repetições máximas. Esse procedimento era repetido sucessivas vezes até que o voluntário conseguisse realizar apenas uma derradeira repetição máxima com o peso mobilizado; segundo bloco – na sequência, o peso mobilizado era removido em 20% e, após 10 segundos de intervalo, todo o procedimento descrito anteriormente era repetido, ou seja, o segundo bloco de estímulos finalizava-se quando o executante conseguia realizar apenas 1RM; terceiro bloco – por fim, uma nova redução de 20% do peso era feita e, após 10 segundos de intervalo, um terceiro bloco era executado seguindo os mesmos procedimentos dos anteriores (Figura 5).

Ao finalizar o terceiro bloco, o participante descansava por três minutos e, após essa pausa, realizava mais uma sequência de SST envolvendo os três blocos de estímulos e suas respectivas etapas. Para iniciar o segundo conjunto de blocos (série inicial de 8-10RM), foi utilizado um peso correspondente à 70-80% do peso mobilizado no início da primeira sequência.

Na condição TRAD, foram realizadas dez séries entre 8-10RM com dois minutos de intervalo entre séries (Figura 5). Na tentativa de suprimir possíveis

Para todas as séries realizadas nas sessões de treinamento de ambos os protocolos, os sujeitos foram instruídos a realizar tantas repetições quantas fossem possíveis, até a falha muscular concêntrica, operacionalmente definida como a condição em que o participante, preservando a técnica de execução, não conseguia completar a ação concêntrica de determinada repetição com a amplitude de movimento estabelecida (*i.e.* extensão completa do joelho) (REFALO et al., 2023). A amplitude de movimento foi visualmente supervisionada pelos pesquisadores. Caso o participante insistisse na tentativa de completar a repetição e, para tanto, apresentasse alterações/compensações na técnica de execução, a série era encerrada.

Os voluntários foram instruídos a executarem as repetições em cadência de aproximadamente 1 segundo na ação concêntrica e ~2 segundos na excêntrica. Durante as sessões de familiarização, a cadência sugerida foi controlada com o auxílio de um metrônomo, a fim de ambientar os sujeitos com a cadência predeterminada. Entretanto, durante o período experimental, os sujeitos foram constantemente encorajados a manter as respectivas cadências, sem o auxílio do metrônomo. As repetições foram então contabilizadas, desde que a técnica da execução fosse mantida, ainda que o sujeito extrapolasse a cadência inicialmente sugerida, o que costumava ocorrer nas últimas repetições de cada série. Tal providência foi adotada com a intenção de buscar o máximo de esforço dos sujeitos em cada uma das séries, o que não teria ocorrido caso o exercício fosse interrompido pela simples alteração no tempo de duração da repetição, comum nessas circunstâncias (SCOTT et al., 2016).

De fato, é pouco provável que séries realmente conduzidas até a FMC sejam efetivadas com a manutenção da cadência de execução no decorrer de todas as repetições, uma vez que a proximidade da falha concêntrica está intimamente

associada à percentuais de redução de velocidade mais elevados (> 25%) (HICKMOTT et al., 2022; REFALO et al., 2023). Consequentemente, para o mesmo arco de movimento (e.g. 90° a 0° de flexão do joelho), quanto menor for a velocidade do movimento (mais próximo da falha), maior será o tempo (cadência) necessário para percorrer esse arco.

Adicionalmente, a escala RIR (*i.e.* *Repetitions in Reserve* [ANEXO II]) foi aplicada ao final de cada série (HELMS et al., 2016). A utilização da escala teve como finalidade monitorar a PSE utilizando como descritores à percepção do sujeito sobre quantas repetições ele conseguiria realizar a mais na série finalizada (HALPERIN et al., 2022). No protocolo SST o intervalo entre séries era de apenas dez segundos, dificultando consideravelmente o emprego da escala ao final de todas as séries, o que resultou em aplicação da RIR apenas ao final de cada bloco.

Todos os voluntários reportaram valores de RIR entre 9,5 e 10 nas duas condições experimentais ao longo da intervenção (média de todas as séries: $9,7 \pm 0,2$ e $9,8 \pm 0,3$ para SST e TRAD, respectivamente). Valores de PSE entre 9,5 e 10 na escala RIR estão respectivamente associados aos descritores “sem mais repetições, mas poderia aumentar a carga” e “esforço máximo”, portanto, caracterizam a percepção individual de grande magnitude de fadiga volitiva e obtenção da FMC.

Como a margem de repetições estipulada para o TRAD foi entre 8-10RM, a sobrecarga externa (peso mobilizado) foi ajustada sempre que necessário para garantir que os sujeitos alcançassem a FMC dentro da margem de repetições proposta. Os ajustes eram realizados de acordo com o desempenho de cada série, ou seja, se em determinada série o sujeito chegasse à FMC antes de conseguir completar oito repetições, o peso era diminuído antes da execução da próxima série.

Do mesmo modo, se acaso o sujeito conseguisse realizar mais de 10 repetições para obter a FMC, o peso era aumentado para a série seguinte.

Objetivando o monitoramento e progressão do volume de treinamento ao longo das duas intervenções, tentativas de incrementos (~5-10%) no peso da primeira série também eram feitos entre sessões sempre que o voluntário conseguia realizar mais de dez repetições na primeira série do treino anterior.

O período do dia em que os treinos foram realizados variou de acordo com a disponibilidade dos participantes, ou seja, alguns voluntários treinaram no período da manhã, outros no período da tarde e outros no período da noite. A variação no horário dos treinos ocorreu apenas entre sujeitos, assim sendo, o período do dia em que cada um realizou suas respectivas sessões de treino foi o mesmo ao longo das dez semanas de intervenção. Uma equipe qualificada supervisionou cada participante individualmente durante toda a execução dos treinos.

6.4.2 Equalização do Volume Total de Treinamento

Considerando que o volume de treinamento apresenta influência substancial na maximização da hipertrofia muscular (BAZ-VALLE et al., 2022; BRIGATTO et al., 2019; FIGUEIREDO; DE SALLES; TRAJANO, 2018; SCHOENFELD et al., 2019; SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017), o VTT das condições experimentais foi equalizado com base em estudo piloto previamente realizado. Nesse piloto, dez sujeitos treinados tiveram suas pernas alocadas de maneira aleatorizada nos protocolos SST (5 membros dominantes e 5 não dominantes) e TRAD (5 dominantes e 5 não dominantes).

Inicialmente, os participantes realizaram o método SST na cadeira extensora unilateral, utilizando os mesmos procedimentos descritos anteriormente (Figura 5). O

VTT da sessão foi calculado (número de repetições x peso mobilizado) e, após 30 minutos de recuperação, os participantes executaram o protocolo de séries tradicionais (8-10RM com dois minutos de intervalo) utilizando a perna contralateral. Nessa condição, o voluntário executou séries tradicionais até que o VTT obtido atingisse a mesma quilagem acumulada no SST. Portanto, o volume entre condições foi equalizado utilizando como referência o VTT da condição SST. Para acumular um VTT similar ao obtido no SST, os voluntários realizaram entre 9-10 séries tradicionais.

Após essa primeira coleta de dados, foram realizadas mais quatro sessões executando o SST e o TRAD (10 x 8-10RM [2']), com sete dias de intervalo entre sessões. A ordem de execução dos protocolos foi aleatorizada entre sessões, resultando em dois treinos com a sequência SST-TRAD e dois com TRAD-SST. Não foram observadas diferenças para o VTT dos protocolos SST e TRAD, tanto para a média (SST = 2084 ± 612 kg; TRAD = 1983 ± 575 kg, $p > 0,05$) quanto para o acumulado (SST = 8335 ± 2448 kg; TRAD = 7932 ± 2301 kg, $p > 0,05$) das quatro sessões. Com base nos resultados obtidos no estudo piloto, foi definido que o volume de treinamento para a condição TRAD durante a intervenção crônica seria de dez séries por sessão.

6.4.3 Teste de Força Máxima Dinâmica (1RM)

A força máxima dinâmica foi mensurada por meio do teste de 1RM unilateral na cadeira extensora ($1RM_{EXT}$) de acordo com as recomendações estabelecidas pela NSCA (HAFF; TRIPLETT, 2016). Previamente, os participantes realizaram um aquecimento geral em uma bicicleta ergométrica a $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ por cinco minutos, seguidas de duas séries de aquecimento específico. Na primeira série foram realizadas oito repetições com 50% do 1RM estimado, enquanto na segunda série

foram realizadas três repetições com 70% do 1RM estimado com dois minutos de pausa entre as séries. Três minutos após o aquecimento, o teste de 1RM foi iniciado, no qual os participantes tiveram 5 tentativas, com sobrecargas externas progressivamente maiores (ajuste de 5-10%), para alcançar o peso correspondente à 1RM. Uma pausa de 3 minutos foi realizada entre as tentativas e o maior peso mobilizado foi considerado como 1RM.

Se o participante alcançasse a fadiga volitiva ou não atingisse o padrão técnico na última tentativa válida, o peso da tentativa prévia válida era considerado como 1RM. Durante todos os testes de 1RM, os sujeitos receberam incentivos verbais para que o máximo de esforço fosse empreendido em cada tentativa. Foram consideradas válidas somente as tentativas em que toda a amplitude de movimento predeterminada foi completada: de 90° a 0° de flexão do joelho (0° = extensão completa do joelho), sem alterações na técnica de execução. Todos os testes foram acompanhados pelos mesmos pesquisadores.

No período pré-intervenção, o 1RM_{EXT} foi testado em duas avaliações com 72 horas de espaço entre elas. A reavaliação do 1RM_{EXT} no momento pré-intervenção possibilitou a quantificação de medidas de reprodutibilidade da análise. Ainda, caso houvesse uma variação no peso mobilizado maior que 5% entre testes, uma terceira avaliação seria realizada após 72 horas (GRGIC et al., 2020). Todos os voluntários conseguiram cumprir os parâmetros mencionados com duas avaliações (variação <5% entre testes). As avaliações pré-intervenção e pós-intervenção foram realizadas 96 horas após a última sessão do período de padronização do volume de treinamento e após a última sessão do período de intervenção, respectivamente.

O CCI, CV, ETM e a mínima diferença detectável (MDD) para o 1RM_{EXT} foram 0,990; 3,05%; 0,5kg e 1,4kg, respectivamente.

6.4.4 Avaliação da Espessura Muscular

A ultrassonografia foi utilizada para mensuração da espessura muscular da região média (50% do comprimento do segmento coxa) dos músculos vasto lateral (EM_{VL}) e reto femoral (EM_{RF}) (Figura 6). Os participantes foram instruídos a se absterem de exercícios vigorosos por pelo menos 72 horas antes da avaliação (NEWTON et al., 2008). Antes da aquisição das imagens, os participantes deitaram-se na maca de avaliação e repousaram na posição supina por 20 minutos para garantir a homogeneização dos fluidos. O ultrassom modo-B (LOGIC L3, General Electric Healthcare®, Wauwatosa, Wisconsin, EUA) foi utilizado para adquirir as imagens. O ponto correspondente a 50% da distância entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur foi utilizado para aquisição das imagens no plano sagital (ABE et al., 2000) (Figura 6). Os locais em que o transdutor foi posicionado foram marcados com lápis hipoalergênico e, após a coleta das imagens, com tinta de henna que foi reforçada a cada duas semanas para garantir a consistência entre avaliações. A obtenção das imagens foi realizada com os sujeitos deitados em decúbito dorsal, com as pernas estendidas e os músculos relaxados.

A coleta dos dados seguiu os seguintes procedimentos: (i) aplicação do gel de transmissão solúvel em água na região de análise para garantir acoplamento acústico; (ii) posicionamento perpendicular do transmissor do tipo linear (12MHz e 45mm), sem que a pele fosse pressionada; (iii) quando a qualidade da imagem foi considerada satisfatória, a mesma foi salva em disco rígido e as dimensões da espessura muscular foram obtidas através da distância perpendicular entre a aponeurose superficial e profunda do músculo analisado (Figura 6), de acordo com o protocolo utilizado por Abe et al. (2000).

Foram coletadas três imagens por avaliação e a média dos valores de EM dessas três imagens foi adotada como a EM da região média do músculo VL ou RF. Todas as imagens foram coletadas e analisadas pelo mesmo avaliador (alheio à condição experimental de cada perna). A Figura 6 apresenta um exemplo ilustrativo do segmento coxa e imagens coletadas no presente estudo para a mensuração da EM da região média (50% do segmento) dos músculos VL e RF.

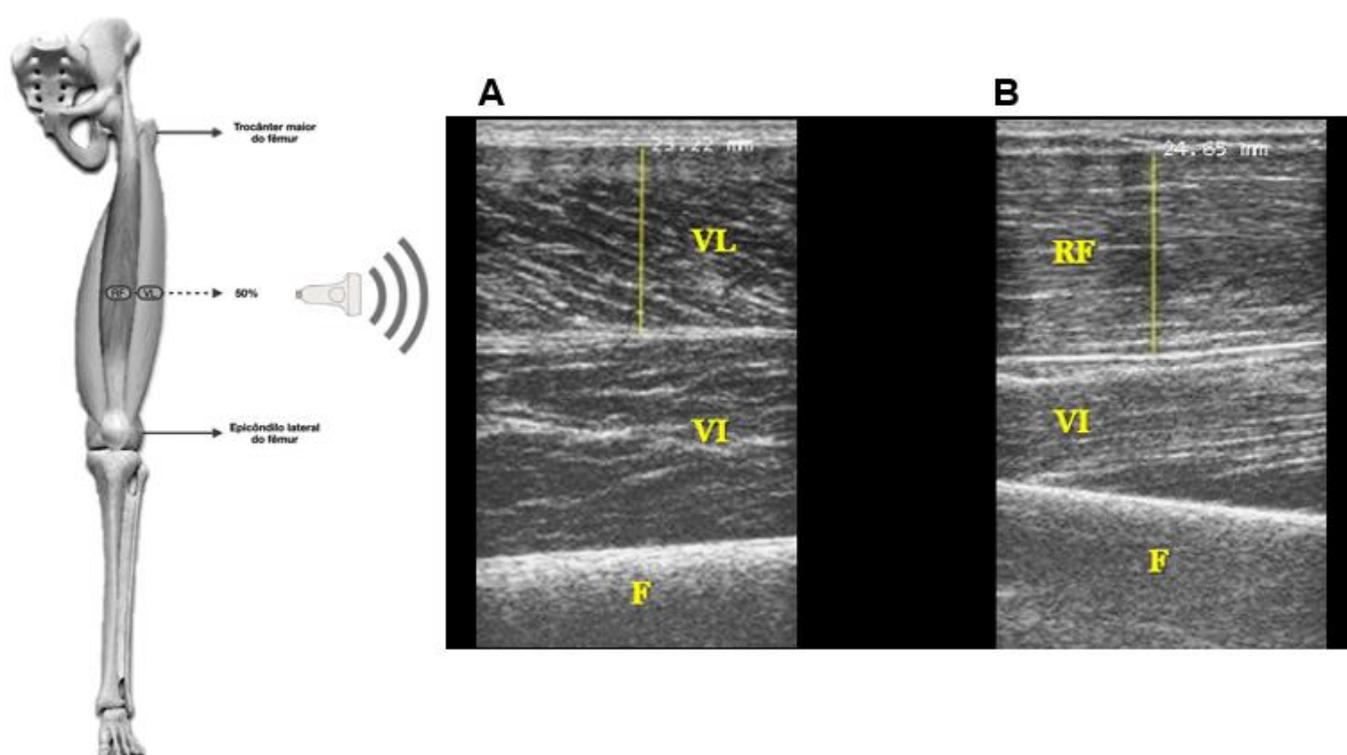


Figura 6. Região analisada e imagens coletadas para mensuração da espessura muscular. **(A)** espessura do músculo vasto lateral (VL); **(B)** espessura do músculo reto femoral (RF). VI = vasto intermédio; F = fêmur.

Com o intuito de evitar qualquer resquício de inchaço muscular transiente (DAMAS et al., 2016), as análises de US sempre foram conduzidas antes dos testes de força e as avaliações pré-intervenção e pós-intervenção foram realizadas 96 horas após a última sessão do período de padronização do volume de treinamento e após a última sessão do período de intervenção, respectivamente. No período de

familiarização, todas as análises de US foram realizadas em duas avaliações com 72 horas de espaço entre elas. A reavaliação da EM no momento pré-intervenção possibilitou a quantificação de medidas de reprodutibilidade da análise. O CCI, CV, ETM e MDD para a EM_{VL} e EM_{RF} foram 0,998; 0,6%; 0,41mm; 1,14mm e 0,995; 0,7%; 0,40mm; 1,11mm, respectivamente.

Para verificar eventuais adaptações heterogêneas entre os músculos avaliados, a variação relativa ($\Delta\%$) entre os momentos pré/pós-intervenção ($[EM_{PÓS} - EM_{PRÉ} / EM_{PRÉ}] * 100$) foi quantificada e esses valores relativos foram comparados entre EM_{RF} e EM_{VL} considerando (i) todas as unidades experimentais; (ii) somente o protocolo TRAD e (iii) somente o protocolo SST. Adicionalmente, a razão da variação relativa entre EM_{RF} e EM_{VL} ($\%EM_{RF} : \%EM_{VL}$) foi quantificada e comparada entre condições, objetivando averiguar eventuais respostas heterogêneas induzidas pelos respectivos protocolos de treinamento.

6.4.5 Volume Total de Treinamento

O volume total de treinamento (VTT: produto do número de séries x repetições x peso mobilizado [kg]) foi registrado e calculado em todas as sessões de treinamento. Foram quantificados e considerados para comparação entre condições o VTT acumulado ao longo das dez semanas de intervenção (ΣVTT) e a progressão do VTT, considerando dois parâmetros: (i) a variação relativa entre as semanas 10 e 1 ($\Delta\%VTT_{SEM10-1} = [VTT_{SEM10} - VTT_{SEM1} / VTT_{SEM1}] * 100$), ou seja, um indicativo da progressão do volume de treinamento entre a primeira e última semana de intervenção e (ii) a progressão semanal ao longo da intervenção (VTT_{PROG} = inclinação da reta referente ao VTT das 10 semanas de treinamento).

6.5 Análise Estatística

A normalidade e homogeneidade das variâncias foram analisadas através dos testes de *Shapiro-Wilk* e *Levene*, respectivamente. Assumida a normalidade dos dados, a média, desvio-padrão e 95% do intervalo de confiança (95% IC) foram calculados para cada variável dependente. Para a comparação entre condições (TRAD *versus* SST) das variáveis dependentes $1RM_{EXT}$, EM_{VL} e EM_{RF} no momento pré-intervenção, empregou-se o teste t (para amostras dependentes). O teste t também foi utilizado para a comparação entre condições (TRAD *versus* SST) das variáveis dependentes ΣVTT , $\Delta\%VTT_{SEM10-1}$ e para a comparação entre as mudanças absolutas (*i.e.* pós – pré) das variáveis $1RM_{EXT}$, EM_{VL} e EM_{RF} . Ainda, o teste t foi utilizado para a comparação entre as mudanças relativas ($\Delta\%$) das variáveis EM_{VL} *versus* EM_{RF} considerando todos os dados; somente o protocolo TRAD e somente o protocolo SST, bem como para comparar, entre condições (TRAD *versus* SST), a razão de aumento entre EM_{RF} e EM_{VL} ($\%EM_{RF} : \%EM_{VL}$). Para analisar e comparar a progressão do volume de treinamento ao longo da intervenção, os *slopes* (*i.e.* inclinação da reta) da VTT_{PROG} foram gerados utilizando uma regressão linear e comparados através de um teste da família F. A análise de variâncias de medidas repetidas (ANOVA) foi utilizada para comparar os efeitos de tempo (pré *versus* pós) e protocolos (TRAD *versus* SST), além da interação protocolo x tempo para as variáveis $1RM_{EXT}$, EM_{VL} e EM_{RF} . Em caso de valores de *F* significantes, um *post-hoc* de *Tukey* para comparações pareadas foi utilizado. As suposições de esfericidade foram avaliadas pelo teste de *Mauchly*. Quando violadas, o fator de correção de *Greenhouse-Geisser* foi aplicado. Para calcular o tamanho do efeito (TE) entre momentos (pré vs pós) foi usada a equação do *d* de *Cohen*; $d = (\text{média da variável 1} - \text{média da variável 2}) / \text{desvio padrão combinado (DP}_{\text{combinado}})$. O $DP_{\text{combinado}}$ é

calculado pela equação $\sqrt{\frac{(\text{DP}^2 \text{ da variável 1} + \text{DP}^2 \text{ da variável 2})}{2}}$ (LAKENS, 2013). Para comparação entre protocolos, seguiu-se os pressupostos discutidos em Dankel et al. (2017d), utilizando a equação $d = (\text{média das mudanças absolutas do grupo 1} - \text{média das mudanças absolutas do grupo 2}) / \text{desvio padrão combinado (DP}_{\text{combinado}})$. Os valores de d foram interpretados qualitativamente da seguinte forma: trivial ($< 0,2$), pequeno (0,2 a 0,6), moderado (0,6 a 1,2), grande (1,2 a 2,0), muito grande ($> 2,0$) (HOPKINS et al., 2009). Para as análises individuais, um sujeito foi definido como “respondedor” caso a mudança em relação ao valor pré-intervenção excedesse a mínima diferença detectável (MDD) (SWINTON et al., 2018) que foi calculada para cada variável dependente através da equação: $\text{MDD} = \text{erro da medida} \times 1.93 \times \sqrt{2}$ (WEIR, 2005). Adicionalmente, se um sujeito apresentasse uma diferença na resposta entre protocolos (diferença entre a mudança absoluta no TRAD – mudança absoluta no SST) maior que o MDD da respectiva variável, este seria considerado mais responsivo ao protocolo TRAD ou SST (HOPKINS et al., 2009). O delta percentual das diferenças ($\Delta\%$) foi calculado pela equação $\Delta\% = [(\text{valor 1} - \text{valor 2} / \text{valor 2}) \times 100]$ (DANKEL et al., 2017c). O valor de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. Todas as análises foram feitas no software GraphPad Prism versão 6.0 (La Jolla, CA, EUA). Os gráficos/figuras também foram formatados no *software* GraphPad Prism versão 6.0 (La Jolla, CA, EUA) seguindo os pressupostos para dados contínuos (WEISSGERBER et al., 2015).

7 RESULTADOS

A tabela 1 apresenta as características descritivas da amostra. Não foram observadas diferenças para as variáveis $1RM_{EXT}$, EM_{VL} e EM_{RF} ($p > 0,05$) antes (período de familiarização) e após (período pré-intervenção) o período de padronização do volume de treinamento. Adicionalmente, não foram observadas diferenças entre condições no momento pré-intervenção para as variáveis $1RM_{EXT}$, EM_{VL} e EM_{RF} ($p > 0,05$).

Tabela 1. Variáveis descritivas da amostra na linha de base (média \pm DP).

Variáveis	TRAD (n = 22)	SST (n = 22)	AMOSTRA	TRAD vs SST (valor p)
Idade (anos)	-	-	26,3 \pm 4,8	-
Estatura (cm)	-	-	175,4 \pm 5,8	-
Massa corporal total (kg)	-	-	84,4 \pm 9,6	-
Experiência no TF (anos)	-	-	5,6 \pm 2,4	-
$1RM_{AGACH}$ (kg)	-	-	135,0 \pm 20,2	-
$1RM_{AGACH}$ /massa corporal (u.a.)	-	-	1,5 \pm 0,1	-
VPT Quadríceps (séries·sem ⁻¹)	-	-	23,2 \pm 7,1	-
VPT Cadeira extensora (séries·sem ⁻¹)	-	-	11,3 \pm 4,7	-
VPT-PVT _{DIFERENÇA} (%)	-	-	-22,2 \pm 22,4	-
$1RM_{EXT}$ (kg)	52,8 \pm 13,2	52,4 \pm 12,7	52,6 \pm 12,8	0,453
EM_{VL} (mm)	32,2 \pm 4,9	31,8 \pm 4,4	32 \pm 4,6	0,386
EM_{RF} (mm)	35,5 \pm 6,7	35,6 \pm 5,7	35,5 \pm 6,1	0,471

TRAD = protocolo tradicional; **SST** = protocolo *sarcoplasma stimulating training*; **$1RM_{AGACH}$** = teste de uma repetição máxima no agachamento; **$1RM_{AGACH}$ /massa corporal** = razão $1RM_{AGACH}$ dividido pela massa corporal total; **VPT** = volume prévio de treinamento; **VPT-PVT_{DIFERENÇA}** = diferença relativa entre o volume prévio de treinamento e o volume realizado durante o período de padronização do volume de treinamento; **$1RM_{EXT}$** = teste de uma repetição máxima na cadeira extensora unilateral; **EM_{VL}** = espessura muscular do vasto lateral; **EM_{RF}** = espessura muscular do reto femoral.

7.1 Força Máxima Dinâmica (1RM)

Para o teste de $1RM_{EXT}$, foi observado um efeito principal significativo para o fator tempo ($F_{1,84} = 10,72$; $p = 0,001$), mas não para o protocolo ($F_{1,84} = 0,043$; $p = 0,835$) e nem para a interação protocolo x tempo ($F_{1,84} = 0,003$; $p = 0,954$). Ambos os protocolos apresentaram um incremento significativo entre os momentos pré e pós-intervenção de $11,6 \pm 4,1$ kg ($p = 0,002$; $\Delta\% = 24,1 \pm 11,4$; $d = 0,93$) e $10,5 \pm 4,0$ kg ($p = 0,004$; $\Delta\% = 21,7 \pm 10,6$; $d = 0,85$) para TRAD e SST, respectivamente (Tabela 2). Na comparação das mudanças absolutas (diferença/variação absoluta entre os momentos pós-pré) entre os protocolos, não foi observado um efeito significativo ($p = 0,194$; diferença média [95% IC] = $-1,1$ kg [$-3,4$ a $1,3$ kg]; $\Delta\% = 10,5$; $d = -0,26$ (Figura 7)).

Quanto aos resultados individuais, 7 sujeitos (32% da amostra) responderam melhor ao protocolo SST, 9 sujeitos (41% da amostra) foram mais responsivos ao protocolo TRAD, e 6 sujeitos (27% da amostra) responderam em magnitude similar aos dois protocolos (Figura 7).

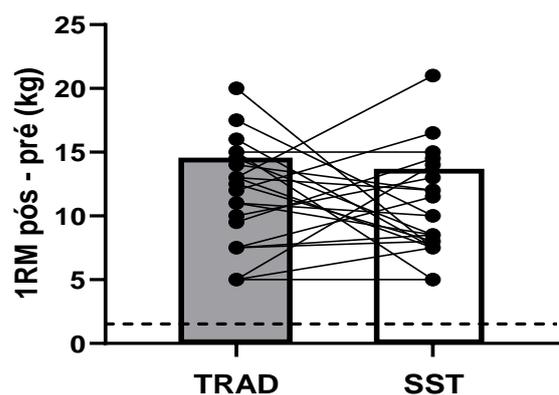


Figura 7. Mudança absoluta (em quilogramas) na força máxima dinâmica em relação ao momento pré-intervenção.

Linha pontilhada representa a área da mínima diferença detectável (MDD); $p > 0,05$.

7.2 Espessura Muscular

Para a EM_{VL} , foi observado um efeito principal significativo do fator tempo ($F_{1,84} = 7,806$; $p = 0,006$), mas não do protocolo ($F_{1,84} = 0,002$; $p = 0,961$), nem interação protocolo x tempo ($F_{1,84} = 0,117$; $p = 0,732$). Foi observado um incremento significativo entre os momentos pré e pós-intervenção para a EM_{VL} em ambos os protocolos: $2,5 \pm 1,3$ mm ($p = 0,045$; $\Delta\% = 7,8 \pm 4,2$; $d = 0,50$) e $3,3 \pm 1,1$ mm ($p = 0,011$; $\Delta\% = 10,4 \pm 3,6$; $d = 0,72$) para TRAD e SST, respectivamente (Tabela 2).

Na comparação das mudanças absolutas (pós-pré) entre os protocolos, o SST resultou em incremento significativamente maior na EM_{VL} em comparação ao TRAD ($p = 0,020$; diferença média [95% IC] = $0,8$ [$0,4$ a $1,2$ mm]; $\Delta\% = 30,4$; $d = 0,64$ (Figura 8).

Quanto aos resultados individuais de EM_{VL} , 6 sujeitos (27% da amostra) apresentaram maior responsividade ao protocolo SST, 1 sujeito (4% da amostra) foi mais responsivo ao protocolo TRAD, e 15 sujeitos (69% da amostra) não mostraram diferença na magnitude de resposta entre protocolos (Figura 9).

Para a EM_{RF} , foi observado um efeito significativo de tempo ($F_{1,84} = 11,65$; $p = 0,001$), mas não de protocolo ($F_{1,84} = 0,269$; $p = 0,604$), nem interação protocolo x tempo ($F_{1,84} = 0,137$; $p = 0,711$). Ambos os protocolos apresentaram um aumento significativo entre os momentos pré e pós-intervenção para a EM_{RF} : $4,1 \pm 1,2$ mm ($p = 0,027$; $\Delta\% = 12,0 \pm 4,3$; $d = 0,60$) e $5,1 \pm 0,6$ mm ($p = 0,003$; $\Delta\% = 14,7 \pm 2,7$; $d = 0,89$) para TRAD e SST, respectivamente (Tabela 2).

Na comparação das mudanças absolutas (pós-pré) entre os protocolos, o SST resultou em incremento significativamente maior na EM_{RF} em comparação ao TRAD ($p = 0,001$; diferença média [95% IC] = $1,0$ [$0,6$ a $1,5$ mm]; $\Delta\% = 25,5$; $d = 1,06$ (Figura 8).

Em relação aos resultados individuais de EM_{RF} , 8 sujeitos (36% da amostra) foram mais responsivos ao protocolo SST, 1 sujeito (4% da amostra) foi mais responsivo ao protocolo TRAD, e 13 sujeitos (60% da amostra) apresentaram responsividade similar aos dois protocolos (Figura 9).

Tabela 2. Medidas de força máxima e espessura muscular pré e pós-intervenção (média \pm DP).

Variáveis	Pré	Pós	$\Delta\%$	$(\Delta_{PÓS-PRÉ})$ [95% IC]	Fator Tempo <i>P</i>	Interação protocolo*tempo <i>P</i>
$1RM_{EXT}$ (kg)						
TRAD	52,8 \pm 13,2	64,4 \pm 11,5 ^a	24,1	11,6 [9,8 a 13,3]	0,001	0,954
SST	52,4 \pm 12,7	62,9 \pm 12,1 ^a	21,7	10,5 [8,8 a 12,2]	0,001	
EM_{VL} (mm)						
TRAD	32,2 \pm 4,9	34,7 \pm 1,3 ^a	7,8	2,5 [2 a 3]	0,006	0,732
SST	31,8 \pm 4,4	35 \pm 4,6 ^a	10,4	3,3 [2,8 a 3,7]	0,006	
EM_{RF} (mm)						
TRAD	35,5 \pm 6,7	39,5 \pm 6,9 ^a	12	4,1 [3,6 a 4,6]	0,001	0,711
SST	35,6 \pm 5,7	40,7 \pm 5,9 ^a	14,7	5,1 [4,9 a 5,4]	0,001	

TRAD = protocolo tradicional; **SST** = protocolo *sarcoplasma stimulating training*; **$1RM_{EXT}$** = teste de uma repetição máxima na cadeira extensora unilateral; **EM_{VL}** = espessura muscular do vasto lateral; **EM_{RF}** = espessura muscular do reto femoral $\Delta_{PÓS-PRÉ}$ = diferença absoluta entre os momentos pré e pós-intervenção e 95% do intervalo de confiança.

^a Diferença significativa entre os momentos pré e pós-intervenção ($p < 0,05$).

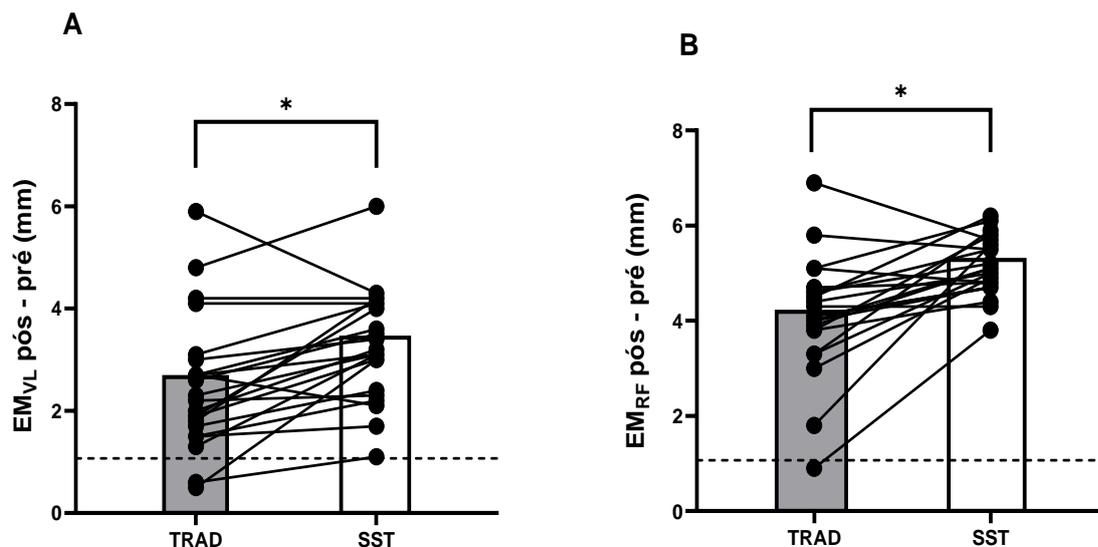


Figura 8. Mudança absoluta na espessura (em milímetros) dos músculos vasto lateral (A) e reto femoral (B) em relação ao momento pré-intervenção.

Linha pontilhada representa a área da mínima diferença detectável (MDD)

* = diferença significativa entre protocolos ($p < 0,05$).

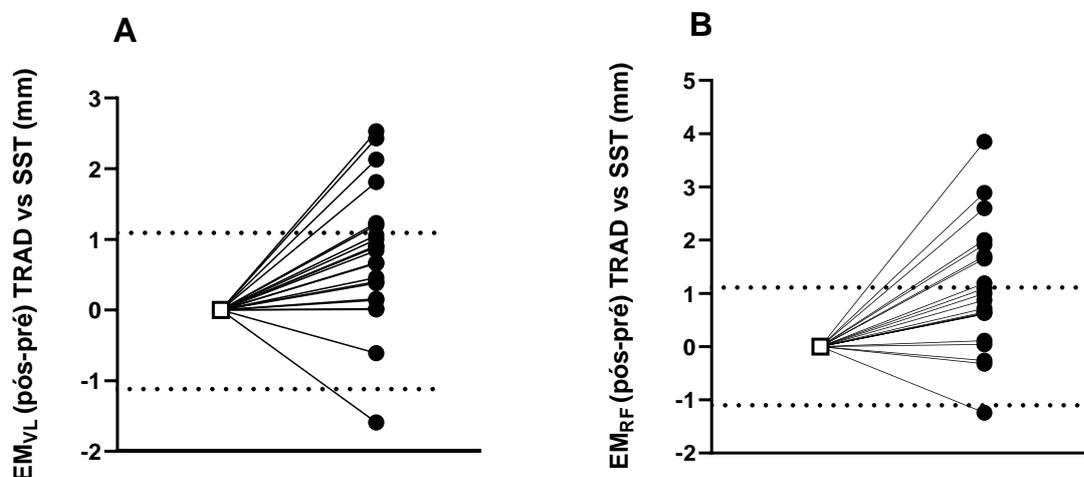


Figura 9. Responsividade aos protocolos SST e TRAD.

Círculos pretos indicam se as alterações na espessura muscular do vasto lateral (A) e do reto femoral (B) no protocolo SST são maiores (acima da MDD), similares (dentro da MDD), ou menores (abaixo da MDD) em comparação ao protocolo TRAD (quadrado em branco). Linhas pontilhadas representam os limites da MDD.

Com relação as comparações entre músculos, a variação relativa ($\Delta\%$ pré-pós) foi significativamente maior para a EM_{RF} em comparação a EM_{VL} , considerando

tanto (i) todos os dados ($p < 0,001$); (ii) apenas o protocolo SST ($p < 0,001$); e (iii) apenas o protocolo TRAD ($p < 0,05$) (Figura 10). Adicionalmente, a razão $\%EM_{RF} : \%EM_{VL}$ não apresentou diferenças entre condições ($p = 0,163$: $1,8 \pm 0,7$ versus $1,6 \pm 0,8$; para TRAD e SST, respectivamente) (Figura 10).

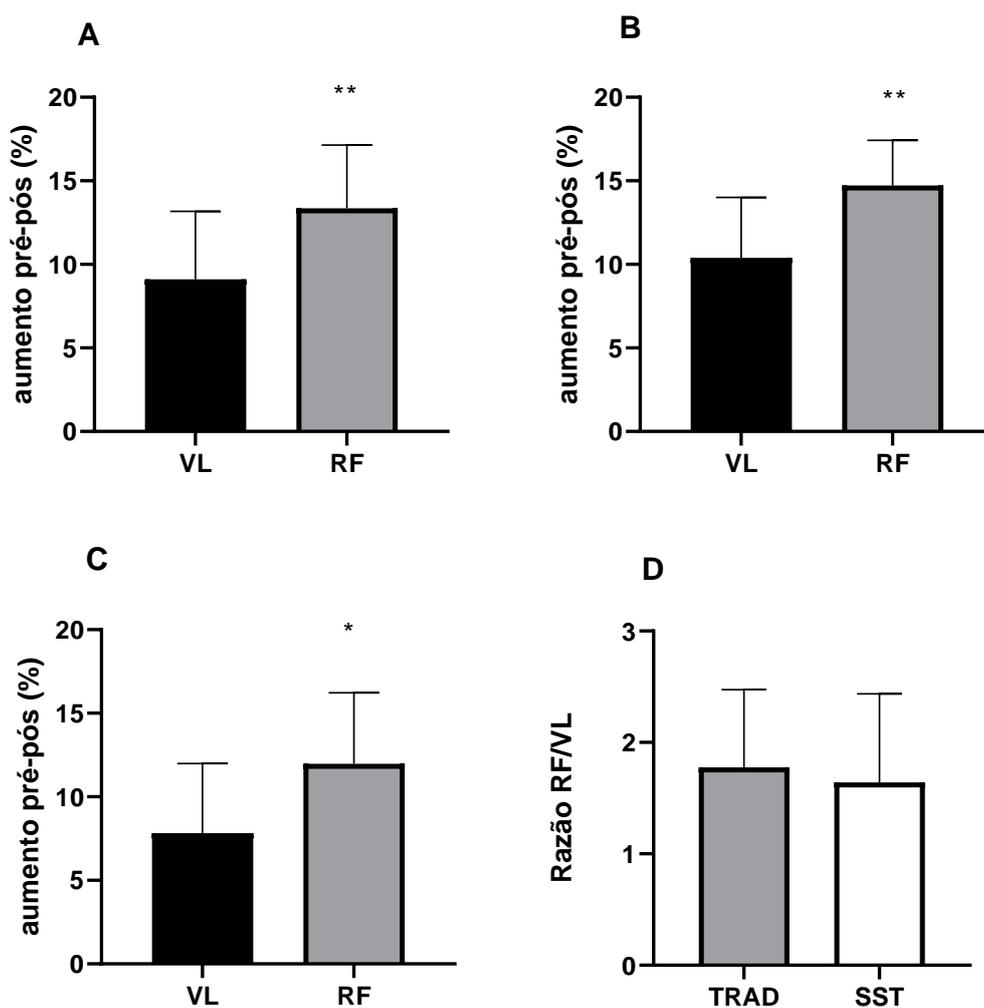


Figura 10. Comparação da mudança relativa pré-pós (%) da EM entre os músculos vasto lateral (VL) e reto femoral (RF).

(A) todos os dados; (B) apenas o protocolo SST; (C) apenas o protocolo TRAD; (D) razão da mudança pré-pós (%) entre os músculos RF e VL.

* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$.

7.3 Volume Total de Treinamento

A Figura 11 demonstra o VTT acumulado ao longo das 10 semanas (Σ VTT) nos protocolos de TF, assim como a mudança relativa do mesmo ($\Delta\%$ VTT_{SEM10-1} e VTT_{PROG}). Para o Σ VTT, não foram observadas diferenças significantes entre protocolos (SST = 45.092,6 \pm 9.704,5kg *versus* TRAD = 45.282,1 \pm 10.114,4kg; p = 0,712; diferença média [95% IC] = -190,5 [-1253 a 872 kg]). Foi observada maior progressão do $\Delta\%$ VTT_{SEM10-1} para o protocolo SST em comparação ao TRAD (SST = 32,1 \pm 7,6% *versus* TRAD = 26,9 \pm 6,6%; p = 0,007; diferença média [95% IC] = 5,2% [1,4 a 8,9%]).

Adicionalmente, os testes-F apontaram que os *slopes* (*i.e.* inclinação da reta) de VTT_{PROG} são diferentes entre zero (p < 0,001) e diferentes entre si (p < 0,001), demonstrando que a taxa de progressão do VTT ao longo das semanas foi maior no protocolo SST em comparação ao TRAD (VTT_{PROG} por semana [95% IC] = 3,6% [3,2 a 3,9%] *versus* 3,0% [2,7 a 3,3%] para SST e TRAD, respectivamente) (Figura 11).

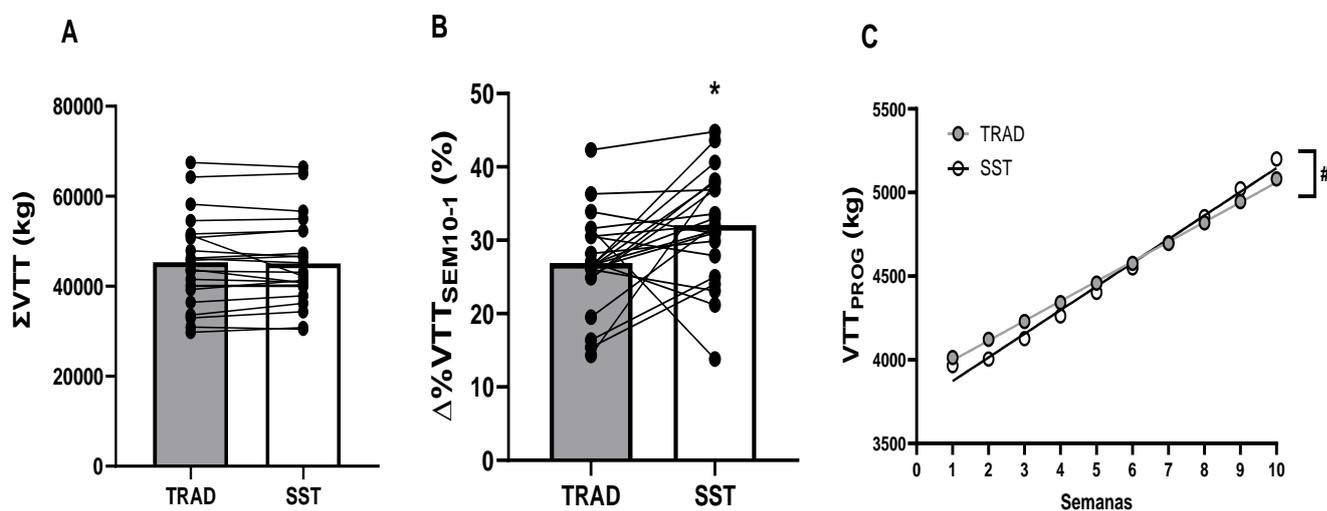


Figura 11. Volume Total de Treinamento (VTT).

(A) VTT acumulado (10 semanas) em cada protocolo; **(B)** diferença % entre VTT da semana 10 – semana 1 para cada protocolo; **(C)** slopes de progressão do VTT ao longo das semanas de intervenção em cada protocolo.

* diferença significativa em comparação ao protocolo TRAD (p < 0,05);

diferença significativa em comparação ao protocolo TRAD (p < 0,001).

8 DISCUSSÃO

Para o nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que comparou as alterações na força e espessura muscular advindas do efeito crônico do método SST *versus* TRAD em sujeitos treinados. Além disso, a análise temporal do VTT possibilitou quantificar e comparar as alterações no acúmulo de carga externa ao longo das 20 sessões de intervenção. A hipótese inicial era que as duas condições experimentais resultariam em incrementos significantes para os desfechos de força e hipertrofia muscular, sem diferenças entre protocolos.

Os principais achados foram que, em comparação ao TRAD, o SST apresenta: (i) os mesmos ganhos de força máxima ($1RM_{EXT}$); (ii) maior magnitude de hipertrofia do quadríceps femoral (EM_{VL} e EM_{RF}); (iii) o mesmo acúmulo de carga externa (ΣVTT) ao longo de 20 sessões; (iv) maior taxa de progressão das cargas de treinamento ($\Delta\%VTT_{SEM10-1}$ e VTT_{PROG}) e (v) mesma razão de crescimento reto femoral/vasto lateral ($\%EM_{RF} : \%EM_{VL}$).

Ambos os protocolos apresentaram ganhos substanciais entre os momentos pré e pós-intervenção para o $1RM_{EXT}$ e nenhuma diferença significativa foi observada entre condições ($\Delta\% = 24,1 \pm 11,4$; $d = 0,93$ [moderado] e $\Delta\% = 21,7 \pm 10,6$; $d = 0,85$ [moderado]; para TRAD e SST, respectivamente). Os incrementos observados corroboram a hipótese inicial e são similares aos valores reportados por outros estudos que investigaram os efeitos do TRAD e DP em indivíduos treinados e avaliaram a força máxima dinâmica no teste de $1RM_{EXT}$ unilateral (~20-30% após 21-24 sessões) (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2017; VAROVIĆ et al., 2021). Adicionalmente, os resultados observados corroboram a meta-análise de Coleman et al. (2022) que não observaram diferenças significantes entre DS e TRAD para os desfechos de força ($TE = 0,07$; 95% IC = -0,14 a 0,29) (COLEMAN et al., 2022).

Em tese, o aumento da força voluntária máxima proporcionado pelo TF ocorre principalmente por meio de fatores neurais nos estágios iniciais de treinamento, seguido por contribuições das alterações morfológicas no próprio tecido muscular (*i.e.* hipertrofia) (SALE, 1988).

Além disso, o aumento da produção de força voluntária máxima é inerente ao princípio da especificidade, ou seja, protocolos de treinamento que contemplem semelhança com a avaliação de força realizada no que diz respeito à tarefa motora executada, tipo de contração e intensidade utilizada, resultarão em adaptações neuromusculares mais pronunciadas, dentre elas: aumento do *drive* motor central, excitabilidade elevada dos motoneurônios e/ou inibição pré-sináptica reduzida (AAGAARD et al., 2002), bem como os já mencionados mecanismos intrínsecos à própria fibra muscular (DANKEL et al., 2019).

Assim sendo, a maximização da força (1RM) parece estar menos associada à magnitude da hipertrofia induzida pelo TF em si, ao passo que a utilização de altas intensidades relativas (%1RM) é considerada variável potencializadora dos ganhos de força máxima dinâmica (DE CAMARGO et al., 2022a; GRGIC et al., 2018; LOPEZ et al., 2021; REFALO et al., 2021; SCHOENFELD et al., 2017, 2021b). Nesse contexto, a intensidade relativa utilizada nos dois protocolos foi a mesma (8-10RM), explicando em alguma medida os aumentos similares na força muscular, uma vez que tal intensidade proporcionaria um elevado recrutamento de UMs (DE LUCA; CONTESSA, 2012). Ainda, o VTT acumulado (Σ VTT) sugere que ambas as condições experimentais resultaram em capacidade de performar repetições (volume) com %1RM (intensidade) similar ao longo da intervenção.

Por fim, os resultados observados no presente estudo são restritos ao parâmetro de força analisado ($1RM_{EXT}$) e não podem ser generalizados para

avaliações não específicas (e.g. testes em exercícios multiarticulares, avaliações de força máxima isométrica ou isocinética) (SCHOENFELD et al., 2017, 2021b).

Com relação ao desfecho hipertrofia, ambos os protocolos apresentaram ganhos substanciais entre os momentos pré e pós-intervenção para a EM_{VL} ($\Delta\% = 7,8 \pm 4,2$; $d = 0,50$ [pequeno] e $\Delta\% = 10,4 \pm 3,6$; $d = 0,72$ [moderado], para TRAD e SST, respectivamente) e EM_{RF} ($\Delta\% = 12,0 \pm 4,3$; $d = 0,60$ [moderado] e $\Delta\% = 14,7 \pm 2,7$; $d = 0,89$ [moderado], para TRAD e SST, respectivamente), porém, contrariamente a hipótese inicial, o protocolo SST apresentou incrementos superiores ao TRAD.

De maneira geral, os resultados observados: (i) corroboram os estudos que reportaram incrementos adicionais em medidas de hipertrofia com a utilização de determinados métodos avançados (FINK et al., 2018; GOTO et al., 2004; PRESTES et al., 2019; STRAGIER et al., 2019; VAROVIĆ et al., 2021); (ii) são conflitantes com outros trabalhos que não observaram diferenças entre condições (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2017; ENES et al., 2021; OZAKI et al., 2018; TRINDADE et al., 2019) ou respostas favoráveis ao TRAD (AMIRTHALINGAM et al., 2017; SCHUENKE et al., 2012) e (iii) são discordantes de revisões sistemáticas com meta-análises que não observaram diferenças para desfechos de hipertrofia entre os sistemas avançados *versus* TRAD (FONSECA et al., 2023) e entre o DP *versus* TRAD (COLEMAN et al., 2022; SØDAL et al., 2023).

Como, até o presente momento, o estudo transversal conduzido por De Almeida et al. (2019) é o único trabalho científico publicado que investigou o SST, a evidência disponível sobre o tema inviabiliza comparações referentes aos achados do presente estudo com outros trabalhos da literatura. Ademais, a disparidade metodológica e a heterogeneidade das amostras estudadas dificulta consideravelmente a comparação entre os resultados do presente estudo com outras

evidências da literatura acerca dos sistemas avançados de TF. Entretanto, algumas considerações relacionadas à procedimentos metodológicos e validade dos achados para aplicações práticas (validade ecológica) devem ser feitas com o intuito de ampliar a compreensão dos fenômenos observados.

A utilização de métodos avançados de treinamento por fisiculturistas, *powerlifters* e praticantes de TF justifica-se em situações em que o aumento indiscriminado da intensidade e do número de séries tradicionais por si só não é mais suficiente para promover respostas significativas na força e hipertrofia muscular (ALVES et al., 2020; KRZYSZTOFIK et al., 2019; TRINDADE et al., 2022, 2023). Da maneira como foram concebidos e são aplicados no ambiente prático, muitos dos sistemas avançados preconizam estratégias que objetivam aumentar o estresse imposto pelo treinamento realizado de maneira tradicional (séries conduzidas até, ou próximas, da FMC), geralmente, manipulando alguma variável aguda de prescrição que possibilite prolongar o estímulo após a obtenção da FMC em determinada série.

Estratégias como redução no peso mobilizado; intervalos curtos intra-série; repetições adicionais com auxílio externo (ajuda do treinador ou de outro praticante) ou com alterações no padrão/técnica de execução; e realização de outro exercício (multiarticular ou isolado) que enfatize o mesmo grupo muscular, são exemplos de procedimentos utilizados após a obtenção da FMC nos métodos DS, RP, repetições forçadas/roubada e *bi-set/pré-exaustão*, respectivamente (DE SALLES, 2020; PRESTES et al., 2016).

A realização de mais repetições (através da implementação dessas técnicas especializadas) após a interrupção da série (advinda da falha concêntrica) seria vantajoso devido ao volume adicional de treinamento (*i.e.* VTT) e à maior possibilidade de recrutar e fadigar uma quantidade adicional de fibras musculares – especialmente

aquelas com alto limiar de recrutamento, devido ao princípio do tamanho e ao “padrão de substituição das unidades motoras” – favorecendo, possivelmente, a maximização da hipertrofia muscular (DANKEL et al., 2017b, 2017a).

Entretanto, como o volume de treinamento é considerado uma das principais variáveis potencializadoras da hipertrofia muscular induzida pelo TF (BAZ-VALLE et al., 2022; BRIGATTO et al., 2019; FIGUEIREDO; DE SALLES; TRAJANO, 2018; SCHOENFELD et al., 2019; SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017), as pesquisas geralmente buscam equiparar/equalizar essa métrica entre os protocolos de TF estudados (comumente um método avançado *versus* o modelo TRAD), com o intuito de eliminar o viés associado às diferenças de volume entre condições experimentais (ANGLERI; UGRINOWITSCH; LIBARDI, 2017; ENES et al., 2021, 2022; PRESTES et al., 2019).

A equalização do volume configura um cuidado metodológico importante, proporcionando aumento da validade interna da pesquisa, porém, essa abordagem científica minimiza a validade ecológica no que diz respeito ao ambiente prático/clínico (e.g. salas de musculação), uma vez que não são exploradas as possíveis vantagens que justificam a aplicação destas técnicas (por exemplo, acumular um maior volume de treinamento). Ou seja, neste contexto, o maior volume de treinamento induzido por essas técnicas, embora seja, sob o ponto de vista metodológico, corretamente considerado apenas um viés de estudo ou um fator de confusão, também pode ser visto como um possível meio para maximizar os desfechos analisados (KASSIANO et al., 2021b).

Trazendo essas perspectivas para a ciência do TF, em ambos os desenhos experimentais (com e sem equalização do volume), há limitações quanto à aplicação dos achados. Um dos principais problemas associados à tentativa de equalização do

volume no ambiente de pesquisa é que, invariavelmente, o protocolo avançado de TF investigado possivelmente não será explorado em sua formatação original (KASSIANO et al., 2021b; SCHOENFELD, 2011).

Como exemplo, no estudo de Angleri, Ugrinowitsch e Libardi (2017) que comparou os sistemas TRAD, pirâmide e DS, os autores reportam que, em algumas sessões de treinamento do protocolo DS, determinadas séries eram encerradas antes que os sujeitos atingissem a falha concêntrica para garantir a equalização do VTT com o protocolo TRAD. Embora tal procedimento tenha garantido a equalização do VTT entre condições experimentais, pressuposto relevante para o rigor metodológico e validade interna da investigação, é possível que essa escolha metodológica tenha subdimensionado o real efeito do protocolo DS enquanto potencializador das adaptações neuromusculares, diminuindo a validade ecológica dos achados.

Por outro lado, em estudos sem equalização do volume de treinamento, embora os protocolos experimentais sejam prescritos de maneira mais fidedigna ao ambiente prático, tal procedimento impossibilita isolar o real efeito da intervenção em si, em outras palavras, não é possível estimar se uma eventual resposta superior foi devido a fatores relacionados à própria estratégia avançada, ou se foi devido ao aumento do volume de treinamento (KASSIANO et al., 2021b).

Com o intuito de, em alguma medida, equilibrar essas nuances metodológicas, o presente estudo adotou um delineamento experimental que buscou equiparar o volume de treinamento entre protocolos sem, entretanto, descaracterizar o SST. Para tanto, o volume dos protocolos foi equalizado utilizando como referência o VTT da condição SST. Dessa maneira, o SST foi realizado conforme sua concepção original, sem restrições quanto ao VTT resultante.

Tendo os protocolos equiparados de maneira aguda (com base em 4 sessões de treinamento), definiu-se que ambos, SST e TRAD, seriam longitudinalmente investigados mantendo-se a mesma estruturação definida no estudo piloto (seis blocos no SST e dez séries no TRAD). Esse delineamento possibilitou: (i) equalizar o volume de treinamento entre as condições experimentais, mantendo o rigor metodológico e a validade interna do experimento; (ii) investigar o SST sem descaracterizar a estruturação original do método (manutenção da validade ecológica), uma vez que não foi necessário “engessar” as características de prescrição para que o protocolo se equiparasse ao TRAD.

Além das considerações referentes aos cuidados metodológicos necessários em relação ao VTT dos protocolos experimentais, uma outra condição que pode ser considerada como uma possível variável de viés é o volume prévio de treinamento. Amostras de sujeitos treinados são compostas por voluntários com volumes prévios distintos (e.g. número de séries semanais que cada voluntário habitualmente realiza por grupo muscular) e, independentemente do volume prévio individual, os participantes geralmente são submetidos a protocolos de TF que envolvem um número de séries padronizado para o grupo experimental como um todo. Nesse cenário, determinado participante pode ser exposto ao aumento, manutenção ou redução do volume de treinamento em comparação ao volume comumente realizado por ele antes do início do protocolo experimental (MARSHALL; MCEWEN; ROBBINS, 2011; SCARPELLI et al., 2020).

Como exemplo, em estudo que investigou o efeito de diferentes volumes semanais, Brigatto et al. (2019) reportaram aumento superior na EM_{VL} para indivíduos treinados que realizaram 24 e 32 séries semanais (séries/sem) por grupo muscular em comparação ao grupo que realizou 16 séries/sem. Embora não tenham sido

observadas diferenças significantes entre grupos para o número de séries/sem realizadas para o quadríceps femoral antes do estudo, é importante ressaltar que o número de séries/sem para esse grupo muscular foi reduzido na condição de 16 séries/sem durante a intervenção (de 21 ± 13 para 16 séries/sem). Por outro lado, para os grupos de 24 e 32 séries, o volume semanal para o quadríceps aumentou (de 16 ± 5 para 24 e de 19 ± 7 para 32 séries/sem, respectivamente) (BRIGATTO et al., 2019).

Esse cenário dificulta a compreensão do real efeito das intervenções, em outras palavras, não é possível estimar o quanto as respostas observadas foram influenciadas pelos protocolos de treinamento em si (diferentes volumes semanais) e o quanto foram influenciadas pelas alterações (aumentos e reduções) no volume de treinamento em comparação ao volume semanal que os voluntários comumente realizavam.

Portanto, negligenciar o volume prévio da amostra pode prejudicar a compreensão quanto ao real efeito da intervenção, uma vez que aumentos ou diminuições repentinas e abruptas no volume de treinamento têm potencial de modular a resposta hipertrófica, caracterizando essa condição como uma possível variável de confusão (SCARPELLI et al., 2020).

O efeito do volume prévio de treinamento enquanto potencial fator de viés em pesquisas com amostras treinadas é uma hipótese que ainda carece de mais investigações que quantifiquem a magnitude de influência dessa variável na resposta hipertrófica induzida pelo TF (DE CAMARGO et al., 2022b; HAMMERT; MORENO; BUCKNER, 2023). Entretanto, o estudo conduzido por Scarpelli et al. (2020) corrobora a noção de que mudanças bruscas no volume prévio podem desconsiderar o princípio da sobrecarga progressiva.

Usando um delineamento experimental intra-sujeito, Scarpelli et al. (2020) compararam um protocolo de TF individualizado, em que foi prescrito um volume de treinamento referente a 1,2 vezes o número de séries/sem (por grupo muscular) que cada indivíduo vinha realizando anteriormente, *versus* um protocolo de treinamento não individualizado, prescrito com um total de 22 séries/sem. O protocolo de treinamento individualizado resultou em aumentos substancialmente maiores na ASTA do vasto lateral em comparação com o protocolo de treinamento não individualizado ($p = 0,042$; diferença média [95% IC] = 1,08 cm² [0,04 a 2,11]) (SCARPELLI et al., 2020).

A análise das respostas individuais demonstrou que a maioria dos sujeitos se beneficiou com a realização de um número individualizado de séries, embora possam ter realizado um número maior de séries no protocolo não individualizado. Esse comportamento foi observado mesmo para um sujeito cujo volume de séries na condição não individualizada foi 120% maior em comparação ao volume realizado anteriormente (SCARPELLI et al., 2020).

Dessa maneira, pesquisas que comparem diferentes protocolos de TF em sujeitos treinados podem se beneficiar da individualização do volume de treinamento dos participantes, tendo como referência o registro de treinamento individual autorrelatado. O ajuste individualizado do volume da intervenção em comparação ao volume prévio pode contribuir com uma determinação mais precisa da capacidade adaptativa do grupo experimental (ou seja, induzir um estímulo mais homogêneo entre os participantes), evitando a interferência de fatores de confusão nas adaptações induzidas pelo TF e, portanto, permitindo testar adequadamente a hipótese proposta no estudo.

Com o intuito de, em alguma medida, atenuar esse possível fator de viés, o presente estudo adotou um procedimento metodológico denominado período de padronização do volume prévio (quatro semanas de treinamento com um volume padronizado em 16 séries/sem) antes da execução dos protocolos experimentais em si. Esse prelúdio de quatro semanas possibilitou normalização do volume de treinamento, fazendo com que todos os voluntários apresentassem o mesmo volume prévio antes do período de intervenção e, conseqüentemente, a mesma progressão relativa ao serem expostos aos protocolos de treinamento. Nesse sentido, o volume do protocolo de padronização foi predeterminado em 16 séries semanais de modo que, quando os voluntários iniciassem o período de intervenção, uma progressão controlada de 25% fosse feita no volume prévio de todos os sujeitos em relação as duas condições de treinamento.

Os cuidados experimentais adotados no presente estudo configuram um rigor metodológico que atenua o efeito das variáveis de confusão citadas anteriormente, o que possibilita observar o real efeito dos protocolos TRAD e SST nas adaptações neuromusculares. Nesse contexto, a hipótese inicial era que, com os protocolos de treinamento apresentando o mesmo acúmulo de carga externa (ΣVTT), a magnitude de hipertrofia seria a mesma entre condições, uma vez que o volume de treinamento possui uma relação causal contributiva com a hipertrofia induzida pelo TF (BAZ-VALLE et al., 2022; BRIGATTO et al., 2019; FIGUEIREDO; DE SALLES; TRAJANO, 2018; SCHOENFELD et al., 2019; SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2017).

Porém, mesmo com o ΣVTT similar, o SST resultou em incremento superior na EM_{VL} e EM_{RF} . É possível, portanto, que outros fatores intrínsecos aos protocolos de treinamento possam ter contribuído para as respostas observadas.

As atuais diretrizes referentes as recomendações para a maximização da hipertrofia muscular sugerem que, além do Σ VTT, o comportamento da progressão do VTT (VTT_{PROG}) ao longo do período de treinamento é uma variável que também pode influenciar as adaptações neuromusculares induzidas pelo TF (SCHOENFELD et al., 2021a). Estudos recentes demonstraram que protocolos de TF com taxas de VTT_{PROG} semelhantes apresentaram ganhos similares de força e hipertrofia, mesmo com diferenças significantes no Σ VTT entre condições (BARCELOS et al., 2018; CORRÊA et al., 2022; DAMAS et al., 2019).

Corroborando esses achados, o estudo retrospectivo de Nóbrega et al. (2022) comparando protocolos de TF prescritos com margem de repetições máximas (margem de RM) *versus* percentual de 1RM (%1RM), observou relações significantes entre a VTT_{PROG} e a magnitude de hipertrofia induzida pelo TF (% de mudança na ASTA do vasto lateral) ($p = 0,015$; $R^2 = 0,24$), mas não entre Σ VTT e hipertrofia ($p = 0,43$; $R^2 = 0,03$). Ademais, o Σ VTT foi similar entre grupos (%1RM = 26.695 ± 6.785 kg *versus* margem de RM = 30.936 ± 8.391 kg; $p = 0,185$), entretanto, o protocolo por margem de RM resultou em maior taxa de VTT_{PROG} (%1RM = $1,01 \pm 0,55\%$ por sessão *versus* margem de RM = $2,30 \pm 0,58\%$ por sessão; $p = 0,001$) e incrementos significantemente maiores na ASTA do vasto lateral (%1RM = $7,86 \pm 4,0\%$ *versus* margem de RM = $16,0 \pm 4,0\%$; $p = 0,0001$) (NÓBREGA et al., 2022).

Os resultados desses estudos (BARCELOS et al., 2018; CORRÊA et al., 2022; DAMAS et al., 2019; NÓBREGA et al., 2022) sugerem que, além do volume acumulado durante o protocolo de TF (Σ VTT), a taxa de progressão do volume de treinamento (VTT_{PROG}) possivelmente representa uma métrica que influencia a magnitude da hipertrofia muscular.

No presente estudo, os parâmetros utilizados para quantificar a progressão do VTT foram a variação relativa entre as semanas 10 e 1 ($\Delta\%VTT_{SEM10-1}$), ou seja, um indicativo da progressão do volume de treinamento entre a primeira e última semana de intervenção e a taxa de progressão semanal ao longo da intervenção (VTT_{PROG}). Tanto a $\Delta\%VTT_{SEM10-1}$ (SST = $32,1 \pm 7,6\%$ versus TRAD = $26,9 \pm 6,6\%$) quanto a VTT_{PROG} (% por semana [95% IC] = $3,6\%$ [3,2 a 3,9%] versus $3,0\%$ [2,7 a 3,3%] para SST e TRAD, respectivamente) foram maiores no SST em comparação ao TRAD. As diferenças observadas entre protocolos na capacidade de progressão da carga externa de treinamento podem, em alguma medida, explicar os benefícios do SST para o desfecho hipertrofia.

Também é plausível hipotetizar que os benefícios hipertróficos proporcionados pelo SST possam ter sido desencadeados pela própria estruturação do protocolo. Embora tenham culminado em VTT similar, as condições sob as quais esse VTT foi acumulado ao longo da sessão de treinamento são dessemelhantes. No TRAD, os voluntários realizavam dez séries até a FMC com intervalos de dois minutos entre séries, resultando em 27 ± 4 minutos de treinamento (média das 20 sessões). Entretanto, no protocolo SST, um volume de treinamento similar era performado sob condição de maior densidade (volume por unidade de tempo), uma vez que os intervalos entre os pontos de falha concêntrica eram muito curtos (10 segundos) e os blocos de estímulos eram prolongados até que fosse possível realizar somente 1RM. Essa estruturação resultou em sessões com tempo de duração mais curto (15 ± 6 minutos).

Ao dividir o VTT (média das 20 sessões) pelo tempo de duração das sessões, observamos que a densidade do protocolo SST foi substancialmente maior em comparação ao TRAD ($p < 0,001$; $145,9 \pm 33,7 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ versus $83,8 \pm 18,6 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$

para SST e TRAD, respectivamente). É possível que as adaptações celulares necessárias para sustentar essa condição de maior densidade possam ter envolvido maior capacidade de tamponamento intramuscular para controlar a acidose metabólica (ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004), caracterizando um estímulo de treinamento com acentuado estresse metabólico. Em concordância com essa hipótese, evidências demonstram que a densidade é uma variável intimamente associada com o estresse metabólico induzido pelo TF (KASSIANO et al., 2020; MARSTON et al., 2017; WEAKLEY et al., 2017).

Considerando que a densidade de treinamento observada no SST sugere maior magnitude de estresse metabólico em comparação ao TRAD, outro possível mecanismo que pode ter sido potencializado nessa condição, contribuindo em partes para compreender os resultados observados, é o inchaço muscular induzido pelo TF (SCHOENFELD, 2013; SCHOENFELD; CONTRERAS, 2014).

As alterações agudas nas dimensões do músculo esquelético (*i.e.* inchaço muscular) resultam da hiperemia ativa fisiológica decorrente do aumento do fluxo sanguíneo devido à maior demanda por oxigênio e nutrientes, bem como à remoção de metabólitos (JOYNER; CASEY, 2015; SCHOENFELD; CONTRERAS, 2014).

O inchaço muscular agudo é ampliado em modelos de TF que demandam altas taxas de glicólise anaeróbica, particularmente os protocolos que envolvem alto número de repetições e intervalos de descanso relativamente curtos (*e.g.* SST), ou seja, estímulos com maior densidade de treinamento (SCHOENFELD, 2013). Protocolos com essas características resultam em acúmulo substancial de subprodutos metabólicos como lactato e fosfato inorgânico, que por sua vez acabam agindo como osmólitos, atraindo fluido adicional para dentro da célula (FRIGERI et al., 1998; SJOGAARD; ADAMS; SALTIN, 1985). Nesse contexto, De Almeida et al. (2019)

observaram que, em comparação ao modelo TRAD, o SST promove aumento significativamente superior no inchaço muscular dos músculos bíceps e tríceps braquial.

Devido à associação com a ativação da integrina, uma proteína de adesão da membrana celular, responsável pelo desencadeamento de mecanismos intracelulares anabólicos e redução de processos catabólicos (condições que culminam em aumento da SPM), o inchaço muscular agudo é caracterizado como um marcador, bem como um dos mecanismos associados ao potencial hipertrófico, do estresse metabólico induzido pelo TF (REFALO et al., 2021; SCHOENFELD et al., 2021a; WACKERHAGE et al., 2019). Ademais, Hirono et al. (2020) relataram uma associação moderada entre o aumento agudo na EM (inchaço muscular) após a primeira sessão de TF e o aumento crônico na mesma medida (hipertrofia) após o programa de treinamento.

Com base nesse cenário acerca das relações entre densidade, inchaço muscular e estresse metabólico, é possível que o protocolo SST tenha potencializado esses mecanismos, fator que pode ter contribuído para a resposta hipertrófica mais expressiva em comparação ao TRAD (WACKERHAGE et al., 2019).

Conquanto apresente sustentação fisiológica, todas essas hipóteses devem ser consideradas apenas como possíveis explicações parciais, uma vez que marcadores de estresse metabólico e inchaço muscular não foram aferidos no presente estudo. Adicionalmente, os mecanismos subjacentes ao estresse metabólico enquanto catalisador da hipertrofia muscular ainda não foram totalmente elucidados (DANKEL et al., 2017a; SCHOENFELD, 2013). Dessa maneira, futuros estudos são necessários para replicar os resultados aqui observados e, se confirmados, determinar as causas mecanicistas.

Com relação as comparações entre músculos, a variação relativa ($\Delta\%$ pré-pós) foi significativamente maior para a EM_{RF} em comparação a EM_{VL} , independentemente da condição experimental.

O crescimento do músculo esquelético pode ocorrer de maneira não uniforme ao longo do comprimento do músculo e entre porções individuais de um determinado grupo muscular (ANTONIO, 2000; ZABALETA-KORTA; FERNÁNDEZ-PEÑA; SANTOS-CONCEJERO, 2020). Nesse sentido, as evidências demonstram que o exercício selecionado pode promover crescimento heterogêneo intra e intermuscular (KASSIANO et al., 2022b). Especificamente quanto ao quadríceps femoral, estudos prévios observaram que a execução de exercícios isolados de extensão de joelhos (e.g. cadeira extensora) promovem hipertrofia preferencial do reto femoral em relação aos vastos (EMA et al., 2013; HISAEDA et al., 1996; HOUSH et al., 1992; MATTA et al., 2017; WAKAHARA et al., 2017).

Os resultados do presente estudo corroboram esse crescimento intermuscular não homogêneo dos componentes do quadríceps (EM_{RF} e EM_{VL}) e demonstram que esse comportamento se mantém mesmo com a utilização de diferentes métodos de TF. A razão $\%EM_{RF} : \%EM_{VL}$ não apresentou diferenças entre condições, confirmando que as adaptações hipertróficas heterogêneas induzidas pelo TF são influenciadas substancialmente pela seleção dos exercícios, independentemente do protocolo de treinamento utilizado (TRAD ou SST).

O presente estudo possui limitações que devem ser consideradas na inferência das aplicações práticas baseadas nas evidências apresentadas:

(i) A quantificação do volume prévio de treinamento foi realizada com base em informações autorreferidas, podendo apresentar imprecisão. Apesar disso, todos os

sujeitos foram submetidos a uma entrevista na qual receberam explicações detalhadas sobre as informações que deveriam ser reportadas.

(ii) É importante ressaltar que o presente estudo não utilizou nenhuma ferramenta de controle ou mensuração da ingestão diária de macronutrientes, o que pode ter impactado as adaptações morfológicas. No entanto, evidências demonstram que a ingestão diária auto selecionada de calorias e proteínas não difere entre sujeitos com alta e baixa responsividade à hipertrofia induzida pelo TF (ROBERTS et al., 2018; THALACKER-MERCER; PETRELLA; BAMMAN, 2009), sugerindo que outros fatores intrínsecos e extrínsecos contribuiriam de maneira mais expressiva para a responsividade em detrimento ao controle da ingestão diária de macronutrientes.

Ainda, os sujeitos foram instruídos a manterem os seus respectivos hábitos alimentares/nutricionais. Além disso, é provável que o desenho experimental intra-sujeito contribuiu para minimizar o impacto das eventuais diferenças na ingestão de macronutrientes entre os voluntários.

(iii) As análises de espessura muscular foram realizadas apenas na região média da coxa (50% do comprimento do seguimento) e em apenas dois dos quatro músculos que contemplam o quadríceps femoral. O número reduzido de músculos e regiões analisadas limita a capacidade de avaliar eventuais adaptações hipertróficas heterogêneas intra e entre músculos (ZABALETA-KORTA; FERNÁNDEZ-PEÑA; SANTOS-CONCEJERO, 2020).

(iv) O modelo de treinamento unilateral utilizado no estudo favorece o efeito de educação cruzada, o qual pode contribuir para aumentos na força muscular do membro contralateral não treinado por fatores neurais (LEE; CARROLL, 2007). Contudo, é possível que o efeito cruzado (ao menos na avaliação pós-intervenção) tenha sido minimizado com o delineamento experimental adotado devido aos

seguintes fatores: a) os ganhos de força decorrentes de fatores neurais geralmente duram menos que o período da intervenção (i.e. quatro semanas do período de padronização do volume e dez semanas dos protocolos TRAD e SST, totalizando 14 semanas de treinamento); b) os participantes do estudo foram sujeitos com experiência de $5,6 \pm 2,4$ anos de TF. O efeito cruzado tem menores possibilidades de acontecer em indivíduos treinados comparado aos não treinados (MUNN; HERBERT; GANDEVIA, 2004); c) embora o delineamento intra-sujeitos apresente limitações, a variabilidade biológica inerente ao delineamento de grupos pareados (desenho experimental inter-sujeitos) tem um maior efeito nos ganhos de força e hipertrofia comparado ao efeito cruzado (MACINNIS et al., 2017).

(v) O delineamento intra-sujeito limita a seleção de exercícios, diminuindo a possibilidade de investigar rotinas de treinamento mais semelhantes com as que são comumente prescritas no ambiente prático. Por outro lado, esse tipo de desenho experimental é mais efetivo no controle da variabilidade das adaptações neuromusculares, uma vez que ambas as pernas são afetadas igualmente pela variabilidade biológica.

Ademais, foi de grande importância controlar o VTT entre os protocolos. Um delineamento de grupos pareados não possibilitaria um controle preciso do VTT, uma vez que se o VTT de um grupo experimental fosse utilizado como padrão para o outro grupo, poderia haver um subdimensionamento ou uma sobrecarga excessiva em um dos grupos, enviesando os resultados observados.

(vi) O período do dia em que os treinos foram realizados variou de acordo com a disponibilidade dos participantes, ou seja, alguns voluntários treinaram no período da manhã, outros no período da tarde e outros no período da noite. A impossibilidade de padronização do horário de treinamento entre sujeitos pode ter exercido alguma

influência nos resultados neuromusculares, uma vez que evidências demonstram variação no desempenho neuromuscular de acordo com a hora do dia, devido a fatores como cronobiologia e ritmo circadiano (DRUST et al., 2005).

No entanto, uma revisão sistemática com meta-análise a respeito dos efeitos do período do dia em que o TF é realizado demonstrou que o aumento da força e da hipertrofia muscular é semelhante, independentemente do período em que o treinamento é realizado (GRGIC et al., 2019).

Ainda, a variação no horário dos treinos ocorreu apenas entre sujeitos, assim sendo, o período do dia em que cada um realizou suas respectivas sessões de treino foi o mesmo ao longo da intervenção, bem como manteve-se o mesmo em comparação ao período do dia em que os sujeitos comumente realizavam suas rotinas de treinamento antes do estudo. Além disso, é provável que o desenho experimental intra-sujeito tenha contribuído para minimizar o impacto das eventuais diferenças no horário de treinamento entre os voluntários.

(vii) Finalmente, os resultados podem ter sido influenciados pelo fato de os sujeitos serem expostos a um estímulo desconhecido de treinamento. Nas entrevistas antes da intervenção, todos os voluntários relataram não possuir experiência prévia com o protocolo SST. Portanto, a perna designada para a condição SST foi exposta a um novo estímulo em relação ao histórico de treinamento dos voluntários. Ainda que o período de padronização do volume tenha normalizado o histórico de treinamento recente dos participantes, todos possuíam experiência prévia com o modelo de séries tradicionais. Assim sendo, mesmo com o volume prévio normalizado e a mesma progressão relativa ao serem expostos aos protocolos de treinamento, a condição SST representou uma mudança mais acentuada no programa de treinamento.

9 CONCLUSÃO

O presente estudo fornece evidências de que, em comparação ao modelo de séries tradicionais, o protocolo de treinamento SST apresenta os mesmos ganhos de força e maior magnitude de hipertrofia muscular. Portanto, o presente estudo inaugura as discussões na literatura científica acerca da eficácia do método nas adaptações neuromusculares crônicas.

Indivíduos treinados podem se beneficiar com a implementação desse protocolo em suas rotinas de treinamento objetivando a maximização do crescimento muscular. Ainda, o SST proporciona maior taxa de progressão da carga externa de treinamento, fato que também justifica sua utilização para promover o princípio da sobrecarga progressiva ao longo do ciclo de treinamento.

É concebível que, para indivíduos treinados que tenham como objetivo principal a maximização da força e hipertrofia muscular, a implementação dos métodos de treinamento dentro de um contexto periodizado possa ser uma abordagem ideal. Tal abordagem possibilita uma variação sistematizada dos estímulos de treinamento, proporcionando a atenuação de possíveis estagnações, além de um controle mais minucioso do monitoramento e progressão da carga externa de treinamento, fatores que podem induzir adaptações morfofuncionais mais substanciais e duradouras.

REFERÊNCIAS

- AAGAARD, P. et al. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 6, p. 2309–2318, 1 jun. 2002.
- ABE, T. et al. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. **European journal of applied physiology**, v. 81, n. 3, p. 174–80, 2000.
- ACSM. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, 2009.
- ALVES, R. C. et al. Training Programs Designed for Muscle Hypertrophy in Bodybuilders: A Narrative Review. **Sports**, v. 8, n. 11, p. 149, 2020.
- AMIRTHALINGAM, T. et al. Effects of a modified German volume training program on muscular hypertrophy and strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 11, p. 3109–3119, 2017.
- ANDREAZZI, I. M. et al. Exame pré-participação esportiva e o par-q, em praticantes de academias. **Rev Bras Med Esporte**, v. 22, n. 4, p. 272–276, 2016.
- ANGLERI, V. et al. Effects of Drop-Set and Pyramidal Resistance Training Systems on Microvascular Oxygenation: A Near-Infrared Spectroscopy Approach. **International journal of exercise science**, v. 13, n. 2, p. 1549–1562, 2020.
- ANGLERI, V.; UGRINOWITSCH, C.; LIBARDI, C. A. Crescent pyramid and drop-set systems do not promote greater strength gains, muscle hypertrophy, and changes on muscle architecture compared with traditional resistance training in well-trained men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 2, p. 359–369, 2017.
- 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 and Sports**, v. 35, n. 2, p. 65.e1-65.e16, 2020.
- ANTONIO, J. Nonuniform Response of Skeletal Muscle to Heavy Resistance Training: Can Bodybuilders Induce Regional Muscle Hypertrophy? **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 14, n. 1, p. 102, 2000.
- ARTERO, E. G. et al. A prospective study of muscular strength and all-cause mortality in men with hypertension. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 57, n. 18, p. 1831–1837, 2011.
- BARCELOS, C. et al. High-frequency resistance training does not promote greater muscular adaptations compared to low frequencies in young untrained men. **European Journal of Sport Science**, v. 18, n. 8, p. 1077–1082, 2018.
- BAZ-VALLE, E. et al. A Systematic Review of the Effects of Different Resistance Training Volumes on Muscle Hypertrophy. **Journal of Human Kinetics**, v. 81, n. 1, p. 199–210, 2022.
- BERGER, R. A.; HARDAGE, B. Effect of maximum loads for each of ten repetitions on strength improvement. **Research Quarterly of the American Association for Health, Physical Education and Recreation**, v. 38, n. 4, p. 715–718, 1967.

BLAZEVIČH, A. J. et al. Effects of Resistance Training Movement Pattern and Velocity on Isometric Muscular Rate of Force Development: A Systematic Review with Meta-analysis and Meta-regression. **Sports Medicine**, v. 50, n. 5, p. 943–963, 2020.

BRIGATTO, F. A. et al. High Resistance-Training Volume Enhances Muscle Thickness in Resistance-Trained Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2019.

BRUNELLO, E. et al. Structural changes in the myosin filament and cross-bridges during active force development in single intact frog muscle fibres: stiffness and X-ray diffraction measurements. **The Journal of Physiology**, v. 577, n. 3, p. 971–984, 15 dez. 2006.

BUCKNER, S. L. et al. Resistance exercise and sports performance: The minority report. **Medical Hypotheses**, v. 113, n. October 2017, p. 1–5, 2018.

BYRD, R.; CENTRY, R.; BOATWRIGHT, D. Effect of inter-repetition rest intervals in circuit weight training on PWC170 during arm-cranking exercise. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 28, n. 4, p. 336–40, dez. 1988.

CARPINELLI, R. N. The size principle and a critical analysis of the unsubstantiated heavier-is-better recommendation for resistance training. **Journal of Exercise Science and Fitness**, v. 6, n. 2, p. 67–86, 2008.

COLEMAN, M. et al. Muscular Adaptations in Drop Set vs. Traditional Training: A meta-analysis. **International Journal of Strength and Conditioning**, v. 2, n. 1, p. 1–11, 2022.

CORRÊA, D. A. et al. Twice-daily sessions result in a greater muscle strength and a similar muscle hypertrophy compared to once-daily session in resistance-trained men. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 62, n. 3, jan. 2022.

COSTA, B. D. D. V. et al. Acute Effect of Drop-Set, Traditional, and Pyramidal Systems in Resistance Training on Neuromuscular Performance in Trained Adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 35, n. 4, p. 991–996, 2021.

COUNTS, B. R. et al. Muscle growth: To infinity and beyond? **Muscle and Nerve**, v. 56, n. 6, p. 1022–1030, 2017.

CRAIG, R.; PADRÓN, R. Structural basis of the super- and hyper-relaxed states of myosin II. **Journal of General Physiology**, v. 154, n. 1, 3 jan. 2022.

CREWETHER, B. et al. Acute Hormonal Responses. **Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 3, p. 215–238, 2006.

CREWETHER, B.; CRONIN, J.; KEOGH, J. Possible stimuli for strength and power adaptation: Acute mechanical responses. **Sports Medicine**, v. 35, n. 11, p. 967–989, 2005.

DAMAS, F. et al. Early resistance training-induced increases in muscle cross-sectional area are concomitant with edema-induced muscle swelling. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 1, p. 49–56, 2016.

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, 2019.

DAMAS, F.; LIBARDI, C. A.; UGRINOWITSCH, C. The development of skeletal muscle

hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 3, p. 485–500, 2018.

DANKEL, S. J. et al. Do metabolites that are produced during resistance exercise enhance muscle hypertrophy? **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 11, p. 2125–2135, 2017a.

DANKEL, S. J. et al. Training to Fatigue: The Answer for Standardization When Assessing Muscle Hypertrophy? **Sports Medicine**, v. 47, n. 6, p. 1021–1027, 2017b.

DANKEL, S. J. et al. The widespread misuse of effect sizes. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 5, p. 446–450, maio 2017c.

DANKEL, S. J. et al. Correlations Do Not Show Cause and Effect: Not Even for Changes in Muscle Size and Strength. **Sports Medicine**, v. 48, n. 1, 2018.

DANKEL, S. J. et al. Resistance training induced changes in strength and specific force at the fiber and whole muscle level: a meta-analysis. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 1, p. 265–278, 2019.

DAVIES, T. B. et al. Chronic Effects of Altering Resistance Training Set Configurations Using Cluster Sets: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 51, n. 4, p. 707–736, 2021.

DE ALMEIDA, F. N. et al. Acute effects of the new method sarcoplasm stimulating training versus traditional resistance training on total training volume, lactate and muscle thickness. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. MAY, p. 1–7, 2019.

DE CAMARGO, J. B. B. et al. Manipulating Resistance Training Variables to Induce Muscle Strength and Hypertrophy: A Brief Narrative Review. **International journal of exercise science**, v. 15, n. 4, p. 910–933, 2022a.

DE CAMARGO, J. B. B. et al. Muscle Hypertrophy Responses to Changes in Training Volume: A Retrospective Analysis. **International Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 8, p. 599–604, 2022b.

DE LUCA, C. J.; CONTESSA, P. Hierarchical control of motor units in voluntary contractions. **Journal of Neurophysiology**, v. 107, n. 1, p. 178–195, jan. 2012.

DE SALLES, B. F. **Métodos de treinamento para força e hipertrofia: da prática à teoria**. 1. ed. Belo Horizonte: Livro na mão, 2020.

DEBOLD, E. P. Recent insights into the molecular basis of muscular fatigue. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 8, p. 1440–1452, 2012.

DELORME, T. L.; WATKINS, A. L. Technics of progressive resistance exercise. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 29, n. 5, p. 263–73, maio 1948.

DRUST, B. et al. Circadian rhythms in sports performance - An update. **Chronobiology International**, v. 22, n. 1, p. 21–44, 2005.

EMA, R. et al. Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 11, p. 2691–2703, 2013.

ENES, A. et al. Rest-pause and drop-set training elicit similar strength and hypertrophy adaptations compared with traditional sets in resistance-trained males. **Applied**

Physiology, Nutrition and Metabolism, v. 46, n. 11, p. 1417–1424, 2021.

ENES, A. et al. Muscular Adaptations and Psychophysiological Responses in Resistance Training Systems. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 00, n. 00, p. 1–8, 2022.

ENG, J. Sample size estimation: how many individuals should be studied? **Radiology**, v. 227, n. 2, p. 309–13, maio 2003.

ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Muscle fatigue: What, why and how it influences muscle function. **Journal of Physiology**, v. 586, n. 1, p. 11–23, 2008.

FIGUEIREDO, V. C. Revisiting the roles of protein synthesis during skeletal muscle hypertrophy induced by exercise. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 317, n. 5, p. R709–R718, 1 nov. 2019.

FIGUEIREDO, V. C.; DE SALLES, B. F.; TRAJANO, G. S. Volume for Muscle Hypertrophy and Health Outcomes: The Most Effective Variable in Resistance Training. **Sports Medicine**, v. 48, n. 3, p. 499–505, 2018.

FINK, J. et al. Effects of drop set resistance training on acute stress indicators and long-term muscle hypertrophy and strength. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 58, n. 5, p. 597–605, 2018.

FINK, J.; SCHOENFELD, B. J.; NAKAZATO, K. The role of hormones in muscle hypertrophy. **Physician and Sportsmedicine**, v. 46, n. 1, p. 129–134, 2018.

FISHER, J. P.; CARLSON, L.; STEELE, J. The effects of breakdown set resistance training on muscular performance and body composition in young men and women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1425–1432, 2016.

FISHER, J. P.; FARROW, J.; STEELE, J. Acute fatigue, and perceptual responses to resistance exercise. **Muscle & Nerve**, v. 56, n. 6, p. 298–305, 9 dez. 2017.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Designing Resistance Training Programs**. 4. ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2014.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**. 4ª Edição ed. [s.l.] Artmed, 2017.

FOLLAND, J. P.; BALSHAW, T. G. Muscle Growth Does Contribute to the Increases in Strength that Occur after Resistance Training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 53, n. 9, p. 2006–2010, 2021.

FONSECA, P. A. B. et al. Comparison of Traditional and Advanced Resistance Training Paradigms on Muscle Hypertrophy in Trained Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Translational Sports Medicine**, v. 2023, 2023.

FRIGERI, A. et al. Expression of aquaporin-4 in fast-twitch fibers of mammalian skeletal muscle. **Journal of Clinical Investigation**, v. 102, n. 4, p. 695–703, 1998.

GARCÍA-RAMOS, A. et al. Mechanical and Metabolic Responses to Traditional and Cluster Set Configurations in the Bench Press Exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 3, p. 663–670, 2020.

GIEBSING, J. et al. The effects of low-volume resistance training with and without advanced techniques in trained subjects. **The Journal of sports medicine and**

physical fitness, v. 56, n. 3, p. 249–58, mar. 2016.

GIRMAN, J. C. et al. Acute effects of a cluster-set protocol on hormonal, metabolic and performance measures in resistance-trained males. **European Journal of Sport Science**, v. 14, n. 2, p. 151–159, 2014.

GLAISTER, M. Multiple Sprint Work: Physiological Responses, Mechanisms of Fatigue and the Influence of Aerobic Fitness Mark. **Sports Medicine**, v. 35, n. 9, p. 757–777, 2005.

GOTO, K. et al. Muscular Adaptations to Combinations of High- and Low-Intensity Resistance Exercises. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 4, p. 730, 2004.

GOTO, K. et al. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n. 6, p. 955–963, 2005.

GOTO, K.; ISHII, N.; TAKAMATSU, K. Growth Hormone Response to Training Regimen with Combined High-and Low-Intensity Resistance Exercises. **International Journal of Sport and Health Science**, v. 2, n. January 2004, p. 111–118, 2004.

GOTO, K.; SATO, K.; TAKAMATSU, K. A single set of low intensity resistance exercise immediately following high intensity resistance exercise stimulates growth hormone secretion in men. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 43, n. 2, p. 243–249, 2003.

GRGIC, J. et al. Effects of Rest Interval Duration in Resistance Training on Measures of Muscular Strength: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 48, n. 1, p. 137–151, 2018.

GRGIC, J. et al. The effects of time of day-specific resistance training on adaptations in skeletal muscle hypertrophy and muscle strength: A systematic review and meta-analysis. **Chronobiology International**, v. 36, n. 4, p. 449–460, 2019.

GRGIC, J. et al. Test–Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. **Sports Medicine - Open**, v. 6, n. 1, 2020.

GRGIC, J. et al. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy : A systematic review and meta-analysis. **Journal of Sport and Health Science**, n. January, 2021.

HACKETT, D. A.; JOHNSON, N. A.; CHOW, C. M. Training practices and ergogenic aids used by male bodybuilders. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 6, p. 1609–1617, 2013.

HAFF, G. G.; TRIPLETT, N. T. **Essentials of Strength Training and Conditioning**. 4. ed. Champaign, IL: [s.n.].

HALPERIN, I. et al. Accuracy in Predicting Repetitions to Task Failure in Resistance Exercise: A Scoping Review and Exploratory Meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 52, n. 2, p. 377–390, 2022.

HAMMARSTRÖM, D. et al. Benefits of higher resistance-training volume depends on ribosome biogenesis. **bioRxiv**, v. d, n. January 2020, p. 666347, 2019.

HAMMERT, W. B. et al. The potential role of the myosin head for strength gain in

hypertrophied muscle. **Medical Hypotheses**, v. 172, n. October 2022, p. 111023, 2023.

HAMMERT, W. B.; MORENO, E. N.; BUCKNER, S. L. The Importance of Previous Resistance Training Volume on Muscle Growth in Trained Individuals. **Strength & Conditioning Journal**, n. August, 2023.

HELMS, E. R. et al. Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training. **Strength and Conditioning Journal**, v. 38, n. 4, p. 42–49, 2016.

HICKMOTT, L. M. et al. The Effect of Load and Volume Autoregulation on Muscular Strength and Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine - Open**, v. 8, n. 1, 2022.

HIRONO, T. et al. Relationship Between Muscle Swelling and Hypertrophy Induced by Resistance Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, n. 23, p. 1, 2020.

HISAEDA, H. et al. Influence of two different modes of resistance training in female subjects. **Ergonomics**, v. 39, n. 6, p. 842–852, 30 jun. 1996.

HOPKINS, W. G. et al. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3–12, 2009.

HORNBERGER JR., T. A.; FARRAR, R. P. Physiological Hypertrophy of the FHL Muscle Following 8 Weeks of Progressive Resistance Exercise in the Rat. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 29, n. 1, p. 16–31, 1 fev. 2004.

HOUSH, D. J. et al. Hypertrophic response to unilateral concentric isokinetic resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 73, n. 1, p. 65–70, 1 jul. 1992.

JOANISSE, S. et al. Recent advances in understanding resistance exercise training-induced skeletal muscle hypertrophy in humans. **F1000Research**, v. 9, p. 141, 24 fev. 2020.

JORGENSON, K. W.; PHILLIPS, S. M.; HORNBERGER, T. A. Identifying the Structural Adaptations that Drive the Mechanical Load - Induced Growth of Skeletal Muscle : A Scoping Review. 2020.

JOYNER, M. J.; CASEY, D. P. Regulation of Increased Blood Flow (Hyperemia) to Muscles During Exercise: A Hierarchy of Competing Physiological Needs. **Physiological Reviews**, v. 95, n. 2, p. 549–601, abr. 2015.

KARSTEN, B. et al. Impact of Two High-Volume Set Configuration Workouts on Resistance Training Outcomes in Recreationally Trained Men. **Journal of strength and conditioning research**, v. 35, n. 15, p. S136–S143, 2021.

KASSIANO, W. et al. Does rest interval between sets affect resistance training volume, density, and rating of perceived exertion when adopting the crescent pyramid system in young women? **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 60, n. 7, p. 992–998, 2020.

KASSIANO, W. et al. Parasympathetic Nervous Activity Responses to Different Resistance Training Systems. **International Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 1,

p. 82–89, 2021a.

KASSIANO, W. et al. Are We Exploring the Potential Role of Specialized Techniques in Muscle Hypertrophy? **International Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 6, p. 494–496, 2021b.

KASSIANO, W. et al. Acute Effects of Parallel Back Squat Performed in Different Set Configurations on Neuromuscular Performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 3, p. 237–244, 2022a.

KASSIANO, W. et al. Does Varying Resistance Exercises Promote Superior Muscle Hypertrophy and Strength Gains? A Systematic Review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 36, n. 6, p. 1753–1762, 2022b.

KENDALL, K. L. et al. Estimating fat-free mass in elite-level male rowers: a four-compartment model validation of laboratory and field methods. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 7, p. 624–633, 2017.

KORAK, J. A. et al. Effect of rest-pause vs. traditional bench press training on muscle strength, electromyography, and lifting volume in randomized trial protocols. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 9, p. 1891–1896, 2017.

KRAEMER, W. J. The evolution of the science of resistance training: The Early Pioneers of Progress. **ACSM's Health and Fitness Journal**, v. 20, n. 5, p. 10–14, 2016.

KRAEMER, W. J.; HÄKKINEN, K. **Handbook of Sports Medicine and Science: Strength Training for Sport**. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd, 2000.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. **Sports Medicine**, v. 35, n. 4, p. 339–361, 2005.

KRZYSZTOFIK, M. et al. Maximizing muscle hypertrophy: A systematic review of advanced resistance training techniques and methods. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 24, 2019.

LAKENS, D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. **Frontiers in Psychology**, v. 4, n. NOV, p. 1–12, 2013.

LANGER, R. D. et al. Validity of bioelectrical impedance analysis to estimation fat-free mass in the army cadets. **Nutrients**, v. 8, n. 3, 2016.

LATELLA, C. et al. The Acute Neuromuscular Responses to Cluster Set Resistance Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 49, n. 12, p. 1861–1877, 2019.

LEE, M.; CARROLL, T. J. Cross education: possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 37, n. 1, p. 1–14, 2007.

LOENNEKE, J. P. et al. Is muscle growth a mechanism for increasing strength? **Medical Hypotheses**, v. 125, n. February, p. 51–56, 2019a.

LOENNEKE, J. P. et al. Exercise-Induced Changes in Muscle Size do not Contribute to Exercise-Induced Changes in Muscle Strength. **Sports Medicine**, v. 49, n. 7, p. 987–991, 2019b.

LOENNEKE, J. P. Muscle Growth Does Not Contribute to the Increases in Strength that Occur after Resistance Training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 53, n. 9, p. 2011–2014, 2021.

LOPEZ, P. et al. **Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis**. [s.l.: s.n.]. v. 53

MACINNIS, M. J. et al. Investigating human skeletal muscle physiology with unilateral exercise models: When one limb is more powerful than two. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 42, n. 6, p. 563–570, 2017.

MARSHALL, P. W. M. et al. Acute neuromuscular and fatigue responses to the rest-pause method. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 15, n. 2, p. 153–158, 2012.

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, 2011.

MARSTON, K. J. et al. A comparison of traditional and novel metrics to quantify resistance training. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–8, 2017.

MATTA, T. T. et al. Selective hypertrophy of the quadriceps musculature after 14 weeks of isokinetic and conventional resistance training. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 37, n. 2, p. 137–142, 2017.

MAULDER, P.; CRONIN, J. Horizontal and vertical jump assessment: Reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. **Physical Therapy in Sport**, v. 6, n. 2, p. 74–82, 2005.

MCNAMARA, J. W. et al. The role of super-relaxed myosin in skeletal and cardiac muscle. **Biophysical Reviews**, v. 7, n. 1, p. 5–14, 20 mar. 2015.

MITCHELL, C. J. et al. Muscular and Systemic Correlates of Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. **PLoS ONE**, v. 8, n. 10, p. 1–10, 2013.

MORTON, R. W. et al. Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance-trained young men. Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance-t. **J App Physiol**, v. 121, n. 1, p. 219–138, 2016.

MORTON, R. W. et al. Muscle fibre activation is unaffected by load and repetition duration when resistance exercise is performed to task failure. **Journal of Physiology**, v. 597, n. 17, p. 4601–4613, 2019.

MUNN, J.; HERBERT, R. D.; GANDEVIA, S. C. Contralateral effects of unilateral resistance training: A meta-analysis. **Journal of Applied Physiology**, v. 96, n. 5, p. 1861–1866, 2004.

NAGATANI, T. et al. Practical Application of Traditional and Cluster Set Configurations Within a Resistance Training Program. **Strength and Conditioning Journal**, v. 44, n. 5, p. 87–101, 2022.

NEWTON, M. J. et al. Comparison of Responses to Strenuous Eccentric Exercise of

the Elbow Flexors Between Resistance-Trained and Untrained Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 597–607, mar. 2008.

NÓBREGA, S. R. et al. Muscle Hypertrophy Is Affected by Volume Load Progression Models. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. Publish Ah, n. 2, 2022.

NOREEN, E. E.; LEMON, P. W. R. Reliability of air displacement plethysmography in a large, heterogeneous sample. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 8, p. 1505–1509, 2006.

OZAKI, H. et al. Effects of drop sets with resistance training on increases in muscle CSA, strength, and endurance: a pilot study. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 6, p. 691–696, 2018.

PAZ, G. A. et al. Volume Load and Neuromuscular Fatigue During an Acute Bout of Agonist-Antagonist Paired-Set Vs. Traditional-Set Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 10, p. 2777–2784, 2017.

PEREIRA, M. I. R.; GOMES, P. S. C. Movement velocity in resistance training. **Sports Medicine**, v. 33, n. 6, p. 427–438, 2003.

PHILLIPS, S. M. Strength and hypertrophy with resistance training: Chasing a hormonal ghost. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 5, p. 1981–1983, 2012.

PHILLIPS, S. M. A brief review of critical processes in exercise-induced muscular hypertrophy. **Sports Medicine**, v. 44, n. SUPPL.1, 2014.

PHUNG, L. A. et al. Super-relaxed state of myosin in human skeletal muscle is fiber-type dependent. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 319, n. 6, p. C1158–C1162, 1 dez. 2020.

PIAZZESI, G. et al. Skeletal Muscle Performance Determined by Modulation of Number of Myosin Motors Rather Than Motor Force or Stroke Size. **Cell**, v. 131, n. 4, p. 784–795, nov. 2007.

PRESTES, J. et al. **Prescrição e periodização do treinamento de força em academias**. 2. ed. Barueri: Manole, 2016.

PRESTES, J. et al. Strength and Muscular Adaptations After 6 Weeks of Rest-Pause vs. Traditional Multiple-Sets Resistance Training in Trained Subjects. **Journal of strength and conditioning research**, v. 33, n. October, p. S113–S121, 2019.

RANTANEN, T. et al. Muscle strength as a predictor of onset of ADL dependence in people aged 75 years. **Aging clinical and experimental research**, v. 14, n. 3 Suppl, p. 10–15, 2002.

RATAMESS, N. A. et al. The effects of rest interval length on acute bench press performance: The influence of gender and muscle strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 7, p. 1817–1826, 2012.

RECONDITI, M. et al. Motion of myosin head domains during activation and force development in skeletal muscle. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 17, p. 7236–7240, 26 abr. 2011.

REFALO, M. C. et al. Influence of resistance training load on measures of skeletal muscle hypertrophy and improvements in maximal strength and neuromuscular task

performance: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 39, n. 15, p. 1723–1745, 2021.

REFALO, M. C. et al. Towards an improved understanding of proximity-to-failure in resistance training and its influence on skeletal muscle hypertrophy, neuromuscular fatigue, muscle damage, and perceived discomfort: A scoping review. **Journal of Sports Sciences**, v. 40, n. 12, p. 1369–1391, 18 jun. 2022.

REFALO, M. C. et al. Influence of Resistance Training Proximity-to-Failure on Skeletal Muscle Hypertrophy: A Systematic Review with Meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 53, n. 3, p. 649–665, 2023.

RICHENS, B.; CLEATHER, D. J. The relationship between the number of repetitions performed at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. **Biology of Sport**, v. 31, n. 2, p. 157–161, 2014.

ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 287, n. 3, p. R502–R516, set. 2004.

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. v. 9, n. July, p. 1–17, 2018.

ROLL, F.; OMER, J. FOOTBALL: Tulane Football Winter Program. **National Strength & Conditioning Association Journal**, v. 9, n. 6, p. 34, 1987.

SALE, D. G. Neural adaptation to resistance training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 20, n. Sup 1, p. S135–S145, out. 1988.

SANTOS JUNIOR, E. R. T. et al. Classification and Determination Model of Resistance Training Status. **Strength and Conditioning Journal**, v. 43, n. 5, p. 77–86, 2021.

SCARPELLI, M. C. et al. Muscle Hypertrophy Response Is Affected by Previous Resistance Training Volume in Trained Individuals. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. i, p. 1, 2020.

SCHOENFELD, B. The use of specialized training techniques to maximize muscle hypertrophy. **Strength and Conditioning Journal**, v. 33, n. 4, p. 60–65, 2011.

SCHOENFELD, B. et al. Resistance Training Recommendations to Maximize Muscle Hypertrophy in an Athletic Population: Position Stand of the IUSCA. **International Journal of Strength and Conditioning**, v. 1, n. 1, p. 1–30, 2021a.

SCHOENFELD, B.; GRGIC, J. Can drop set training enhance muscle growth? **Strength and Conditioning Journal**, v. 40, n. 6, p. 95–98, 2018.

SCHOENFELD, B. J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857–2872, 2010.

SCHOENFELD, B. J. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Medicine**, v. 43, n. 3, p. 179–194, 2013.

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 and Science in Sports and Exercise**, v. 51, n. 1, p. 94–103, 2019.

SCHOENFELD, B. J. et al. Loading Recommendations for Muscle Strength, Hypertrophy, and Local Endurance: A Re-Examination of the Repetition Continuum. **Sports**, v. 9, n. 2, 2021b.

SCHOENFELD, B. J.; CONTRERAS, B. The Muscle Pump: Potential Mechanisms and Applications for Enhancing Hypertrophic Adaptations. **Strength and Conditioning Journal**, n. 24, p. 1–5, 2014.

SCHOENFELD, B. J.; GRGIC, J. Does training to failure maximize muscle hypertrophy? **Strength and Conditioning Journal**, v. 41, n. 5, p. 108–113, 2019.

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, 2017.

SCHROEDER, E. T. et al. Are acute post-resistance exercise increases in testosterone, growth hormone, and IGF-1 necessary to stimulate skeletal muscle anabolism and hypertrophy? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 45, n. 11, p. 2044–2051, 2013.

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, p. 3585–3595, 2012.

SCOTT, B. R. et al. Training Monitoring for Resistance Exercise: Theory and Applications. **Sports Medicine**, v. 46, n. 5, p. 687–698, 2016.

SHIMANO, T. et al. Relationship Between the Number of Repetitions and Selected Percentages of One Repetition Maximum in Free Weight Exercises in Trained and Untrained Men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 819, 2006.

SJOGAARD, G.; ADAMS, R. P.; SALTIN, B. Water and ion shifts in skeletal muscle of humans with intense dynamic knee extension. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 248, n. 2, p. R190–R196, 1 fev. 1985.

SØDAL, L. K. et al. Effects of Drop Sets on Skeletal Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Medicine - Open**, v. 9, n. 1, 2023.

STRAGIER, S. et al. Efficacy of a new strength training design: the 3/7 method. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 5, p. 1093–1104, 2019.

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

TABER, C. B. et al. Exercise-Induced Myofibrillar Hypertrophy is a Contributory Cause of Gains in Muscle Strength. **Sports Medicine**, v. 49, n. 7, p. 993–997, 2019.

TESCH, P. A. Skeletal muscle adaptations consequent to long-term heavy resistance exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 20, n. Sup 1, p. S132–S134, out. 1988.

THALACKER-MERCER, A. E.; PETRELLA, J. K.; BAMMAN, M. M. Does habitual dietary intake influence myofiber hypertrophy in response to resistance training? A cluster analysis. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 34, n. 4, p. 632–639, ago. 2009.

THOMAS, J.; NELSON, J.; SILVERMAN, S. **Research Methods in Physical Activity**. 7. ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2015.

TODD, J. S.; SHURLEY, J. P.; TODD, T. C. Thomas L. delorme and the science of progressive resistance exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 11, p. 2913–2923, 2012.

TRAN, Q. T.; DOCHERTY, D. Dynamic training volume: A construct of both time under tension and volume load. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 5, n. 4, p. 707–713, 2006.

TRINDADE, T. B. et al. Effects of Pre-exhaustion Versus Traditional Resistance Training on Training Volume, Maximal Strength, and Quadriceps Hypertrophy. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. November, 2019.

TRINDADE, T. B. et al. Pre-exhaustion Training, a Narrative Review of the Acute Responses and Chronic Adaptations. **International Journal of Exercise Science**, v. 15, n. 3, p. 507–525, 2022.

TRINDADE, T. B. et al. Acute Effect of the “Zero Point” Method on Muscle Thickness and Muscle Damage in Trained Men. **Sports**, v. 12, n. 1, p. 6, 2023.

TUFANO, J. J.; BROWN, L. E.; HAFF, G. G. Theoretical and Practical Aspects of Different Cluster Set Structures: A Systematic Review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 3, p. 848–867, mar. 2017.

VAROVIĆ, D. et al. Drop-set training elicits differential increases in non-uniform hypertrophy of the quadriceps in leg extension exercise. **Sports**, v. 9, n. 9, 2021.

VERKHOSHANSKY, Y.; SIFF, M. **Supertraining**. 6. ed. [s.l: s.n.].

VIEIRA, A. F. et al. Effects of Resistance Training Performed to Failure or Not to Failure on Muscle Strength, Hypertrophy, and Power Output: A Systematic Review With Meta-Analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 35, n. 4, p. 1165–1175, abr. 2021.

WACKERHAGE, H. et al. Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 126, n. 1, p. 30–43, 2019.

WAKAHARA, T. et al. Inter- and intramuscular differences in training-induced hypertrophy of the quadriceps femoris: association with muscle activation during the first training session. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 37, n. 4, p. 405–412, 2017.

WALTER, G. et al. Noninvasive measurement of phosphocreatine recovery kinetics in single human muscles. **American Journal of Physiology - Cell Physiology**, v. 272,

n. 2 41-2, 1997.

WANG, Z. M. et al. Six-compartment body composition model: Inter-method comparisons of total body fat measurement. **International Journal of Obesity**, v. 22, n. 4, p. 329–337, 1998.

WEAKLEY, J. J. S. et al. The effects of traditional, superset, and tri-set resistance training structures on perceived intensity and physiological responses. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 9, p. 1877–1889, 2017.

WEIR, J. P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 1, p. 231–240, 2005.

WEISSGERBER, T. L. et al. Beyond Bar and Line Graphs: Time for a New Data Presentation Paradigm. **PLoS Biology**, v. 13, n. 4, 2015.

WEST, D. W. D. et al. Resistance exercise-induced increases in putative anabolic hormones do not enhance muscle protein synthesis or intracellular signalling in young men. **Journal of Physiology**, v. 587, n. 21, p. 5239–5247, 2009.

WEST, D. W. D. et al. Elevations in ostensibly anabolic hormones with resistance exercise enhance neither training-induced muscle hypertrophy nor strength of the elbow flexors. **Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 1, p. 60–67, 2010.

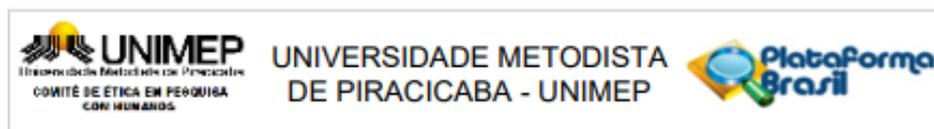
WEST, D. W. D.; PHILLIPS, S. M. Anabolic processes in human skeletal muscle: restoring the identities of growth hormone and testosterone. **The Physician and sportsmedicine**, v. 38, n. 3, p. 97–104, 2010.

WEST, D. W. D.; PHILLIPS, S. M. Associations of exercise-induced hormone profiles and gains in strength and hypertrophy in a large cohort after weight training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 7, p. 2693–2702, 2012.

ZABALETA-KORTA, A.; FERNÁNDEZ-PEÑA, E.; SANTOS-CONCEJERO, J. Regional Hypertrophy, the Inhomogeneous Muscle Growth. **Strength & Conditioning Journal**, v. Publish Ah, p. 1–8, 2020.

ANEXOS

ANEXO I. PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITO CRÔNICO DE UM NOVO MÉTODO DE TREINAMENTO ζ SARCOPLASMA STIMULATING TRAINING ζ VERSUS TREINAMENTO DE FORÇA TRADICIONAL NO DESEMPENHO NEUROMUSCULAR E MORFOLOGIA MUSCULAR EM SUJEITOS TREINADOS

Pesquisador: Felipe Alves Brigatto

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 54030121.0.0000.5507

Instituição Proponente: INSTITUTO EDUCACIONAL PIRACICABANO DA IGREJA METODISTA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.256.872

Apresentação do Projeto:

Conforme parecer anterior (nº 5.167.418).

Objetivo da Pesquisa:

Conforme parecer anterior (nº 5.167.418).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conforme parecer anterior (nº 5.167.418).

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Conforme parecer anterior (nº 5.167.418).

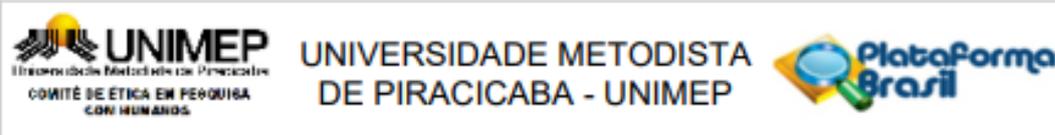
Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os documentos apresentados estão em conformidade com a Resolução 466/12 e a Norma Operacional 001/2013.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após a avaliação de toda a documentação apresentada no protocolo submetido a este Comitê, entende-se que o projeto foi adequadamente apresentado, contendo todos os dados necessários para sua análise. Objetivos estão claros, coerentes com o desenho do projeto e exequíveis dentro do cronograma exposto. Os riscos aos sujeitos estão indicados e o projeto assegura o cuidado

Endereço: Rodovia do Açúcar, Km 156
Bairro: Taquaral **CEP:** 13.400-911
UF: SP **Município:** PIRACICABA
Telefone: (19)3124-1513 **Fax:** (19)3124-1515 **E-mail:** comitedeetica@unimep.br



Continuação do Parecer: 5.256.872

para reduzi-los. Os benefícios (diretos/indiretos) aos sujeitos estão presentes e superam os riscos. Destacam-se a relevância e as contribuições da pesquisa apresentada. As bases teóricas estão adequadas, a metodologia é coerente e a coleta de dados é adequada à proposta. O pesquisador respondeu adequadamente a todas as diligências propostas no parecer anterior, de número 5.167.418. Deste modo, o projeto está aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este colegiado acolhe o parecer acima e aprova o protocolo. A coleta de dados poderá ser iniciada conforme o cronograma indicado no protocolo. Recomenda-se que o pesquisador divulgue para os participantes voluntários da pesquisa a Cartilha dos Direitos dos Participantes de Pesquisa, disponível em <<http://www.unimep.br/cepesquisa/index.php?fid=76&ct=11729>>. Ressalta-se que cabe ao pesquisador responsável encaminhar os relatórios parciais e final da pesquisa, por meio da Plataforma Brasil, via notificação do tipo "relatório" para que sejam devidamente apreciados no CEP, conforme Norma Operacional CNS nº 001/13, item XI.2.d.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1841681.pdf	06/02/2022 11:17:45		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	06/02/2022 11:17:04	Felipe Alves Brigatto	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_de_Pesquisadores.docx	02/12/2021 15:01:55	Felipe Alves Brigatto	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	18/10/2021 08:58:09	Felipe Alves Brigatto	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Detalhado.docx	11/10/2021 17:18:27	Felipe Alves Brigatto	Aceito
Brochura Pesquisa	Brochura_Pesquisa.doc	11/10/2021 17:17:06	Felipe Alves Brigatto	Aceito

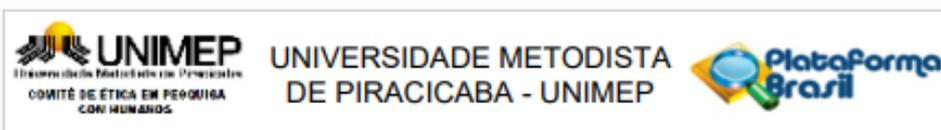
Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rodovia do Açúcar, Km 156
 Bairro: Taquaral CEP: 13.400-911
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)3124-1513 Fax: (19)3124-1515 E-mail: comitedeetica@unimep.br



Continuação do Parecer: 5.256.872

PIRACICABA, 22 de Fevereiro de 2022

Assinado por:
Anna Gabriela Silva Vilela Ribeiro
(Coordenador(a))

Endereço: Rodovia do Açúcar, Km 156
Bairro: Taquaral **CEP:** 13.400-911
UF: SP **Município:** PIRACICABA
Telefone: (19)3124-1513 **Fax:** (19)3124-1515 **E-mail:** comitedeetica@unimep.br

ANEXO II. ESCALA DE REPETIÇÕES EM RESERVA (RIR)

10	Esforço máximo
9.5	Sem mais repetições, mas poderia aumentar a carga
9	1 repetição restante
8.5	1-2 repetições restantes
8	2 repetições restantes
7.5	2-3 repetições restantes
7	3 repetições restantes
5-6	4-6 repetições restantes
3-4	Esforço leve
1-2	Pouco ou nenhum esforço