

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**OS SISTEMAS DE TREINAMENTO DE FORÇA PIRÂMIDE CRESCENTE E
DROP-SET NÃO PROMOVEM MAIORES GANHOS DE FORÇA, MASSA
MUSCULAR E MUDANÇAS NA ARQUITETURA MUSCULAR COMPARADO
AO TREINAMENTO DE FORÇA TRADICIONAL EM HOMENS TREINADOS**

Candidato ao título de mestre: Vitor Angleri

Orientador: Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi

São Carlos

2017

VITOR ANGLERI

OS SISTEMAS DE TREINAMENTO DE FORÇA PIRÂMIDE CRESCENTE E
DROP-SET NÃO PROMOVEM MAIORES GANHOS DE FORÇA, MASSA
MUSCULAR E MUDANÇAS NA ARQUITETURA MUSCULAR COMPARADO
AO TREINAMENTO DE FORÇA TRADICIONAL EM HOMENS TREINADOS

Dissertação apresentada ao Programa de
pós-graduação em fisioterapia (PPGFt) da
Universidade Federal de São Carlos –
UFSCar para obtenção do título de Mestre
em Fisioterapia.

Área de concentração: Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Cleiton Augusto
Libardi.

São Carlos

2017




UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

Folha de Aprovação

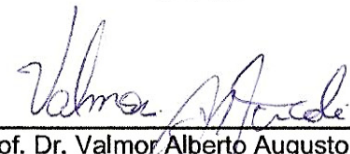
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Vitor Angleri, realizada em 30/10/2017:



Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi
UFSCar



Prof. Dr. Wladimir Rafael Beck
UFSCar



Prof. Dr. Valmor Alberto Augusto Tricoli
USP

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cleiton Libardi, pelo apoio e orientação durante todo o processo para a obtenção do título de Mestre.

Aos meus pais, Altair Angleri e Marcia Meneghin Angleri, por sempre me incentivarem e me darem todo o suporte sempre que necessário.

Aos meus voluntários pelo comprometimento e determinação do início ao final deste projeto de pesquisa.

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro (Processo: 2015/16090-4).

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. MÉTODOS	9
2.1. Participantes	9
2.2. Delineamento experimental	10
2.3. Equalização e progressão do volume total de treinamento	11
2.4. Protocolos de treinamento de força	11
2.4.1. Treinamento de força tradicional (TRAD)	11
2.4.2. Sistema piramidal crescente (PC)	12
2.4.3. Sistema Drop-set (DS)	12
2.5. Teste de força máxima dinâmica	13
2.6. Área de secção transversa muscular (AST)	13
2.7. Ângulo de penação (AP) e comprimento do fascículo (CF)	14
2.8. Análise estatística	14
3. RESULTADOS	15
4. DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÃO	26
6. REFERÊNCIAS	26
7. ANEXO 1	33

Resumo

Objetivo: Comparar os efeitos dos sistemas pirâmide crescente (PC) e *Drop-set* (DS) com o treinamento de força tradicional (TRAD) na força máxima dinâmica (1-RM), área de secção transversa muscular (AST), ângulo de penação (AP) e comprimento do fascículo (CF).

Métodos: Trinta e dois voluntários tiveram as pernas aleatorizadas em um design intra-sujeito nos protocolos TRAD (3-5 séries de 6-12 repetições à 75% 1-RM), PC (3-5 séries de 6-15 repetições a 65-85% 1-RM) e DS (3-5 séries à ~50-75% 1-RM até a falha muscular). Cada perna foi treinada 2 vezes por semana durante 12 semanas. Os participantes tiveram uma perna fixada no protocolo TRAD, enquanto a perna contralateral realizou a protocolo PC ou DS.

Resultados: A AST aumentou significativamente e similarmente para todos os protocolos (TRAD: 7,6%; CP: 7,5%; DS: 7,8%). Todos os protocolos demonstraram aumentos significantes e similares nos valores de 1-RM para o *leg press* 45° (TRAD = 25,9%; CP = 25,9%; DS = 24,9%) e cadeira extensora (TRAD = 16,6%; CP = 16,4%; DS = 17,1%). O AP e o CF aumentaram significativamente e de maneira similar para todos os protocolos (TRAD = 10,6% e 8,9%, respectivamente; CP = 11,0% e 8,9%, respectivamente; DS = 10,3% e 9,1%, respectivamente).

Conclusão: Os sistemas PC e DS não promovem maiores ganhos em força, massa muscular ou arquitetura muscular comparado ao treinamento de força tradicional.

Abstract

Purpose The aim of this study was to compare the effects of crescent pyramid (CP) and *Drop-set* (DS) systems with traditional resistance training (TRAD) on maximum dynamic strength (1-RM), muscle cross-sectional area (CSA), pennation angle (PA) and fascicle length (FL).

Methods Thirty-two volunteers had their legs randomized in a within-subject design in TRAD (3-5 sets of 6-12 repetitions at 75% 1-RM), CP (3-5 sets of 6-15 repetitions at 65-85% 1-RM) and DS (3-5 sets of ~50-75% 1-RM to muscle failure) protocols. Each leg was trained twice a week for 12 weeks. Participants had one leg fixed in the TRAD while the contralateral leg performed either CP or DS to allow for TTV equalization.

Results The CSA increased significantly and similarly for all protocols (TRAD: 7.6%; CP: 7.5%; DS: 7.8%). All protocols showed significant and similar increases in *leg press* 45° (TRAD = 25.9%; CP = 25.9%; DS = 24.9%) and leg extension 1-RM loads (TRAD = 16.6%; CP = 16.4%; DS = 17.1%). All protocols increased PA (TRAD = 10.6%; CP = 11.0%; DS = 10.3%) and FL (TRAD = 8.9%; CP = 8.9%; DS = 9.1%) similarly.

Conclusion CP and DS systems do not promote greater gains in strength muscle hypertrophy and changes in muscle architecture compared to traditional resistance training.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da força e massa muscular (i.e., hipertrofia muscular), e mudanças nos parâmetros de arquitetura muscular (e.g., aumentos no ângulo de penação e comprimento do fascículo) são algumas das principais adaptações ao treinamento de força (TF) (AAGAARD et al., 2002; ACSM, 2002; KRAEMER et al., 2004; ADES et al., 2005; BLAZEVIICH et al., 2007; SEYNNES et al., 2007; ACSM, 2009; ACSM, 2011). Para maximizar, ou prevenir a estagnação dos aumentos de força e massa muscular, treinadores, fisiculturistas e levantadores de peso tem utilizado os sistemas de TF (KRAEMER et al., 2004; CHARRO et al., 2010; SCHOENFELD, 2011; FLECK, S. J. et al., 2014; RIBEIRO et al., 2016). Esses sistemas são caracterizados por uma variedade de técnicas que enfatizam diferentes variáveis do TF (e.g., intensidade, volume, ação muscular, tipo e ordem dos exercícios, velocidade de execução) com o objetivo de maximizar adaptações específicas (e.g., força e/ou hipertrofia muscular), principalmente em indivíduos bem treinados (SCHOENFELD, 2011; FLECK, S. J. et al., 2014). Apesar disso, não é claro se os sistemas produzem adaptações superiores quando comparados ao TF tradicionalmente utilizado com volume e intensidade constante (TRAD).

Um sistema muito popular entre os praticantes de TF é o pirâmide crescente (PC). Esse sistema consiste em aumentos na intensidade e diminuição do número de repetições após cada série (DELORME et al., 1948; ZINOVIEFF, 1951; FISH et al., 2003; ACSM, 2009; CHARRO et al., 2010; FLECK, S. J. et al., 2014). É sugerido que o sistema PC promove maior tensão mecânica no músculo exercitado, devido ao aumento na intensidade do exercício, o que pode acarretar também em maior recrutamento de unidades motoras rápidas e, portanto, maiores ganhos de força comparado ao TRAD (SCHOENFELD, 2010; FLECK et al., 2014; MANGINE et al., 2015). Contudo, segundo

nosso conhecimento, nenhum estudo comparou os aumentos de força e massa muscular entre os protocolos PC e TRAD.

Além do sistema PC, outro sistema de TF popular entre fisiculturistas é o *Drop-set* (DS). Esse sistema caracteriza-se pela realização de séries até a falha muscular; em cada série, após a falha muscular, a carga é imediatamente reduzida (e.g., ~20%), possibilitando que os indivíduos realizem algumas repetições adicionais até uma nova falha muscular (BENTES et al., 2012; FLECK, S. J. et al., 2014). Nesse sentido, sugere-se que o DS produz um maior estresse metabólico devido ao elevado número de repetições em cada série, e portanto, também um maior volume total de treinamento (VTT, série x repetições x carga [kg]), o que pode resultar em maiores aumentos na massa muscular quando comparado a TRAD (GOTO et al., 2004; SCHOENFELD, 2010; SCHOENFELD, 2011; SCHOENFELD, 2013b; MANGINE et al., 2015). Contudo, assim como no PC, não existem estudos que compararam as adaptações entre os protocolos DS e TRAD.

Tem sido demonstrado que os aumentos na força e massa muscular são fortemente dependentes do VTT. Nesse sentido, estudos demonstraram maiores aumentos de força e massa muscular para protocolos com maior VTT quando comparados aos protocolos realizados com menor VTT, independentemente da manipulação de outras variáveis do TF (e.g., intensidade e volume) (CANDOW et al., 2007; KELLY et al., 2007; RONNESTAD et al., 2007; KRIEGER, 2009; KRIEGER, 2010; MITCHELL et al., 2012; SCHOENFELD, 2013a; SOONESTE et al., 2013; GENTIL et al., 2014; SCHOENFELD et al., 2016b). Por outro lado, protocolos de TF com o VTT equalizado não demonstraram diferenças nos aumentos de força e massa muscular apesar da manipulação das diferentes variáveis do TF (CHESTNUT et al., 1999; AHTIAINEN et al., 2003; AHTIAINEN et al., 2005; CANDOW et al., 2007; KOK et al., 2009; MOORE et al., 2012; GENTIL et

al., 2014). Portanto, é plausível sugerir que quando o VTT é equalizado, as diferentes formas de manipulação das variáveis do TF, que compõe os sistemas PC e DS não promovam maiores aumentos de força e massa muscular quando comparado ao TRAD.

Portando, o objetivo desse estudo foi de comparar os efeitos dos sistemas PC e DS com o TF TRAD com o VTT equalizado na força e massa muscular em homens jovens treinados. Como objetivo secundário, nós comparamos os efeitos desses protocolos em alguns parâmetros de arquitetura muscular. Nossa hipótese é que o PC, DS e TRAD promovem aumentos similares na força, massa muscular e alterações na arquitetura muscular quando o VTT é equalizado entre os protocolos.

2. MÉTODOS

2.1. Participantes

Trinte e dois homens (idade: $27,0 \pm 3,9$ anos, altura: $1,79 \pm 0,3$ m, massa corporal $84,6 \pm 8,6$ kg, anos de TF: $6,4 \pm 2,0$) treinados em força participaram desse estudo. Todos os participantes treinavam membros inferiores há pelo menos 4 anos com uma frequência de duas sessões de TF semanais, sendo capazes de realizar o exercício de agachamento com pelo menos 130% da sua massa corporal (BAKER et al., 1994; GIBALA et al., 1994; OSTROWSKI et al., 1997; BRANDENBURG et al., 2002; ACSM, 2009). Além disso, também como critério de inclusão, todos os voluntários deveriam: 1) não utilizar esteroides anabolizantes; 2) não apresentar lesões musculoesqueléticas ou fatores de risco avaliados pelo questionário PAR-Q; 3) realizar os exercícios *leg press* 45° e cadeira extensora em suas rotinas de treinamento. O horário das avaliações foram sempre os mesmos para cada participante. Todos foram orientados a realizarem uma refeição leve duas horas antes de cada sessão de teste/treino. Adicionalmente, foi recomendado aos participantes que mantivessem seus hábitos alimentares, e consumissem apenas o suplemento nutricional fornecido pelo I.P., após cada sessão de TF (i.e., 30g *Whey Protein*

– *Whey Select* – 3VS Nutrition - Brasil). Todos participantes assinaram um termo de consentimento para participação do estudo, o qual foi conduzido de acordo com a Declaração de Helsinki, e aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

2.2. Delineamento experimental

Primeiramente, os participantes visitaram o laboratório para a realização de uma sessão de familiarização com o teste de uma repetição máxima (1-RM) no *leg press* 45° (RT-054 – Tonus – Brazil – São Paulo) e na cadeira extensora (RT-068 – Tonus – Brasil – São Paulo). O primeiro teste de 1-RM foi realizado 48 horas após a familiarização. Um novo teste de 1-RM foi realizado 72 horas após o primeiro teste. Setenta e duas horas depois, a área de secção transversa (AST) do músculo vasto lateral e a arquitetura muscular (i.e., ângulo de penação [AP] e comprimento do fascículo [CF]) foram mensurados. Um recordatório do TF realizado por cada voluntário, duas semanas antes do início do estudo, foi utilizado para determinar o VTT realizado por cada participante. O VTT foi utilizado para ranquear cada perna dos participantes em quartis para a aleatorização e balanceamento de cada perna dos indivíduos em um dos seguintes protocolos: 1) Treinamento de força tradicional (TRAD); 2) Sistema de TF Pirâmide Crescente (PC); 3) Sistema de TF *Drop-set* (DS). O protocolo TRAD foi definido como “controle positivo” para todos os participantes. Portanto, 32 pernas foram alocadas no protocolo TRAD (16 membros dominantes e 16 não dominantes). As pernas contralaterais foram alocadas no protocolo PC (n=16, 8 membros dominantes e 8 não dominantes) ou DS (n=16, 8 membros dominantes e 8 não dominantes). Esse procedimento foi utilizado para evitar a influência do VTT realizado previamente nas adaptações neuromusculares. Em seguida, os participantes realizaram duas sessões de familiarização com os protocolos, e então realizaram 12 semanas de TF com duas sessões

semanais. O teste de 1-RM no *leg press* 45° e cadeira extensora foram repetidos ao final da sexta semana para realizar o ajuste da carga. Adicionalmente, a AST, arquitetura muscular e 1-RM no *leg press* 45° e cadeira extensora foram mensurados novamente 72 horas após a última sessão de TF.

2.3. Equalização e progressão do volume total de treinamento

Como o VTT pode ter grande influência nos aumentos de força e massa muscular (CANDOW et al., 2007; KELLY et al., 2007; RONNESTAD et al., 2007; KRIEGER, 2009; KRIEGER, 2010; MITCHELL et al., 2012; SCHOENFELD, 2013a; SOONESTE et al., 2013; GENTIL et al., 2014; SCHOENFELD et al., 2016b), nós utilizamos um recordatório de TF para determinar o VTT inicial de cada participante. Inicialmente o VTT foi definido como 120% do VTT que cada participante realizava duas semanas antes do início do estudo. Esse procedimento garantiu que não ocorresse nenhum aumento ou diminuição abrupto no VTT no início do estudo. O VTT realizado nos protocolos PC e DS foi equalizado com o VTT realizado pelo protocolo TRAD (i.e., realizada primeiro). 70% do VTT de cada sessão de TF foi realizado no *leg press* 45°, enquanto os outro 30% foi realizado na cadeira extensora. O VTT foi aumentado em ~7% a cada 3 semanas (i.e., 6 sessões de TF) para cada participante, independente do aumento dos valores de 1-RM obtidos na sexta semana, visando a manutenção da equalização do VTT.

2.4. Protocolos de treinamento de força

2.4.1. Treinamento de força tradicional (TRAD)

O TRAD foi realizado com intensidade correspondente à 75% de 1-RM nos exercícios de *leg press* 45° e cadeira extensora de maneira unilateral. Os participantes realizaram de 3 à 5 séries de 6 à 12 repetições em cada exercício. A carga de 75% de 1-

RM não garantiu que todos os participantes realizassem a primeira série até a falha muscular, mas todos eles estiveram muito próximos ou até mesmo atingiram a falha muscular nas séries seguintes. O número de séries e repetições foi ajustado todas as vezes que o VTT foi aumentado. Uma pausa de 2 minutos foi dada entre cada série e exercícios.

2.4.2. *Sistema piramidal crescente (PC)*

No protocolo PC, a carga (kg) foi aumentada e as repetições diminuídas após cada série. Os participantes realizaram o PC com um VTT similar a perna contralateral (i.e., TRAD). Nesse sentido, o número de séries que cada participante realizou variou entre 3 e 5, e o número de repetições em cada série foi ~15 na primeira série (65% de 1-RM), ~12 na segunda série (70% de 1-RM), ~10 na terceira série (75% de 1-RM), ~8 na quarta série (80% de 1-RM), e ~6 na quinta série (85% de 1-RM). Assim como no TRAD, a maioria dos participantes não realizaram a primeira série até falha muscular, mas todos eles estavam próximos ou atingiram a falha muscular nas últimas séries. O número de séries e repetições foi ajustado toda vez em que o VTT foi aumentado (i.e., a cada três semanas). Foi realizada uma pausa de 2 minutos entre séries e exercícios.

2.4.3. *Sistema Drop-set (DS)*

O protocolo DS realizou o mesmo VTT inicial e exercícios que TRAD e PC. Cada série foi realizada até a falha muscular. Os participantes realizaram dois “*drops*” após a primeira falha muscular de cada série (e.g., carga inicial – repetições até a falha – pausa curta – redução de 20% da carga – repetições até a falha). Se o VTT predeterminado de cada exercício fosse alcançado antes do final do segundo “*drop*” (e.g., primeiro “*drop*” da segunda série), o exercício era finalizado para garantir a equalização do VTT com o protocolo TRAD. Uma pausa de 2 minutos foi realizada entre séries e exercícios.

2.5. Teste de força máxima dinâmica

A força máxima dinâmica foi mensurada por meio do teste de 1-RM unilateral no *leg press* 45° e na cadeira extensora de acordo com as recomendações descritas por Brown & Weir (2001). Inicialmente, os participantes realizaram um aquecimento geral em uma bicicleta ergométrica a 20 km·h⁻¹ por 5 minutos, seguidas de duas séries de aquecimento específico. Na primeira série foram realizadas 8 repetições com 50% do 1-RM estimado, enquanto na segunda série foram realizadas 3 repetições com 70% do 1-RM estimado com 2 minutos de pausa entre as séries. Após o aquecimento, o teste de 1-RM foi iniciado, no qual os participantes tiveram 5 tentativas para alcançar a carga correspondente à 1-RM em cada exercício. Uma pausa de 3 minutos foi realizada entre as tentativas. O coeficiente de variação e erro típico para os testes de 1-RM no *leg press* 45° e cadeira extensora foram 1,31% e 2,89 kg, e 1,38% e 1,05 kg, respectivamente.

2.6. Área de secção transversa muscular (AST)

A AST do vasto lateral foi mensurada por ultrassonografia seguindo os procedimentos descritos por Lixandrão et al. (2014). Os participantes foram instruídos a se absterem de exercícios vigorosos por pelo menos 72 horas antes da avaliação (NEWTON et al., 2008; DAMAS et al., 2016b). Antes da aquisição das imagens, os participantes repousaram na posição supina por 20 minutos para garantir a homogeneização dos fluidos. O modo B do ultrassom foi utilizado para adquirir as imagens, por meio de um transdutor linear de 7.5MHz (Samsung, MySono U6, São Paulo, Brasil). Um gel de transmissão foi aplicado na área onde as imagens foram obtidas, para garantir acoplamento acústico sem pressionar a área analisada. O ponto correspondente a 50% da distância entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur foi utilizada para aquisição das imagens no plano sagital. Para guiar o deslocamento do transdutor, a pele foi demarcada transversalmente em intervalos

de 2 cm. Imagens sequenciais do vasto lateral foram obtidas inicialmente com a borda superior da sonda posicionada na marca mais medial da pele (sobre o músculo reto femoral) e terminou na área lateral da coxa. As imagens foram abertas sequencialmente no Power Point (Microsoft, USA), e manualmente rodadas para que a fásia do vasto lateral fosse totalmente reconstruída. As imagens eram então abertas no software ImageJ e a ferramenta “poligonal” foi utilizada para determinar a AST do vasto lateral. A ferramenta “poligonal” foi calibrada utilizando uma distância conhecida no Ultrassom. O coeficiente de variação e o erro típico das medidas de AST foram 1,05% e 0,33 cm², respectivamente.

2.7. Ângulo de penação (AP) e comprimento do fascículo (CF)

O AP e o CF do vasto lateral foram mensurados no mesmo momento e local da AST, porém com o transdutor posicionado longitudinalmente no ventre muscular. O AP foi definido como o ângulo formado entre o fascículo e a aponeurose profunda. O CF foi definido como a distância entre a origem do fascículo na aponeurose profunda e sua intersecção na aponeurose superficial. O valor médio de três imagens foi utilizado para determinar o AP e o CF através das ferramentas “ângulo” e “linear”, respectivamente, do software Image J (1.50b). O coeficiente de variação e o erro típico da medida para AP e CF foram 1,35% e 0,35°, e 1,05% e 0,05 cm, respectivamente.

2.8. Análise estatística

Após inspeção visual, a normalidade e a homogeneidade foram confirmadas pelo teste de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Como o protocolo TRAD foi composto de 32 pernas (i.e., controle positivo), e os protocolos PC e DS (i.e., protocolos experimentais) tinham 16 pernas, nós realizamos 10 simulações nas quais 16 pernas

foram aleatoriamente removidas da protocolo TRAD. Essas simulações foram realizadas para testar se diferentes amostras de 16 pernas no protocolo TRAD modificariam os resultados estatísticos quando comparados a situação em que TRAD fosse composto por 32 pernas. Como nenhuma das simulações produziram resultados estatísticos diferentes, para nenhuma das variáveis dependentes, nós realizamos a análise final com 32 pernas no protocolo TRAD e 16 pernas na protocolo PC e DS. Para comparar os valores de linha de base das variáveis dependentes entre protocolos (VTT, 1-RM, AST, AP e CF) uma análise de medidas repetidas ANOVA *one-way* foi realizada. Como não houve nenhuma diferença entre protocolos, uma análise de modelo misto tendo os protocolos (TRAD, PC e DS) e tempo (Pré e Pós) como fatores fixos e os participantes como fatores randômicos foi utilizada para cada variável dependente para comparar os efeitos dos protocolos ao longo do tempo. Em caso de um valor de F significativo, um ajuste de Tukey foi realizado para comparação em pares. A análise estatística foi realizada com o software SAS 9.2 e o valor de significância adotado para P foi $P < 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1. Volume total de treinamento (VTT)

Não houve diferença significativa no VTT ($P > 0,05$) entre os protocolos TRAD, PC e DS (Figura 1).

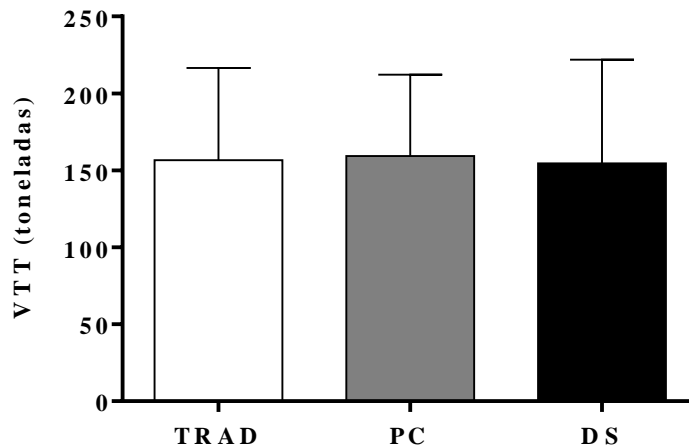


Figura 1. Volume total de treinamento (VTT) ao longo das 12 semanas dos protocolos tradicional (TRAD), pirâmide crescente (PC) e *Drop-set* (DS). Valores apresentados em média \pm DP.

3.2. Força máxima dinâmica

Todos os protocolos demonstraram valores significativamente maiores de 1-RM no momento Pós treinamento comparado ao Pré treinamento para o *leg press* 45° (TRAD = 25,9%, CP = 25,9% e DS = 24,9%; efeito principal de tempo, $P < 0,0001$) (Figura 2A) e cadeira extensora (TRAD = 16,6%, PC = 16,4 e DS = 17,1%; efeito principal de tempo, $P < 0,0001$) (Figura 2B). Como esperado, os valores de 1-RM compostos (*leg press* 45° mais cadeira extensora) também aumentaram significativamente após o período de treinamento (TRAD = 24,1%; PC = 24,6%; DS = 22,9%; efeito principal de tempo, $P < 0,0001$). (Figura 2C). Entretanto, nenhuma diferença significativa foi detectada entre os protocolos ($P > 0,05$). As mudanças relativas (%) individuais no 1-RM composto (i.e., *leg press* 45° mais cadeira extensora) são demonstrados na Figura 4A.

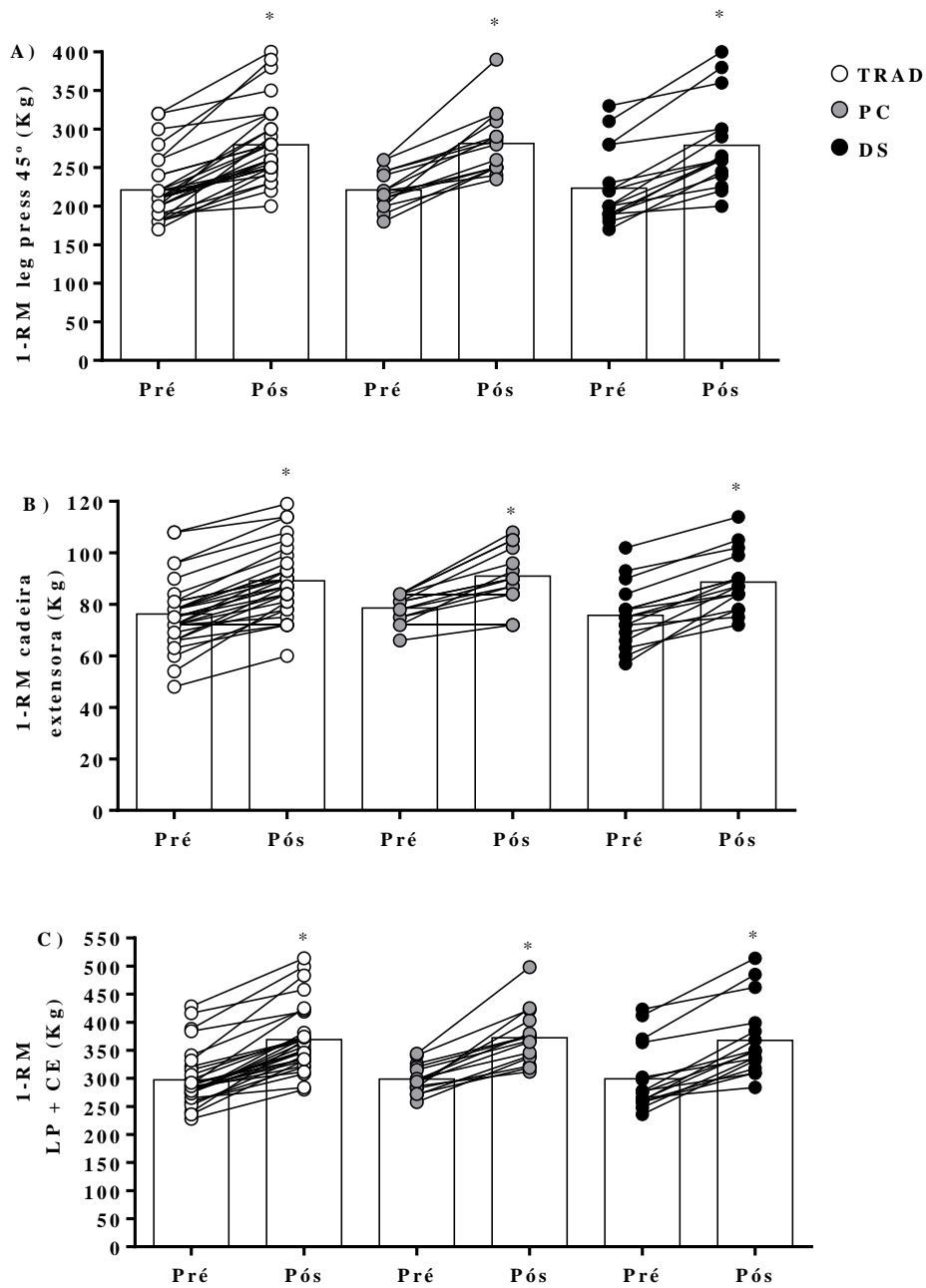


Figura 2. Força máxima dinâmica (1-RM) no *leg press* 45° unilateral (LP) (Painel A), cadeira extensora unilateral (CE) (Painel B) e composto (LP mais CE) (Painel C) mensurada antes (Pré) e após (Pós) 12 semanas de treinamento para os protocolos tradicional (TRAD), pirâmide crescente (PC) e *Drop-set* (DS). *Diferença significativa em relação ao momento Pré (efeito principal de tempo, $P < 0,0001$). Valores apresentados em média \pm DP.

3.3. Área de secção transversa (AST) e arquitetura muscular

Com relação a AST, todos os protocolos aumentaram significativamente os valores do Pré para Pós treinamento (TRAD = 7,6%; PC = 7,5% e DS = 7,8%; efeito principal de tempo, $P = 0,01$) (Figura 3A e 4B). Assim como observado na AST, todos os protocolos apresentaram aumentos significantes e similares para o AP (TRAD = 10,6%; CP = 11,0%; DS = 10,3%; efeito principal de tempo, $P = 0,001$) (Figura 3B). Os valores do CF também aumentaram significativamente e similarmente do para todos os protocolos (TRAD = 8,9%; CP = 8,9%; DS = 9,1%; efeito principal de tempo, $P = 0,001$) (Figura 3C). Nenhuma diferença significativa foi observada entre os protocolos ($P > 0,05$). As mudanças relativas (%) individuais na AST são demonstradas na Figura 4B.

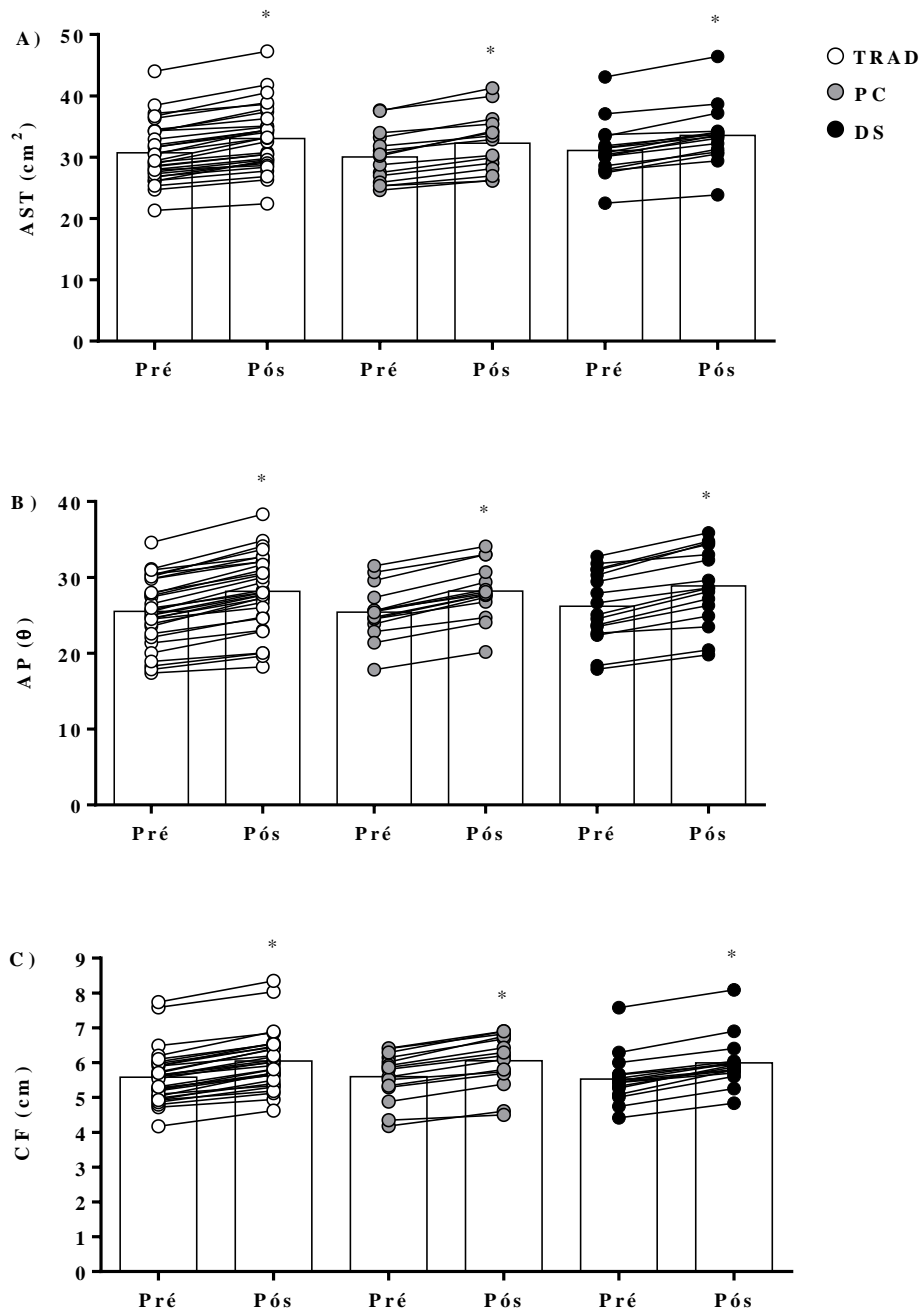


Figura 3. Área de secção transversa (AST) (Painel A), ângulo de penetração (AP) (Painel B) e comprimento do fascículo (CF) (Painel C) mensurados antes (Pré) e após (Pós) 12 semanas dos protocolos tradicional (TRAD), pirâmide crescente (PC) e *Drop-set* (DS). *Significativamente diferente do Pré (efeito principal de tempo, $P = 0,001$). Valores apresentados em média \pm DP.

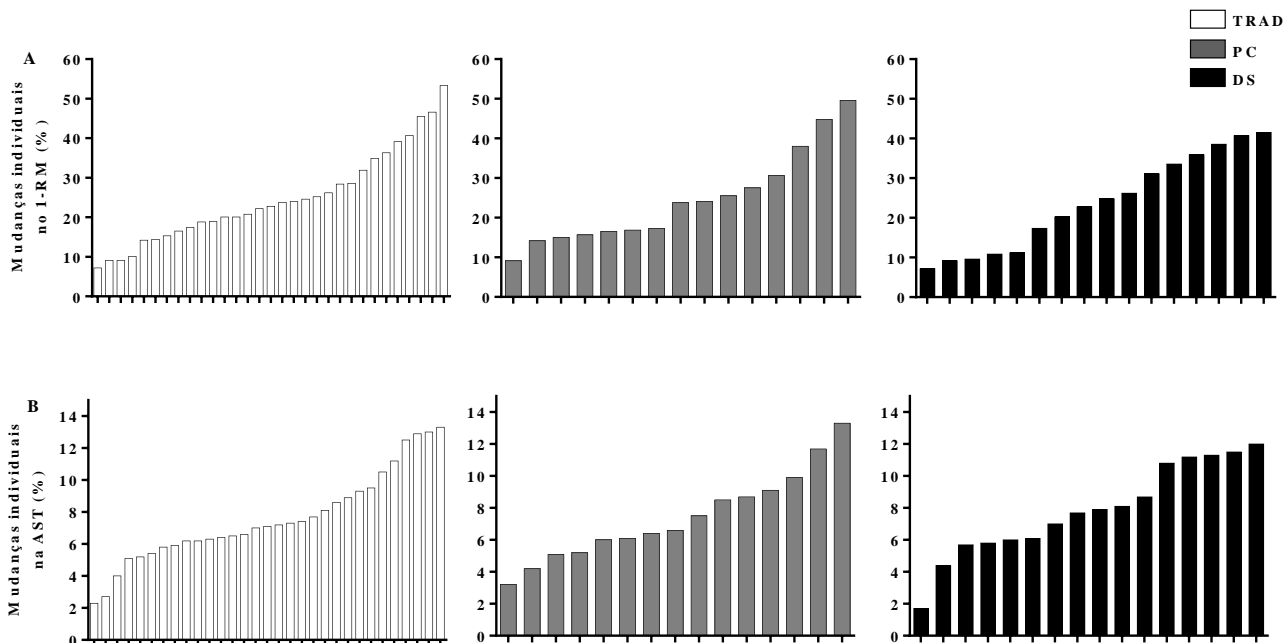


Figura 4. Mudanças relativas (%) individuais na força máxima dinâmica composta (1-RM, *leg press* 45° mais cadeira extensora) (Painel A) e área de secção transversa muscular (AST) (Painel B) após a realização dos protocolos tradicional (TRAD), pirâmide crescente (PC) e *Drop-set* (DS). Cada barra representa uma unidade experimental (eixo X).

4. DISCUSSÃO

Segundo nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo que comparou os efeitos dos sistemas pirâmide crescente (PC) e *drop-set* (DS) com o treinamento de força tradicional (TRAD) na força, massa e arquitetura muscular em sujeitos experientes em TF. Nossos principais achados são que os sistemas PC e DS não produzem ganhos adicionais na força e massa muscular comparado ao TRAD.

Nós observamos ganhos similares na força muscular entre TRAD, PC e DS (24,9-25,9% para o *leg press* 45° e 16,4-17,1% para a cadeira extensora). O aumento nos valores de 1-RM para o *leg press* 45° e cadeira extensora reportados estão de acordo com outros estudos que investigaram os efeitos do TF TRAD em indivíduos treinados (~20% após

24 sessões de TF) (AHTIAINEN et al., 2005; SCHOENFELD et al., 2014b; SCHOENFELD et al., 2015; SCHOENFELD et al., 2016a).

Em relação a comparação entre TRAD, PC e DS, é sugerido que o sistema PC pode promover maiores aumentos na força muscular comparado a TRAD e DS devido a maior intensidade de TF (FLECK, S. J. et al., 2014), a qual pode aumentar o recrutamento de unidades motoras (SCHOENFELD et al., 2014a). De fato, estudos tem sugerido que protocolos de TF realizados com maiores intensidades podem promover maiores ganhos em força muscular comparado a protocolos de TF de baixa intensidade em sujeitos experientes em TF (~20% vs. ~9%) (MANGINE et al., 2015; SCHOENFELD et al., 2015). Em nosso estudo, a intensidade utilizada foi de moderada para alta (TRAD = 75% 1-RM; PC = 65-85% 1-RM; DS= ~60-75% 1-RM), a qual pode explicar em partes os aumentos similares na força muscular, pois já garante um elevado recrutamento das unidades motoras (CLAMANN, 1993; DE LUCA et al., 2012). Adicionalmente, a equalização do VTT pode ter promovido uma sobrecarga similar aos protocolos, apesar das diferenças no volume e intensidade entre eles (CANDOW et al., 2007; KELLY et al., 2007; RONNESTAD et al., 2007; KRIEGER, 2009; KRIEGER, 2010; MARSHALL et al., 2011; MITCHELL et al., 2012; SCHOENFELD, 2013a; SOONESTE et al., 2013; GENTIL et al., 2014). Nossos dados suportam a hipótese de que os sistemas de TF não são necessários para maximizar os ganhos de força muscular em indivíduos treinados em força, ao menos quando o VTT é equalizado ao TRAD.

Os aumentos na AST também foram similares entre os protocolos TRAD, PC e DS (7,5-7,8%). Estudos tem reportado que a hipertrofia muscular é atenuada em indivíduos treinados (BRANDENBURG et al., 2002; AHTIAINEN et al., 2003; AHTIAINEN et al., 2005) comparado a indivíduos com pouca ou nenhuma experiência em TF (WERNBOM et al., 2007). Contudo, em nosso estudo, os aumentos na AST foram maiores comparado

a outros estudos com indivíduos treinados. Por exemplo, Ahtianien et al. (2003) reportaram aumentos na AST do quadríceps de ~5,6% após 21 semanas de TF (5 séries de extensora realizada duas vezes por semana) em fisiculturistas e levantadores de peso. Adicionalmente, o mesmo grupo observou aumentos de apenas ~4% na AST do quadríceps após 21 semanas de TF (3-4 séries de agachamento e 4-5 séries de *leg press* à 10-RM realizados duas vezes por semana) em indivíduos treinados (AHTIAINEN et al., 2005). Estudos do nosso grupo e outros têm demonstrado que as alterações na AST promovidas pelo TF apresentam uma grande variabilidade inter-sujeitos (de -11% à +30%) (BRANDENBURG et al., 2002; HUBAL et al., 2005; LAURENTINO et al., 2012; FONSECA et al., 2014; LIBARDI et al., 2015; LIXANDRAO et al., 2015; VECHIN et al., 2015; AHTIAINEN et al., 2016). No nosso estudo, todos os participantes aumentaram a AST, e a variabilidade inter-sujeitos foi menor comparado aos resultados previamente reportados (variação: 1.7% – 13.3%) (Figure 4b). É possível que algumas características do nosso delineamento experimental possam ter otimizado a resposta anabólica e minimizado a variabilidade inter-sujeitos mesmo em indivíduos experientes em TF: 1) o VTT inicial foi determinado levando em consideração o histórico de TF de cada participante; 2) O VTT foi frequentemente aumentado (i.e., 7% a cada seis sessões de treinamento) para garantir uma progressão contínua e um VTT equalizado entre os protocolos (KRIEGER, 2009; KRIEGER, 2010; SCHOENFELD et al., 2016b); 3) para garantir uma maximização da taxa de síntese proteica após cada sessão de TF e reduzir a variabilidade inter-sujeitos produzida pela dieta, todos os participantes ingeriram 30g de *Whey Protein* após cada sessão de TF (HARTMAN et al., 2007; BURD et al., 2010; MITCHELL et al., 2012; DAMAS et al., 2016a); 4) nosso delineamento experimental intra-sujeito permitiu uma equalização mais precisa do VTT entre os protocolos e pode

ter minimizado os efeitos da variabilidade biológica inter-sujeitos quando os protocolos foram comparados.

Em relação a comparação entre os protocolos TRAD, PC e DS, têm sido sugerido que as séries realizadas até a falha muscular no sistema DS, associado ao elevado VTT, são vantajosas para promover a hipertrofia muscular devido ao elevado estresse metabólico, e conseqüentemente o maior estímulo anabólico comparado a TRAD e PC (SCHOENFELD, 2013b; MANGINE et al., 2015; SCHOENFELD et al., 2015; MORTON et al., 2016). Contudo, nosso protocolo DS não resultou em maiores aumentos na AST comparado aos outros protocolos. Como a falha muscular não é um pré requisito dos protocolos TRAD e PC (ACSM 2009; CHARRO et al. 2010; CHARRO et al. 2012), os participantes não foram instruídos a atingir a falha muscular. Apesar disso, as séries foram realizadas com um elevado nível de esforço e fadiga devido ao elevado VTT inicial (i.e., adição de 20% ao VTT prévio) e aos aumentos periódicos no VTT ao longo do estudo. É importante destacar que embora os protocolos não tenham sido equiparados quanto a falha muscular para que fossem mantidas as características de cada protocolo, não há evidências que sustentem a hipótese de que treinar até a falha muscular pode promover maiores ganhos de força e massa muscular (DAVIES et al. 2016; NÓBREGA e LIBARDI 2016). Adicionalmente, recente estudo de nosso grupo demonstrou que séries realizadas até a falha ou interrupção voluntária (i.e., ponto no qual os participantes interrompem voluntariamente o exercício antes da falha muscular) não resultam em diferenças na hipertrofia muscular (NÓBREGA et al., 2017). Apesar da falta de estudos que investigaram os efeitos do sistema DS, alguns estudos compararam as respostas do lactato sanguíneo (GOTO et al., 2003) e mudanças na força e massa muscular (GOTO et al., 2004) entre TRAD e um protocolo de TF semelhante ao sistema DS (i.e., adição de uma série até a falha muscular, que foi realizada no final da sessão de TF após uma pausa

curta para a redução da carga). Os resultados desses estudos demonstraram maior concentrações de lactato imediatamente após a sessão de TF (GOTO et al., 2003) e maiores adaptações neuromusculares após 10 semanas de TF (GOTO et al., 2004) para o sistema DS comparado ao TRAD. No entanto, um número maior de repetições foi realizado no “sistema DS” em ambos os estudos, resultando em um VTT maior comparado aos outros protocolos, sugerindo que as vantagens oferecidas pelo DS, podem ser devido ao maior VTT e não pelo sistema propriamente dito (SCHOENFELD, 2011). Adicionalmente, Schoenfeld et al. (2016b) demonstraram um efeito dose-resposta entre o volume do TF e as adaptações hipertróficas, evidenciando a importância do VTT para o crescimento muscular. Portanto, é possível sugerir que o DS não resulta em vantagens para os ganhos em AST comparado a outros protocolos de TF em sujeitos treinados quando o VTT é equalizado.

A hipertrofia muscular foi acompanhada por aumentos similares no AP e CF entre os protocolos. Segundo nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo que investigou os efeitos dos sistemas de TF nos parâmetros de arquitetura muscular em indivíduos treinados em força. Dado que as mudanças na arquitetura muscular acompanham as mudanças na AST (AAGAARD et al., 2001), deve-se esperar menores mudanças no AP e CF em sujeitos treinados comparados aos destreinados (WERNBOM et al., 2007). Contudo, nossos resultados demonstraram aumentos no AP e CF comparáveis aos ganhos observados em sujeitos recreacionalmente ativos (~10% para PA e ~8% para FL) (BLAZEVICH et al., 2007; SEYNNES et al., 2007). Portanto, é possível sugerir que as estratégias metodológicas utilizadas em nosso estudo, otimizaram não apenas o aumento na AST, mas também no AP e CF. As mudanças no AP e CF nos permite sugerir que os aumentos na AST ocorreram possivelmente pelo aumento no número de sarcômeros em

paralelo, e portanto, podem ter contribuído para os aumentos similares nos valores de 1-RM dos protocolos (AAGAARD et al., 2001).

Nosso estudo apresenta algumas implicações práticas que devem ser consideradas. Primeiro, como os protocolos TRAD, PC e DS produziram mudanças similares nos parâmetros mensurados, é recomendado que a utilização de um sistema de TF leve em consideração as preferencias individuais. Segundo, as adaptações induzidas pelo TF parecem ser otimizadas com ajustes frequentes no VTT ao longo do período de TF. Finalmente, a manipulação da intensidade e do volume parece não interferir nos ganhos de força e massa muscular, pelo menos quando o VTT dos protocolos é equalizado e progressivamente aumentado.

Esse estudo não é sem limitações. O modelo de treinamento unilateral utilizado no estudo pode favorecer um efeito cruzado, o qual pode contribuir para aumentos na força muscular do membro contralateral não treinado por fatores neurais (LEE et al., 2007). Contudo, nós acreditamos que o efeito cruzado (ao menos na avaliação pós treinamento) tenha sido minimizado com o nosso delineamento experimental devido aos seguintes fatores: a) os ganhos de força decorrentes de fatores neurais geralmente duram menos que o período do nosso estudo (i.e., 12 semanas); b) uma meta-análise de Munn et al. (2004) demonstrou uma média de ganhos de força de ~10% em indivíduos não treinados, quando esses foram submetidos a um efeito cruzado. Nossos ganhos de força são 1,5 vezes maiores que os ganhos induzidos por efeito cruzado, o que pode descartar tal efeito como um fator limitante dos resultados de força muscular; c) os participantes do estudo foram sujeitos com experiência de $6,4 \pm 2,0$ anos de TF. O efeito cruzado tem menores possibilidades de acontecer em indivíduos treinados comparado aos destreinados; d) as vantagens de se utilizar um delineamento intra-sujeito supera as de um desenho inter-sujeitos. A variabilidade biológica (delineamento inter-sujeitos) tem um maior efeito nos

ganhos de força e massa muscular comparado ao efeito cruzado; e) um delineamento intra-sujeito é mais efetivo no controle da variabilidade das adaptações neuromusculares uma vez que ambas as pernas são afetadas igualmente pela variabilidade biológica; f) foi de grande importância controlar o VTT entre os protocolos. Um delineamento inter-sujeitos não possibilitaria um controle preciso do VTT, uma vez que se o VTT de um grupo experimental não fosse utilizado como padrão, poderia haver um sub-treinamento ou uma sobrecarga excessiva nos outros grupos, afetando nossos resultados.

5. CONCLUSÃO

Os sistemas pirâmide crescente e *drop-set* não promovem maiores aumentos de força, massa muscular e mudanças na arquitetura muscular comparado ao treinamento de força tradicionalmente realizado com intensidades e volume constantes.

6. REFERÊNCIAS

AAGAARD, P.; ANDERSEN, J. L.; DYHRE-POULSEN, P.; LEFFERS, A. M.; WAGNER, A.; MAGNUSSON, S. P.; HALKJAER-KRISTENSEN, J.; SIMONSEN, E. B. A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. **J Physiol**, v. 534, n. Pt. 2, p. 613-23, Jul 15 2001.

AAGAARD, P.; SIMONSEN, E. B.; ANDERSEN, J. L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **J Appl Physiol**, v. 93, n. 4, p. 1318-26, Oct 2002.

ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, n. 2, p. 364-80, Feb 2002.

_____. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 3, p. 687-708, Mar 2009.

_____. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 7, p. 1334-59, Jul 2011.

ADES, P. A.; SAVAGE, P. D.; BROCHU, M.; TISCHLER, M. D.; LEE, N. M.; POEHLMAN, E. T. Resistance training increases total daily energy expenditure in disabled older women with coronary heart disease. **J Appl Physiol** (1985), v. 98, n. 4, p. 1280-5, Apr 2005.

AHTIAINEN, J. P.; PAKARINEN, A.; ALEN, M.; KRAEMER, W. J.; HAKKINEN, K. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. **Eur J Appl Physiol**, v. 89, n. 6, p. 555-63, Aug 2003.

_____. Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. **J Strength Cond Res**, v. 19, n. 3, p. 572-82, Aug 2005.

AHTIAINEN, J. P.; WALKER, S.; PELTONEN, H.; HOLVIALA, J.; SILLANPAA, E.; KARAVIRTA, L.; SALLINEN, J.; MIKKOLA, J.; VALKEINEN, H.; MERO, A.; HULMI, J. J.; HAKKINEN, K. Heterogeneity in resistance training-induced muscle strength and mass responses in men and women of different ages. **Age (Dordr)**, v. 38, n. 1, p. 10, Feb 2016.

BAKER, D.; WILSON, G.; CARLYON, R. Periodization: The Effect on Strength of Manipulating Volume and Intensity. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 8, n. 4, p. 235-242, 1994.

BENTES, C. M.; SIMAO, R.; BUNKER, T.; RHEA, M. R.; MIRANDA, H.; GOMES, T. M.; NOVAES JDA, S. Acute effects of dropsets among different resistance training methods in upper body performance. **J Hum Kinet**, v. 34, p. 105-11, Oct 2012.

BLAZEIVICH, A. J.; CANNAVAN, D.; COLEMAN, D. R.; HORNE, S. Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. **J Appl Physiol** (1985), v. 103, n. 5, p. 1565-75, Nov 2007.

BRANDENBURG, J. P.; DOCHERTY, D. The effects of accentuated eccentric loading on strength, muscle hypertrophy, and neural adaptations in trained individuals. **J Strength Cond Res**, v. 16, n. 1, p. 25-32, Feb 2002.

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. **J Exerc Physiol Online**, v. 4, n. 3, p. 1-21, 2001.

BURD, N. A.; WEST, D. W.; STAPLES, A. W.; ATHERTON, P. J.; BAKER, J. M.; MOORE, D. R.; HOLWERDA, A. M.; PARISE, G.; RENNIE, M. J.; BAKER, S. K.; PHILLIPS, S. M. Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. **PLoS One**, v. 5, n. 8, p. e12033, 2010.

CANDOW, D. G.; BURKE, D. G. Effect of short-term equal-volume resistance training with different workout frequency on muscle mass and strength in untrained men and women. **J Strength Cond Res**, v. 21, n. 1, p. 204-7, Feb 2007.

CHARRO, M. A.; AOKI, M. S.; COUTTS, A. J.; ARAUJO, R. C.; BACURAU, R. F. Hormonal, metabolic and perceptual responses to different resistance training systems. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 50, n. 2, p. 229-34, Jun 2010.

CHESTNUT, J. L.; DOCHERTY, D. The Effects of 4 and 10 Repetition Maximum Weight-Training Protocols on Neuromuscular Adaptations in Untrained Men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 13, n. 4, p. 353-359, 1999.

CLAMANN, H. P. Motor unit recruitment and the gradation of muscle force. **Phys Ther**, v. 73, n. 12, p. 830-43, Dec 1993.

DAMAS, F.; PHILLIPS, S. M.; LIBARDI, C. A.; VECHIN, F. C.; LIXANDRAO, M. E.; JANNIG, P. R.; COSTA, L. A.; BACURAU, A. V.; SNIJDERS, T.; PARISE, G.; TRICOLI, V.; ROSCHEL, H.; UGRINOWITSCH, C. Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. **J Physiol**, v. 594, n. 18, p. 5209-22, Sep 15 2016a.

DAMAS, F.; PHILLIPS, S. M.; LIXANDRAO, M. E.; VECHIN, F. C.; LIBARDI, C. A.; ROSCHEL, H.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C. Early resistance training-induced increases in muscle cross-sectional area are concomitant with edema-induced muscle swelling. **Eur J Appl Physiol**, v. 116, n. 1, p. 49-56, Jan 2016b.

DE LUCA, C. J.; CONTESSA, P. Hierarchical control of motor units in voluntary contractions. **J Neurophysiol**, v. 107, n. 1, p. 178-95, Jan 2012.

DELORME, T. L.; WATKINS, A. L. Technics of progressive resistance exercise. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 29, n. 5, p. 263-73, May 1948.

FISH, D. E.; KRABAK, B. J.; JOHNSON-GREENE, D.; DELATEUR, B. J. Optimal resistance training: comparison of DeLorme with Oxford techniques. **Am J Phys Med Rehabil**, v. 82, n. 12, p. 903-9, Dec 2003.

FLECK; KRAEMER, W. **Designing Resistance Training Programs-4th Edition**. Human Kinetics, 2014. ISBN 9781450477604. Disponível em: < <https://books.google.com.br/books?id=uZv7AgAAQBAJ> >.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Designing Resistance Training Programs**. 4. Colorado Springs: Human Kinetics Publishers, 2014. 520

FONSECA, R. M.; ROSCHEL, H.; TRICOLI, V.; DE SOUZA, E. O.; WILSON, J. M.; LAURENTINO, G. C.; AIHARA, A. Y.; DE SOUZA LEO, A. R.; UGRINOWITSCH, C. Changes in exercises are more effective than in loading schemes to improve muscle strength. **J Strength Cond Res**, v. 28, n. 11, p. 3085-92, Nov 2014.

GENTIL, P.; FISCHER, B.; MARTORELLI, A. S.; LIMA, R. M.; BOTTARO, M. Effects of equal-volume resistance training performed one or two times a week in upper body muscle size and strength of untrained young men. **J Sports Med Phys Fitness**, Apr 15 2014.

GIBALA, M. J.; MACDOUGALL, J. D.; SALE, D. G. The effects of tapering on strength performance in trained athletes. **Int J Sports Med**, v. 15, n. 8, p. 492-7, Nov 1994.

GOTO, K.; NAGASAWA, M.; YANAGISAWA, O.; KIZUKA, T.; ISHII, N.; TAKAMATSU, K. Muscular adaptations to combinations of high- and low-intensity resistance exercises. **J Strength Cond Res**, v. 18, n. 4, p. 730-7, Nov 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. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 43, n. 2, p. 243-9, Jun 2003.

HARTMAN, J. W.; TANG, J. E.; WILKINSON, S. B.; TARNOPOLSKY, M. A.; LAWRENCE, R. L.; FULLERTON, A. V.; PHILLIPS, S. M. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. **Am J Clin Nutr**, v. 86, n. 2, p. 373-81, Aug 2007.

HUBAL, M. J.; GORDISH-DRESSMAN, H.; THOMPSON, P. D.; PRICE, T. B.; HOFFMAN, E. P.; ANGELOPOULOS, T. J.; GORDON, P. M.; MOYNA, N. M.; PESCATELLO, L. S.; VISICH, P. S.; ZOELLER, R. F.; SEIP, R. L.; CLARKSON, P. M. Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training. **Med Sci Sports Exerc**, v. 37, n. 6, p. 964-72, Jun 2005.

KELLY, S. B.; BROWN, L. E.; COBURN, J. W.; ZINDER, S. M.; GARDNER, L. M.; NGUYEN, D. The effect of single versus multiple sets on strength. **J Strength Cond Res**, v. 21, n. 4, p. 1003-6, Nov 2007.

KOK, L. Y.; HAMER, P. W.; BISHOP, D. J. Enhancing muscular qualities in untrained women: linear versus undulating periodization. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 9, p. 1797-807, Sep 2009.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Med Sci Sports Exerc**, v. 36, n. 4, p. 674-88, Apr 2004.

KRIEGER, J. W. Single versus multiple sets of resistance exercise: a meta-regression. **J Strength Cond Res**, v. 23, n. 6, p. 1890-901, Sep 2009.

_____. Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 4, p. 1150-9, Apr 2010.

LAURENTINO, G. C.; UGRINOWITSCH, C.; ROSCHEL, H.; AOKI, M. S.; SOARES, A. G.; NEVES, M., JR.; AIHARA, A. Y.; FERNANDES ADA, R.; TRICOLI, V. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Med Sci Sports Exerc**, v. 44, n. 3, p. 406-12, Mar 2012.

LEE, M.; CARROLL, T. J. Cross education: possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. **Sports Med**, v. 37, n. 1, p. 1-14, 2007.

LIBARDI, C. A.; CHACON-MIKAHIL, M. P.; CAVAGLIERI, C. R.; TRICOLI, V.; ROSCHEL, H.; VECHIN, F. C.; CONCEICAO, M. S.; UGRINOWITSCH, C. Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly. **Int J Sports Med**, v. 36, n. 5, p. 395-9, May 2015.

LIXANDRAO, M. E.; UGRINOWITSCH, C.; BOTTARO, M.; CHACON-MIKAHIL, M. P.; CAVAGLIERI, C. R.; MIN, L. L.; DE SOUZA, E. O.; LAURENTINO, G. C.; LIBARDI, C. A. Vastus lateralis muscle cross-sectional area ultrasonography validity for image fitting in humans. **J Strength Cond Res**, v. 28, n. 11, p. 3293-7, Nov 2014.

LIXANDRAO, M. E.; UGRINOWITSCH, C.; LAURENTINO, G.; LIBARDI, C. A.; AIHARA, A. Y.; CARDOSO, F. N.; TRICOLI, V.; ROSCHEL, H. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. **Eur J Appl Physiol**, v. 115, n. 12, p. 2471-80, Dec 2015.

MANGINE, G. T.; HOFFMAN, J. R.; GONZALEZ, A. M.; TOWNSEND, J. R.; WELLS, A. J.; JAJTNER, A. R.; BEYER, K. S.; BOONE, C. H.; MIRAMONTI, A. A.; WANG, R.; LAMONICA, M. B.; FUKUDA, D. H.; RATAMESS, N. A.; STOUT, J. R. The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance-trained men. **Physiol Rep**, v. 3, n. 8, Aug 2015.

MARSHALL, P. W.; MCEWEN, M.; ROBBINS, D. W. Strength and neuromuscular adaptation following one, four, and eight sets of high intensity resistance exercise in trained males. **Eur J Appl Physiol**, v. 111, n. 12, p. 3007-16, Dec 2011.

MITCHELL, C. J.; CHURCHWARD-VENNE, T. A.; WEST, D. W.; BURD, N. A.; BREEN, L.; BAKER, S. K.; PHILLIPS, S. M. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **J Appl Physiol (1985)**, v. 113, n. 1, p. 71-7, Jul 2012.

MOORE, D. R.; YOUNG, M.; PHILLIPS, S. M. Similar increases in muscle size and strength in young men after training with maximal shortening or lengthening contractions when matched for total work. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 4, p. 1587-92, Apr 2012.

MORTON, R. W.; OIKAWA, S. Y.; WAVELL, C. G.; MAZARA, N.; MCGLORY, C.; QUADRILATERO, J.; BAECHLER, B. L.; BAKER, S. K.; PHILLIPS, S. M. Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance-trained young men. **Journal of Applied Physiology**, 2016-05-12 10:40:19 2016.

NEWTON, M. J.; MORGAN, G. T.; SACCO, P.; CHAPMAN, D. W.; NOSAKA, K. Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance-trained and untrained men. **J Strength Cond Res**, v. 22, n. 2, p. 597-607, Mar 2008.

NÓBREGA, S. R.; UGRINOWITSCH, C.; PINTANEL, L.; BARCELOS, C.; LIBARDI, C. A. Effect Of Resistance Training To Muscle Failure Versus Volitional Interruption At High- And Low-Intensities On Muscle Mass And Strength. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. Publish Ahead of Print, 2017.

OSTROWSKI, K. J.; WILSON, G. J.; WEATHERBY, R.; MURPHY, P. W.; LYTTLE, A. D. The Effect of Weight Training Volume on Hormonal Output and Muscular Size and Function. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 11, n. 3, p. 148-154, 1997.

RIBEIRO, A. S.; SCHOENFELD, B. J.; SOUZA, M. F.; TOMELERI, C. M.; VENTURINI, D.; BARBOSA, D. S.; CYRINO, E. S. Traditional and pyramidal resistance training systems improve

muscle quality and metabolic biomarkers in older women: A randomized crossover study. **Exp Gerontol**, v. 79, p. 8-15, Jun 15 2016.

RONNESTAD, B. R.; EGELAND, W.; KVAMME, N. H.; REFSNES, P. E.; KADI, F.; RAASTAD, T. Dissimilar effects of one- and three-set strength training on strength and muscle mass gains in upper and lower body in untrained subjects. **J Strength Cond Res**, v. 21, n. 1, p. 157-63, Feb 2007.

SCHOENFELD, B. The Use of Specialized Training Techniques to Maximize Muscle Hypertrophy. **Strength & Conditioning Journal**, v. 33, n. 4, p. 60-65, 2011.

SCHOENFELD, B. J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 10, p. 2857-72, Oct 2010.

_____. Is there a minimum intensity threshold for resistance training-induced hypertrophic adaptations? **Sports Med**, v. 43, n. 12, p. 1279-88, Dec 2013a.

_____. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Med**, v. 43, n. 3, p. 179-94, Mar 2013b.

SCHOENFELD, B. J.; CONTRERAS, B.; OGBORN, D.; GALPIN, A.; KRIEGER, J.; SONMEZ, G. T. Effects of Varied Versus Constant Loading Zones on Muscular Adaptations in Trained Men. **Int J Sports Med**, v. 37, n. 6, p. 442-7, Jun 2016a.

SCHOENFELD, B. J.; CONTRERAS, B.; WILLARDSON, J. M.; FONTANA, F.; TIRYAKI-SONMEZ, G. Muscle activation during low- versus high-load resistance training in well-trained men. **Eur J Appl Physiol**, v. 114, n. 12, p. 2491-7, Dec 2014a.

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. **J Sports Sci**, p. 1-10, Jul 19 2016b.

SCHOENFELD, B. J.; PETERSON, M. D.; OGBORN, D.; CONTRERAS, B.; SONMEZ, G. T. Effects of Low- vs. High-Load Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy in Well-Trained Men. **J Strength Cond Res**, v. 29, n. 10, p. 2954-63, Oct 2015.

SCHOENFELD, B. J.; RATAMESS, N. A.; PETERSON, M. D.; CONTRERAS, B.; SONMEZ, G. T.; ALVAR, B. A. Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. **J Strength Cond Res**, v. 28, n. 10, p. 2909-18, Oct 2014b.

SEYNNES, O. R.; DE BOER, M.; NARICI, M. V. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. **J Appl Physiol (1985)**, v. 102, n. 1, p. 368-73, Jan 2007.

SOONESTE, H.; TANIMOTO, M.; KAKIGI, R.; SAGA, N.; KATAMOTO, S. Effects of training volume on strength and hypertrophy in young men. **J Strength Cond Res**, v. 27, n. 1, p. 8-13, Jan 2013.

VECHIN, F. C.; LIBARDI, C. A.; CONCEICAO, M. S.; DAMAS, F. R.; LIXANDRAO, M. E.; BERTON, R. P.; TRICOLI, V. A.; ROSCHEL, H. A.; CAVAGLIERI, C. R.; CHACON-MIKAHIL, M. P.; UGRINOWITSCH, C. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. **J Strength Cond Res**, v. 29, n. 4, p. 1071-6, Apr 2015.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOME, R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. **Sports Med**, v. 37, n. 3, p. 225-64, 2007.

ZINOVIEFF, A. N. Heavy-resistance exercises the "Oxford technique". **Br J Phys Med**, v. 14, n. 6, p. 129-32, Jun 1951.

7. ANEXO 1

Artigo referente a dissertação de Mestrado publicado na *European Journal of Applied Physiology*. 2016 - Impact Factor: 2.130.

Eur J Appl Physiol
DOI 10.1007/s00421-016-3529-1



ORIGINAL ARTICLE

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

Vitor Angleri¹ · Carlos Ugrinowitsch² · Cleiton Augusto Libardi¹

Received: 28 September 2016 / Accepted: 28 December 2016
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017

Abstract

Purpose The aim of this study was to compare the effects of crescent pyramid (CP) and drop-set (DS) systems with traditional resistance training (TRAD) with equalized total training volume (TTV) on maximum dynamic strength (1-RM), muscle cross-sectional area (CSA), pennation angle (PA), and fascicle length (FL).

Methods Thirty-two volunteers had their legs randomized in a within-subject design in TRAD (3–5 sets of 6–12 repetitions at 75% 1-RM), CP (3–5 sets of 6–15 repetitions at 65–85% 1-RM), and DS (3–5 sets of ~50–75% 1-RM to muscle failure) protocols. Each leg was trained for 12 weeks. Participants had one leg fixed in the TRAD while the contralateral leg performed either CP or DS to allow for TTV equalization.

Results The CSA increased significantly and similarly for all protocols (TRAD: 7.6%; CP: 7.5%; DS: 7.8%). All protocols showed significant and similar increases in leg press (TRAD=25.9%; CP=25.9%; DS=24.9%) and leg extension 1-RM loads (TRAD=16.6%; CP=16.4%; DS=17.1%). All protocols increased PA (TRAD=10.6%; CP=11.0%; DS=10.3%) and FL (TRAD=8.9%; CP=8.9%; DS=9.1%) similarly.

Conclusion CP and DS systems do not promote greater gains in strength, muscle hypertrophy and changes in muscle architecture compared to traditional resistance training.

Keywords Resistance training · Total training volume · Muscle cross-sectional area · Muscle strength · Pennation angle · Fascicle length

Abbreviations

1-RM	One-repetition maximum
CP	Crescent pyramid
CSA	Muscle cross-sectional area
DS	Drop-set
FL	Fascicle length
PA	Pennation angle
PI	Principal investigator
RT	Resistance training
TRAD	Traditional resistance training
TTV	Total training volume
US	Ultrasound
VL	Vastus lateralis

Introduction

Resistance training (RT) is considered as the most effective method to increase muscle strength and mass (i.e., muscle hypertrophy), and to change muscle architecture parameters (e.g., increases in pennation angle and fascicle length) (Aagaard et al. 2002; ACSM 2002, 2009, 2011; Ades et al. 2005; Blazevich et al. 2007; Kraemer and Ratamess 2004; Seynnes et al. 2007). To maximize, or to prevent the stagnation of gains in muscle strength and mass, coaches and well-trained lifters have used advanced RT systems (Charro et al. 2010; Fleck and Kraemer 2014; Kraemer and

Communicated by: Nicolas Place.

✉ Cleiton Augusto Libardi
c.libardi@ufscar.br

¹ Laboratory of Neuromuscular Adaptations to Resistance Training, Department of Physical Education, Federal University of São Carlos-UFSCar, Rod. Washington Luiz, km 235-SP 310, CEP 13565-905 São Carlos, SP, Brazil

² School of Physical Education and Sport, University of São Paulo-USP, Av. Prof. Mello de Moraes, 65, 05508-03 São Paulo, SP, Brazil

Published online: 27 January 2017

Springer