



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA



JONATHAS PEDRO VECCHI BERTASSOLI

TREINAMENTO CONCORRENTE: INFLUÊNCIA DA ORDEM DE
TREINAMENTO SOBRE O EFEITO DE INTERFERÊNCIA

Campinas

2019

JONATHAS PEDRO VECCHI BERTASSOLI

TREINAMENTO CONCORRENTE: INFLUÊNCIA DA ORDEM DE
TREINAMENTO SOBRE O EFEITO DE INTERFERÊNCIA

Trabalho de Conclusão de Curso
Apresentado à Graduação da Faculdade
de Educação Física da Universidade
Estadual de Campinas para obtenção do
título de Bacharel em Educação Física

Orientador: Prof. Dr. Miguel Soares Conceição

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A
VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA
DEFENDIDA PELO ALUNO: JONATHAS
PEDRO VECCHI BERTASSOLI, E ORIENTADO
PELO PROF. DR. MIGUEL SOARES CONCEIÇÃO

Campinas

2019

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Educação Física
Dulce Inês Leocádio - CRB 8/4991

B461t Bertassoli, Jonathas Pedro Vecchi, 1990-
Treinamento concorrente : influência da ordem de treinamento sobre o efeito de interferência / Jonathas Pedro Vecchi Bertassoli. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Miguel Soares Conceição.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física.

1. Treinamento concorrente. 2. Treinamento físico. 3. Força muscular. 4. Músculos - Hipertrofia. I. Conceição, Miguel Soares. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação Física. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Titulação: Bacharel

Banca examinadora:

Guilherme Defante Telles

Data de entrega do trabalho definitivo: 29-12-2019

COMISSÃO JULGADORA

Miguel Soares Conceição

Orientador

Prof. Doutorando Guilherme Defante Telles

Titular da banca

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente ao meu orientador, Prof. Dr. Miguel Soares Conceição, por sua dedicação e paciência comigo durante o período em que convivemos.

Também gostaria de agradecer aos membros da Banca, por participarem e opinarem neste trabalho dando sua honrosa contribuição.

Agradeço ao apoio da minha esposa Amanda, sua família e minha tia Roselene, sem os quais eu não teria chego onde estou.

Gostaria de agradecer ao meu amigo Leonardo de Carvalho Moi pela companhia durante todos estes anos, a força nos trabalhos e pela amizade que tivemos.

Agradeço a todos os professores e colegas que contribuíram para minha formação durante toda a jornada na FEF.

Obrigado!

BERTASSOLI, Jonathas Pedro Vecchi. Treinamento Concorrente: influência na ordem de treinamento sobre ganhos de força e hipertrofia muscular. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2019.

RESUMO

A prescrição do treinamento de força (TF) e do treinamento aeróbio (TA) em um mesmo protocolo de treino é caracterizado como treinamento concorrente (TC). Estes são utilizados para fins de aumento de força, hipertrofia muscular, redução do tecido adiposo e aumento das capacidades cardiorrespiratórias. No entanto, a soma desses treinamentos pode causar um fenômeno denominado efeito de interferência (EI), sendo a diminuição da força máxima e redução nos ganhos de hipertrofia muscular. Desde então muitas variáveis são estudadas a ponto de evitar ou minimizar este fenômeno. Como relatado em vários estudos, a ordem em que as modalidades de treinamento de força e treinamento aeróbio, possui um papel importante sobre o EI. O objetivo deste trabalho foi investigar a ordem das modalidades do treinamento que possam evitar ou reduzir o fenômeno do efeito de interferência nos membros inferiores. Foi utilizado a revisão bibliográfica na base de dados do PubMed. Os resultados mostraram que a execução de TA utilizando grandes volumes (acima de 30 minutos) pode prejudicar o desempenho da força máxima, enquanto TA utilizando altas intensidades e curta duração não apresentou impacto negativo sobre a força máxima ou quantidade de repetições máximas. Para a hipertrofia, as respostas anabólicas de RNAm de IGF-1 diminuíram após o TA, concomitante com o aumento de RNAm de MuRF (degradação de proteínas). A ordem TF-TA se mostrou superior para o desempenho de força máxima e, um intervalo de 6 a 24h entre os dois treinamentos, minimiza os fenômenos do EI na hipertrofia muscular.

Palavras-chaves: treinamento concorrente; ordem de exercício; força muscular; hipertrofia muscular.

BERTASSOLI, Jonathas Pedro Vecchi. Treinamento Concorrente: influência na ordem de treinamento sobre ganhos de força e hipertrofia muscular. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2019.

ABSTRACT

The prescription of strength training (ST) and aerobic training (AT) in the same training protocol is used as concurrent training (CT). These are used for increased strength, muscle hypertrophy, reduction of adipose tissue and increased cardiorespiratory fitness. However, a sum of these trainings can cause a phenomenon called interference effect (IE), being the reduction of maximum strength and reduction in gains of muscle hypertrophy. Since then, many variables have been studied to avoid or reduce this phenomenon. As related to various studies, an application that includes strength training and aerobic training plays an important role in IE. The aim of this study was to investigate an order of training alterations that can prevent or reduce the IE in the lower limbs. A literature review was used in the PubMed database. Results obtained by performing AT using large volumes (over 30 minutes) may impair maximum strength performance, while AT using high intensities and short duration does not affect the negative impact on maximum strength or maximum number of repetitions. For hypertrophy, as anabolic IGF-1 mRNA responses decrease after AT, concomitant with increased MuRF (protein degradation) mRNA. The ST-AT order was superior for maximal strength performance and an interval of 6 to 24h between two training sessions, minimizing IE phenomena in muscle hypertrophy.

Keywords: concurrent training; exercise order; muscle strength; muscle hypertrophy.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACSM	American College of Sports Medicine
TF	Treinamento de força
TA	Treinamento aeróbio
TC	Treinamento concorrente
EI	Efeito de interferência
RM	Repetição máxima
AST	Área de secção transversa
FRN	Fator respiratório nuclear
AMP	Monofosfato de adenosina
AMPK	monofosfato-adenosina proteína quinase ativada
MAPK	proteína quinase ativada por mitogênio
mTOR	alvo mamífero de rapamicina
RNA_m	ácido ribonucleico mensageiro
Akt	V-akt murine thymoma viral oncogene homolog
MuRF	muscle ring-finger

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVO GERAL.....	11
3 METODOS	11
4 TC E O EFEITO DE INTERFERÊNCIA.....	12
5 EFEITO DA ORDEM	14
6 POTENCIAS MECANISMOS RESPONSÁVEIS PELO EI	16
7 DISCUSSÃO	20
8 CONCLUSÃO.....	21
9 REFERENCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

O treinamento esportivo sempre foi alvo para diversos temas de estudo, incluindo as adaptações fisiológicas oriundas de cada modalidade de treinamento, com o objetivo em obter o máximo desempenho de acordo com as capacidades necessárias para cada modalidade, como força, potência, flexibilidade e capacidades aeróbia e anaeróbia. Além dos esportes, há um aumento do número de adepto à prática de atividades físicas, principalmente em academias de musculação e ginástica. Entre os objetivos destes adeptos que iniciam o treinamento, os mais comuns são a diminuição do percentual de gordura e o ganho de massa muscular. Para alcançar tais objetivos, os profissionais responsáveis por prescrever o programa de treinamento lançam mão de protocolos de treinamento já consolidados na literatura. O treinamento aeróbio (TA) tem como característica principal o aumento do consumo máximo de oxigênio e por consequência gasto calórico (BOOTH e BALDWIN, 1996), enquanto o treinamento de força (TF) tem maior influência sobre o aumento da força e hipertrofia muscular (MCDONAGH e DAVIES, 1987).

O American College of Sports Medicine (ACSM), um dos principais órgãos que regem a prescrição dos exercícios, recomenda que seja realizado pelo menos 150 minutos semanais, entre 3 e 5 dias, de atividade aeróbia moderada (GARBER, 2011). Para o treinamento de força, recomendam entre 2 e 3 dias semanais, numa intensidade entre 60 a 70% de 1 repetição máxima (RM), sendo de 2 a 4 séries de 8-12 repetições, com intervalo entre 2 a 3 minutos entre as séries, para os principais grupos musculares, respeitando um intervalo de 48 horas para realização do TF para os mesmos grupos (GARBER, 2011).

Entre as adaptações do TF a hipertrofia é o aumento da área de secção transversa das fibras musculares de ambos os tipos (contração lenta e contração rápida), além de ganhos em força máxima (TESCH 1988). Em outra via o TA é caracterizado por aumentar consumo máximo de oxigênio que está relacionado a capacidade do corpo de captar, transportar e utilizar o oxigênio (DOCHERTY AND SPORER 2000). Sendo assim, cada treinamento traz suas adaptações específicas, o que reforça a recomendação aos dois tipos de treinamento (GARBER, 2011). A realização do TF e do TA em uma mesma

unidade de tempo (e.g. mesma semana) é denominado de treinamento concorrente (TC). Estudos na literatura têm demonstrado que o TC pode induzir um fenômeno chamado de efeito de interferência (EI). O EI por sua vez, caracteriza-se pela atenuação de força e possivelmente nos ganhos de massa muscular, quando comparado aos ganhos obtidos com o TF de maneira isolada (HICKSON, 1980, WILSON, 2012). Hickson (1980) foi o primeiro autor a relatar a presença de EI, o qual comparou o TC e com os métodos de TF e TA realizados separadamente. Foram utilizados 3 grupos, sendo um TF (realizado 5 vezes na semana), um grupo de TA (realizado 6 vezes na semana) e um grupo para TC (soma dos volumes de TA e TF), separados por 2 horas de intervalo entre os protocolos. Ao final do estudo, ele demonstrou que o grupo que realizou TC apresentou menor produção de força muscular em relação ao TF. Mais recentemente, em uma meta análise, Wilson et. al. (2012) demonstraram que variáveis relacionadas a prescrição do TC, bem como a intensidade, o volume, a frequência e a ordem do treinamento, podem influenciar no desenvolvimento do EI.

Cadore et. al (2012) investigou a ordem do TC, utilizando 26 homens jovens, divididos em 2 grupos, sendo um de ordem TF-TA e outro TA-TF. Ao final das 12 semanas o estudo demonstrou que a ordem TF-TA foi superior nos ganhos de força e hipertrofia em relação ao grupo que realizou TA-TF ($p < 0.02$). Por outro lado, Chtara et. al (2008) não encontrou diferença significativas em relação a força muscular.

Visto que não há consenso na literatura sobre a ordem de realização do TA e do TF quando o objetivo é o aumento força e hipertrofia muscular, essa revisão tem buscado investigar o efeito da ordem do destes métodos no TC sobre o EI.

2 OBJETIVO GERAL

Identificar se a ordem de realização do treinamento aeróbio e de força, em uma mesma sessão, pode atenuar os ganhos em força e hipertrofia muscular.

3 METODOS

A pesquisa foi realizada nas base de dados Pubmed, com as seguintes palavras chaves: concurrent training, exercise order, muscle strength, muscle hypertrophy, em novembro de 2018. Serão incluídos na revisão apenas estudos que realizaram

treinamento concorrente por pelo menos 4 semanas, independente de gênero e idade. Para a busca foi realizado o cruzamento entre as palavras chave, sendo encontrados cerca de 500 artigos, os quais foram sendo excluídos primeiramente pelo título, somando cerca de 80 artigos previamente para leitura do resumo, totalizando 51 artigos estudados, e 20 artigos utilizados conforme critério de inclusão.

4 TC E O EFEITO DE INTERFERÊNCIA

Em um estudo, Cadore et. al. (2010) investigaram os efeitos do TC em 23 homens idosos. O estudo consistiu em 12 semanas de treinamento, separando as mulheres em 3 grupos, sendo um grupo para TF, um para TA e outro para TC. Para o grupo do TC, eles combinaram o volume de TF e TA, sendo a ordem TA-TF escolhida para investigar os efeitos sobre o TF. Após as 12 semanas de treinamento, foi observado que o desempenho do teste de 1 RM (repetição máxima) no grupo que realizou o TC ($41.3 \pm 8.2\%$) foi atenuado em comparação com TF ($67.6 \pm 17.1\%$). Na contração voluntária máxima houve diferença significativa na ativação do vasto lateral, vasto medial e reto femoral entre TF e TC ($32.7 \pm 24.7\%$ vs. $1.1 \pm 2\%$).

Seguindo com o EI, Ronnestad et. al. (2012), conduziram um protocolo de 12 semanas de TF em ciclistas. Em seu protocolo os participantes do grupo de TC realizaram o TF na primeira sessão de treinamento do dia, deixando o TA para a segunda sessão, sendo separados de 4 a 6 horas, duas vezes na semana. Os resultados mostraram decréscimos de força no teste de 1 RM no meio agachamento do grupo de TC em relação ao grupo de TF ($35 \pm 4\%$ no TF e $25 \pm 2\%$ no TC, $p < 0.01$), nas cargas utilizadas nos exercícios de membros inferiores (TF= 108 ± 3 para $159 \pm 3\text{kg}$, TC= 109 ± 5 para $147 \pm 6\text{kg}$, $p < 0.05$), enquanto a AST (área de secção transversa) dos músculos extensores e flexores da coxa aumentaram em ambos os grupos (8.0 ± 0.8 vs. $4.3 \pm 0.7\%$, respectivamente, $p < 0.05$) porém com o grupo de TF tendo maiores ganhos em comparação com TC. Não houve diferença na taxa do pico de desenvolvimento de força para o TC, enquanto o grupo TF aumentou até $15 \pm 5\%$ durante o meio agachamento isométrico ($p < 0.05$). Com os resultados obtidos os autores chegaram à conclusão que as adaptações ao TF foram prejudicados pelo alto volume de TA (9.9 ± 1.1 horas por

semana) no grupo de TC em relação ao grupo que realizou TF de maneira isolada durante o período de intervenção de 12 semanas.

Os resultados obtidos por ambos os estudos apontaram para atenuações de força e hipertrofia muscular dos membros inferiores, quando comparados com os mesmos grupos que utilizaram apenas o TF de maneira isolada. No trabalho de Cadore et. al. (2010), foi utilizado a sequência TA-TF, enquanto Ronnestad et. al. (2012) realizou a sessão de TF primeiro, separado entre 4 a 6 horas do TA, porém os resultados para os participantes do TF isolado foram superiores ao grupo que realizou o TC, nos quesitos de força máxima, salto vertical e hipertrofia da ASTC mostrados acima. Um ponto importante a se ressaltar entre os estudos foram os indivíduos utilizados, em Ronnestad (2012) foram utilizados atletas (ciclistas), enquanto Cadore (2010) utilizou homens idosos destreinados, e em ambos os trabalhos foram encontrados efeitos de atenuação na força, sendo assim, a interferência não atinge apenas atletas treinados, mas várias populações que possam vir realizar protocolos de treinamento semelhantes aos descritos acima.

No trabalho de Sporer e Wenger (2003), o objetivo foi determinar se o tipo e a intensidade do TA afeta o desempenho subsequente de TF após períodos variáveis de recuperação entre as sessões. O estudo demonstrou que o volume do TF foi comprometido de acordo com o período de recuperação, tendo uma diminuição de 25% no número de repetições 4 horas após o TA, e 9% após 8 horas de realização do TA. Quando houve um intervalo de 24 horas entre as sessões não houve diferença. No estudo, ambas as intensidades utilizadas tiveram o mesmo impacto no desempenho do TF. Visto que ambas as intensidades causaram o mesmos efeitos negativos nas repetições, a carga de esforço do TA foi apontado como fator determinante para estes resultados, visto que em ambas as intensidades, a carga de esforço entre os protocolos foi a mesma. Sporer e Wenger (2003) fomentaram que a diminuição da força está relacionada aos grupos musculares envolvidos no TA e no TF, tendo em vista que o desempenho no supino não teve diminuição do desempenho em nenhuma variação entre os intervalos de descanso entre as sessões.

Sendo assim, o EI é um fenômeno observado quando incluído TA durante protocolos de TF, tendo efeito negativo no desempenho de força máxima, diminuindo o número de repetições e a carga máxima utilizada durante as sessões do TC. Dependendo do protocolo utilizado, o EI também pode atenuar os ganhos em hipertrofia.

5 EFEITO DA ORDEM

Em Wilhelm et. al. (2014), foi realizado um protocolo de treinamento de 12 semanas, que buscou investigar a ordem dos exercícios no TC sobre o EI. Eles utilizaram 36 homens idosos divididos em 3 grupos, sendo um controle, um de ordem TA-TF e outro TF-TA, realizados duas vezes por semana, com intervalo de 48 horas entre as sessões. Foi dado um intervalo de 5 minutos entre as modalidades de TA e TF em ambos os grupos. O TA foi realizado em bicicletas estacionárias. Os resultados não mostraram diferenças entre os grupos do TC no desempenho de força máxima. No entanto, o protocolo para o TF não foi testado de maneira isolada, deixando uma lacuna, se este protocolo viria a apresentar um desempenho melhor, se comparado aos grupos de TC. Outro dado importante sobre o protocolo utilizado foi o volume de TA, sendo de 20 a 30 minutos durante 9 semanas, e 40 minutos durante a 10 e 12 semana de estudo, visto que em estudos como o de Ronnestad et. al. (2012) o EI foi observado acima de 9 horas semanais de TA, enquanto em Wilhelm et. al. (2014) este volume não ultrapassou os 80 minutos semanais.

No estudo de Chtara et. al. (2008) foram utilizados 48 homens jovens moderadamente ativos, separados em 5 grupos, TA (n = 10) treinamento de corrida de alta intensidade; TF (n = 9) treinamento de força em circuito de exercícios; TA + TF (n = 10) treinamento de resistência antes do treinamento de força, TF + TA (n = 10) treinamento de força antes do treinamento de resistência e C (n = 9) controles sem treinamento, em um protocolo de 2 sessões por semana, durante 12 semanas. O TA consistiu de um treino intervalado de corrida, enquanto o TF consistiu em um circuito de exercícios, misto entre membros superiores e inferiores. Os grupos de TC realizam ambos os protocolos de treinamento na mesma sessão, separados por um intervalo de

15 minutos entre os protocolos de TA e TF, independente da ordem dos grupos. O estudo buscou avaliar a força e a potência muscular dos membros inferiores através de testes de 1 RM do meio agachamento, além de testes de salto vertical. Os resultados obtidos no teste de 1RM aumentaram significativamente ($p < 0.01$) para todos os grupos (TF [+17.0%], TF+TA [+12.2%], TA+TF [+10.6%], TA [+6.2%], e C [+5.6%]). Segundo o autores estas adaptações positivas em ambas as ordens, foram atribuídas ao baixo volume de treinamento (2 vezes por semana), no entanto, o grupo que realizou o protocolo de TF, teve um resultado melhor no teste de 1 RM em comparação com ambos os grupos de TC ($p < 0.01$). Além disso, a metodologia do TA foi de baixo volume, sendo realizado sprints, e o TF utilizando exercícios como meio agachamento, extensão de quadril e saltos, ser diferente em comparação com os demais estudos utilizados nesta revisão, visto que os protocolos de TF utilizaram periodizações com incremento de carga, enquanto no estudo de Chtara et. al. (2008) a periodização foi principalmente no volume de repetições, visto que os exercícios utilizados eram com peso corporal, salvo o meio agachamento, além disso, em seu protocolo entre a 7 e a 12 semana de treinamento, houve alteração para desenvolvimento de força explosiva e potência, alterando os exercícios utilizados inicialmente, com o foco principalmente em saltos e saltos com obstáculos.

Em um estudo publicado por Pinto et. al. (2014) que utilizou 26 mulheres jovens sobre o efeito da ordem de TC (TA-TF e TF-TA) em meio líquido, realizado duas vezes por semana durante 12 semanas. Ambos os grupos realizaram o TC (independente da ordem) na mesma sessão de treino, em dias não consecutivos. No resultado de força máxima dinâmica houve uma melhora significativamente maior em TF-TA em comparação entre TA-TF respectivamente (43.58 ± 14.00 vs. 27.01 ± 18.05 %, $p = 0.005$) assim como na hipertrofia dos extensores do joelho (10.24 ± 3.11 vs. 5.76 ± 1.88 %, $p < 0.001$). Não houve diferenças para o pico de torque isométrico entre os grupos nos extensores do joelho, assim como na atividade neuromuscular máxima do vasto lateral e reto femoral.

Em uma meta análise conduzida por Eddens et. al. (2017), que buscou elucidar o impacto da ordem do TC, dentro de uma mesma sessão de treinamento, o qual incluiu

apenas protocolos superiores a 5 semanas. O resultado principal do trabalho apontou que a ordem TF-TA sofreu menor impacto quando comparada com TA-TF no desenvolvimento da força dinâmica, porém não tendo relação com a força isométrica e hipertrofia. O estudo de Eddens et. al. (2017) ainda relatou que o TC atenuou as adaptações da força em altas velocidades, na relação entre força muscular e força-velocidade, em comparação com TF isolado.

Em outra meta análise, conduzida por Murlasits et. al. (2017), que também compararam a ordem de execução do TF e TA realizados em uma mesma sessão, sobre o desempenho da força nos membros inferiores. O principal achado foi que a ordem TF-TA se mostrou superior a TA-TF no desenvolvimento de 1 RM para membros inferiores. Os testes não apontaram redução do teste de 1 RM no supino. A capacidade aeróbia não foi comprometida nem aprimorada com a inclusão do TF em um programa de TC. Outro achado importante do estudo, foi que o desempenho da força fica comprometido por pelo menos de 6 a 8 horas após o TA.

Em ambas as meta análises os achados apontaram para a ordem TF-TA tendo menor impacto negativo sobre a força. No entanto, a meta análise de Eddens et. al. (2017) não encontrou diferença na ordem do TC para hipertrofia muscular, enquanto a meta análise de Murlasits et. al. (2017) buscou investigar apenas a força, visto que esta capacidade possui papel importante para o rendimento esportivo, além de estar relacionada com risco de mortalidade em idosos (MITCHELL et al., 2012).

6 POTENCIAS MECANISMOS RESPONSÁVEIS PELO EI

Através dos dados discordantes entre os vários métodos e protocolos de treinamento, e as diferentes adaptações entre hipertrofia e força muscular, é necessário entender os mecanismos celulares por trás dos efeitos causados pelo TC, e quais fatores têm maior relevância afim de evitar os EI. As adaptações ao TA desencadeiam vários de fatores de transcrição, sendo o fator respiratório nuclear (FRN-1 e FRN-2), que ligados aos seus promotores, ativam a transcrição de genes que codificam proteínas da cadeia respiratória mitocondrial,

no entanto, nem todos os promotores de genes que transcrevem proteínas mitocondriais possuem locais de ligação a NRF, portanto, outros fatores de transcrição estão envolvidos na biogênese mitocondrial modulada por contração, incluindo os receptores relacionados ao receptor de estrogênio e os coativadores do receptor ativado por proliferador de peroxissomo, que regulam a expressão das enzimas oxidativas mitocondriais dos ácidos graxos (COFFEY e HAWLEY 2016, pg 2886). A proteína quinase ativada por AMP (AMPK), sendo a sua principal função monitorar os status de energia na célula (NADER 2006, pg 1968), e a proteína quinase ativada por mitogênio p38 (MAPK) são outras duas importantes cascatas de sinalização que convergem para a regulação de receptores ativados por proliferadores ativadores do proliferador γ -1 α (PGC-1 α) e subsequentemente regulação da biogênese mitocondrial (COFFEY e HAWLEY 2016, pg 2886).

Apesar dos mecanismos não serem totalmente claros para a hipertrofia muscular, alguns caminhos críticos são necessários para gerar a hipertrofia. O TF resulta em um aumento da atividade da quinase dependente de fosfoinositida-3 (PI3k), proteína quinase B (PKB), o alvo mamífero de rapamicina (mTOR) e a proteína ribossômica S6 quinase 1 (S6k1), portanto, “a ativação dessa rede de sinalização por meio do TF, tem sido utilizada para explicar a síntese de proteínas musculares em animais e humanos” (NADER 2006, pg 1968).

Além destas cascatas, a ativação do PI3-k, levando a um aumento na atividade de PKB e mTOR e subsequente inibição (fosforilação) da proteína de ligação cap-dependent 4E-BP1, que, por sua vez, inibe a tradução de RNAm cap-dependent, portanto, a síntese proteica via sequestro do fator de iniciação eucariótico 4E (eIF4E), uma vez aumentado, resultará em maiores taxas de síntese de proteínas musculares (NADER 2006, pg 1968).

No trabalho de Coffey et. al. (2009) que investigaram as adaptações agudas de TC em uma mesma sessão nas adaptações do músculo esquelético. O estudo mostrou que TA (utilizando sprints) realizado antes do TF atenuou a fosforilação de S6K e rpS6, além disso, o TA diminuiu a resposta anabólica ao TF, destacado por uma diminuição no RNAm do fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-I) e aumento concomitante da abundância de RNAm de quebra de proteínas dependente de

proteassoma (MuRF), após recuperação de 3 horas A fosforilação da AMPK (acima do repouso) foi maior 3 horas após a realização TF-TA, indicando que o estresse metabólico pode ter sido exacerbado. Esses resultados fornecem suporte para a alegação de que o TC (agudo) não promove a ativação ideal de caminhos que promovem simultaneamente respostas anabólicas e de resistência (HAWLEY, 2009).

Em seu estudo, de Souza et. al. (2012) utilizou 4 grupos, TA isolado, TF isolado, TC (TA+TF) e C (controle), sendo o grupo TC dividido entre os participantes do grupo, em questão da ordem dentro da sessão (TA-TF ou vise versa). Os participantes realizaram duas sessões por semana, durante 8 semanas de intervenção. No TA foi utilizado um método intervalado que consistiu em 20 séries de 60 segundos com intensidade entre 80-100% do VO_{2MAX} , com intervalo entre 45-90 segundos entre as séries, realizado em esteira. No TF foram utilizados 3 exercícios para membros inferiores (leg press, extensão e flexão de joelho) com volume entre 3 a 5 series para cada exercício, sendo executadas entre 6 a 12 repetições para cada série. Como resultado, o grupo de TF e TC tiveram ganhos semelhantes no teste de 1RM para membros inferiores ($p \leq 0.001$). Nos resultados da AST do quadríceps (coxa esquerda e direita) houve aumentos tanto para TF ($6.2 \pm 1.4 \%$ e $5.5 \pm 1.42 \%$, $p \leq 0.0005$), quanto para TC ($7.8 \pm 1.66 \%$ e $7.5 \pm 1.96 \%$, $p < 0.0001$). O conteúdo total de proteína AMPK permaneceu inalterado ao longo do tempo nos grupos TF, TC, TA e C ($p = 0,90$). Foi observado um aumento de proteína Akt, que é o precursor inicial da cascata de sinalização para hipertrofia Akt/mTOR/p70S6k1 (no pós-teste no grupo TC quando comparado aos grupos C e TA [$p \leq 0,03$]). O grupo TC também apresentou um aumento significativo pós-treinamento no conteúdo de proteína p70S6K1 ($p = 0,04$). Além disso, os grupos TF e TC apresentaram maior conteúdo de proteína p70S6K1 quando comparados aos grupos C ($p \leq 0,03$) e TA ($p \leq 0,01$) no pós-teste. O grupo TA mostrou aumento da fosforilação da AMPK na avaliação pós-treinamento e maior atividade quando comparado aos grupos C, TC e TF ($p = 0,01$) no pós-teste. No entanto, as coletas de biopsia muscular foram realizadas 48 após a realização dos treinamentos, afetando os níveis dos marcadores das proteínas utilizados. Outro ponto importante a ser levantado foi o volume de TA utilizado, sendo

de 15 a 20 sprints de 60 segundos de acordo com o VO_{2MAX} de cada participante, duas vezes na semana.

Em uma revisão realizada por Fyfe et. al. (2014) que investigaram a sinalização de mTOR na utilização do TC, a ordem TF-TA promoveu aumento da ativação de p70S6K, enquanto essa resposta foi atenuada na ordem TA-TF, aumentando a abundância de RNAm de mediadores de MuRF-1 (degradação de proteína). Outro ponto abordado pelos autores foi o intervalo de recuperação entre TF e TA, visto que a produção de força ficou atenuada por pelo menos 6 horas após o TA (SPORER e WENGER, 2003; MURLASITS, 2017). Além disso, os autores também discutiram sobre a intensidade do TA, e destacaram que variações entre alta intensidade ou longa duração podem impactar negativamente as adaptações moleculares anabólicas. No entanto, Fyfe et. al (2014) apontaram o volume de TA seja mais crucial no EI, destacando que protocolos que utilizaram maiores frequências semanais (3 vezes ou mais), comparados a uma vez por semana, atenuaram os ganhos em força máxima (HICKSON, 1980; BELL 2000; KRAEMER, 1995; HENNESSY, 1994), como relatado em MacNeil et. al. (2014) que utilizaram o TC para reabilitação (pessoas com membros imobilizados), com um protocolo de TA que consistiu em 22.5 minutos em bicicleta estacionária, com intensidades até 75% do VO_{2MAX} , não encontrou diferenças entre a ordem de TC para o musculo esquelético nos níveis de expressão genica.

Em colaboração com estas informações, em ambas as meta análises de Eddens et. al. (2017) e Wilson et. al. (2012) foi sugerido que a fadiga residual foi a responsável pela atenuação da força dinâmica, mostrando que grandes volumes de TA tiveram impacto negativo sobre a força, enquanto TA de alta intensidade e curta duração não mostraram este efeito sobre a força máxima. Isto pode ser explicado através dos altos níveis de AMP e AMPK (COFFEY, 2009; HAWLEY, 2009; de SOUZA, 2012) elevados após grandes volumes de TA, dependendo de um tempo maior para voltarem aos níveis normais. No entanto, repetidos sprints antes do TF, tiveram resposta anabólica diminuída para mTORC1 (mammalian target of rapamycin complex 1), enquanto aumentou o RNAm de MuRF (FYFE, 2014).

Pensando nas diferentes adaptações e a magnitude da influência do TA sobre o TF, Coffey e Hawley (2016) elaboraram um estudo para explicar os mecanismos do EI. Os autores observaram os efeitos do TC sobre as células satélites, as quais estão localizadas no músculo esquelético, e sua função seria de regeneração de miócitos e subsequente crescimento muscular (COFFEY e HAWLEY 2016, pg 2891). Em sua revisão, foi mostrado que em uma única sessão de TF aumentou a densidade das células satélites em torno de 34% após 4 dias de descanso, mas com a inclusão de 90 minutos de TA realizado imediatamente após a sessão de TF, inibiu estas respostas. Coffey e Hawley (2016) também argumentaram que as que ambas as modalidades (TA e TF) tem o potencial para induzir as respostas sobre as células satélites, dependendo do tipo de fibra que será estimulada pelo exercício. Outro dado importante para o presente estudo, Coffey e Hawley (2016) mostraram que o TC afeta de maneira diferente as populações, não havendo impacto negativo em pessoas não treinadas em ambas as modalidades (TF e TA), por outro lado, para pessoas treinadas em TF, a realização de TC atenuou os resultados para força e hipertrofia muscular. Outro dado importante que o estudo mostrou, foi a comparação dos EI de acordo com as populações utilizadas em estudos sobre TC, os quais indicam que quanto maior o tempo que o indivíduo foi treinado em um único modo de treino, maior é a magnitude do EI.

7 DISCUSSÃO

O objetivo desta revisão foi identificar se a ordem de realização do TF e TA, em uma mesma sessão, pode atenuar os ganhos em força e hipertrofia muscular. Analisando os protocolos citados neste estudo, além da ordem do TC possuir papel importante, o volume de TA, assim como o tipo de contração (corrida vs ciclismo) mostrou um papel importante sobre atenuação da força e hipertrofia.

No quesito desempenho de força, as recomendações são para a realização da ordem TF-TA. Os autores destacam esta ordem, sendo as prováveis causas a fadiga residual e os mecanismos neuromusculares, caso seja utilizado os membros inferiores para ambos os treinamentos (EDDENS, 2017; MURLASITS, 2017; CADORE, 2012). Além disso, é recomendável utilizar preferencialmente o ciclismo devido ao seu componente

concêntrico, ao invés da corrida (componente excêntrico), causando menor dano muscular (MURACH e BAGLEY, 2016; WILSON, 2012).

Para otimizar os resultados em hipertrofia muscular, é recomendado utilizar um baixo volume de TA, sendo uma boa opção utilizar treinamentos de alta intensidade, com intervalos de pelo menos 6, sendo 24 horas (um período que não mostrou efeitos negativos) entre as sessões, e com uma frequência semanal igual ou inferior a duas vezes por semana (MURACH e BAGLEY, 2016; FYFE 2014; COFFEY 2009; PINTO 2014; SPORER e WENGER 2003; WILSON, 2012).

8 CONCLUSÃO

Visto que a execução da ordem no TC possui papel importantes sobre o EI, as evidencias levantadas no presente trabalho, sugere que para melhores resultados em força, é sugerido que a realização do TF para membros inferiores vir em prioridade dentro da sessão, enquanto para melhores adaptações de hipertrofia, é indicado um intervalo de pelo menos 6-24 horas entre TF-TA.

9 REFERENCIAS

BELL, G.J., Syrotaik D, Martin TP, et al. "Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans". **Eur J Appl Physiol**;81(5):418–27, 2000.

BOOTH, F. W.; Baldwin, K. M. "Muscle plasticity:energy demand and supply processes". L. B. Rowell and J. T. Shepherd (Eds.). Bethesda, MD: **American Physiological Society**, pp. 1075–1123, 1996.

CADORE, E. L, R. S. Pinto, F. L. R. Lhullier, C. S. Correa, C. L. Alberton, S. S. Pinto, A. P. V. Almeida, M. P. Tartaruga, E. M. Silva, L. F. M. Kruel. "Physiological Effects of Concurrent Training in Elderly Men". **Int J Sports Med**, 2010.

CADORE, E. L., M. Izquierdo, Cristine Lima Alberton, Ronei Silveira Pinto, and G. C. Matheus Conceição, Régis Radaelli, Martim Bottaro, Guilherme Treis Trindade, Luiz Fernando Martins Kruel. "Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men." **Experimental Gerontology**, 47th, 2012.

COFFEY, V. G., J. A. Hawley. "Concurrent exercise training: do opposites distract?" **The Journal of Physiology**, 595.9, 2016.

de SOUZA, E. O., V. Tricoli, H. Roschel, P. C. Brum, A. V. Bacurau, J. C. Ferreira, M. S. Aoki, M. Neves, Jr., A. Y. Aihara, A. da Rocha Correa Fernandes and C. Ugrinowitsch . "Molecular adaptations to concurrent training". **Int J Sports Med**, 34th: 207-213, 2013.

DOCHERTY, D.; B. Sporer. "A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training." **Sports Med**, 30: 385-394, 2000.

EDDENS, L., K. v. Someren, Glyn Howatson. "The Role of Intra-Session Exercise Sequence in the Interference Effect: A Systematic Review with Meta-Analysis." **Sports Med**, DOI 10.1007/s40279-017-0784-1, 2017.

FYFE, J. J., David J. Bishop, Nigel K. Stepto. "Interference between Concurrent Resistance and Endurance Exercise: Molecular Bases and the Role of Individual Training Variables".

Sports Med, 44:743–762, 2014

GARBER, C. E., Bryan Blissmer, Michael R. Deschenes, Barry A. Franklin, Michael J. Lamonte, I-Min Lee, David C. Nieman, and David P. Swain. "Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise."

American College of Sports Medicine, 2011.

HAWLEY, J. A. "Molecular responses to strength and endurance training: are they incompatible?". **Appl Physiol Nutr Metab**, 34th (3): 355-361, 2009.

HENNESSY, L., Watson A. "The interference effects of training for strength and endurance simultaneously". **J Strength Cond Res**;12:9–12, 1994.

HICKSON, R. C. "Interference of Strength Development by Simultaneously Training for Strength and Endurance". **Eur J Appl Physiol** 45, 255-263, 1980.

KRAEMER, W.J., Patton JF, Gordon SE, et al. "Compatibility of highintensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations". **J Appl Physiol**;78(3):976–89, 1995.

MITCHELL, W. K., Williams, J., Atherton, P., Larvin, M., Lund, J., & Narici, M. "Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength"; a quantitative review. **Frontiers in Physiology**, 3(July), 1–18. doi:10.3389/fphys.2012.00260

MURACH, K. A. and J. R. Bagley. "Skeletal Muscle Hypertrophy with Concurrent Exercise Training: Contrary Evidence for an Interference Effect". **Sports Med**, 46: 1029-1039, 2016.

MURLASITS, Z., et. al. "The physiological effects of concurrent strength and endurance training sequence: A systematic review and meta-analysis". **Journal of Sports Sciences**, DOI: 10.1080/02640414.2017.1364405, 2017

NADER, G. A. "Concurrent strength and endurance training: from molecules to man". **Med Sci Sports Exerc**, 38th (11): 1965-1970, 2006.

PINTO, S. S., E. L. Cadore, C. L. Alberton, P. Zaffari, N. C. Bagatini, B. M. Baroni, R. Radaelli, F. J. Lanferdini, J. C. Colado, R. S. Pinto, M. A. Vaz, M. Bottaro and L. F. Kruel. "Effects of intra-session exercise sequence during water-based concurrent training." **Int J Sports Med**, 35th (1): 41-48, 2014.

RONNESTAD, B. R., E. A. Hansen and T. Raastad. "High volume of endurance training impairs adaptations to 12 weeks of strength training in well-trained endurance athletes". **Eur J Appl Physiol**, 112th (4): 1457-1466, 2012.

SPORER, B. C.; Wenger, H. A. "Effects of Aerobic Exercise on Strength Performance Following Various Periods of Recovery." **Journal of Strength and Conditioning Research**, 17th ed, 2003.

TESCH, P. A. "skeletal muscle adaptation consequent to long-term heavy resistance exercise." **Medicine and science in sports and exercise**, 20th, 1988.

WENGER, et. al. "Effects of Aerobic Exercise on Strength Performance Following Various Periods of Recovery." **Journal of Strength and Conditioning Research**, 17th, 2003.

WILHELM, E. N., A. Rech, F. Minozzo, C. E. Botton, R. Radaelli, B. C. Teixeira, A. Reischak-Oliveira and R. S. Pinto. "Concurrent strength and endurance training exercise sequence does not affect neuromuscular adaptations in older men." **Exp Gerontol**, 60th: 207-214, 2014.

WILSON, J. M., Pedro J. Marin, Matthew R. Rhea, Stephanie M.C. Wilson, Jeremy P. Loenneke, and Jody C. Anderson. "Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises". **Journal of Strength and Conditioning Research**, 26th (8), 2012.