

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA FISIOTERAPIA E DANÇA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

**EFEITOS DO TREINAMENTO CONCORRENTE ASSOCIADO À POTÊNCIA  
SOBRE FUNÇÃO NEUROMUSCULAR E A FUNCIONALIDADE DE HOMENS  
IDOSOS**

**Diana Carolina Müller**

**Porto Alegre  
2019**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

**EFEITOS DO TREINAMENTO CONCORRENTE ASSOCIADO À POTÊNCIA  
SOBRE FUNÇÃO NEUROMUSCULAR E A FUNCIONALIDADE DE HOMENS  
IDOSOS**

Diana Carolina Müller

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra.

Orientador  
Eduardo Lusa Cadore. PhD

Porto Alegre  
2019

## SUMÁRIO

CAPITULO I. INTRODUÇÃO.....	6
OBJETIVOS.....	9
OBJETIVO GERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
CAPITULO II. REVISÃO DA LITERATURA.....	10
PROCESSO DE ENVELHECIMENTO .....	10
PERDA DE FORÇA RÁPIDA MUSCULAR E LIMITAÇÃO FUNCIONAL NO ENVELHECIMENTO .....	11
TREINAMENTO DE POTÊNCIA NAS ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES, TAXA DE PRODUÇÃO DE TORQUE E FUNCIONALIDADE .....	13
TREINAMENTO CONCORRENTE EM IDOSOS .....	16
TRENAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE (HIIT).....	23
REFERÊNCIAS .....	28
CAPITULO III ARTIGO ORIGINAL I.....	38
INTRODUÇÃO.....	40
MÉTODOS.....	41
RESULTADOS .....	49
DISCUSSÃO.....	55
CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS .....	61
CAPITULO IV. ARTIGO ORIGINAL II.....	66
INTRODUÇÃO.....	68
MATERIAIS E METODOS.....	70
RESULTADOS .....	76
DISCUSSÃO.....	81
REFERÊNCIAS .....	86
CAPITULO V. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	90
ANEXO 1 - FICHA PARA ANAMNESE.....	92
ANEXO 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	93
ANEXO 3- PARECER DE APROVAÇÃO.....	96

## RESUMO

O treinamento concorrente (TC) demonstra ser uma eficiente estratégia na melhora das funções neuromusculares e cardiorrespiratórias de idosos, repercutindo principalmente na manutenção da capacidade funcional no envelhecimento. No entanto, faltam informações sobre a associação do treinamento de potência como alternativa ao componente de força tradicional no TC. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de 16 semanas de dois modelos de TC; treinamento de força tradicional combinado ao HIIT e treinamento de potência associado ao HIIT, sobre a função neuromuscular, cardiorrespiratória e funcionalidade de homens idosos, bem como comparar a efetividade de ambos sobre tais variáveis. A amostra foi composta por quarenta homens idosos ( $\geq 60$  anos) randomizados em dois grupos de treinamento (TCT=TFT+HIIT, TCP=TP+HIIT). Uma repetição máxima (1-RM), taxa de produção de torque, espessura muscular do quadríceps femoral, consumo máximo de oxigênio de pico ( $VO_{2\text{pico}}$ ), economia de movimento, potência muscular no salto com contra movimento e desempenho funcional foram avaliados pré, após 8 e 16 semanas de treinamento. Ambos os grupos TCT e TCP aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ) e similarmente sem diferença entre eles, o 1RM, espessura muscular dos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral, taxa de produção de torque nos períodos (0-50, 0-100 e 100-200),  $VO_{2\text{pico}}$ , economia de movimento, potência muscular, capacidade funcional, após as 16 semanas de treinamento. Dessa forma, o presente estudo mostra que baixas intensidades e volumes de treino realizados com alta velocidade combinado ao HIIT são eficientes na melhora da capacidade neuromuscular, cardiorrespiratória e funcionalidade de homens idosos.

**Palavras chave:** Treinamento Concorrente, potência muscular, envelhecimento.

## ABSTRACT

Concurrent training (CT) is an efficient strategy to improve neuromuscular and cardiorespiratory functions in older, reverberating mainly in the maintenance of the functional capacity during the aging. However, there is a lack of information on the association of power training as an alternative to the traditional strength component during CT. Thus, the aim of the present study was verify the 16-week effects of two CT models: Traditional strength training combined with high intensity interval training (HIIT) vs. power training associated with HIIT on neuromuscular and cardiorespiratory function in older men. Thirty-five older men ( $65,8 \pm 3,9$  years) were randomly placed into two training groups TCF: TFT + HIIT (18), TCP: PT + HIIT (17), the TCF trained with intensity of 65-80% 1RM, and the TCP group with intensity of 40-60% 1RM. One-repetition maximum(1RM), rate of torque development (RTD), muscle power during countermovement jump (CMJ), quadriceps femoris muscle thickness, maximum oxygen consumption peak ( $VO_{2peak}$ ), functional tests: sit and stand up, timed up and go and climb stairs; body composition (DXA); maximum power in cycle ergometer ( $W_{max}$ ) and movement economy; were assessed before training, after 8 and 16 weeks of CT. After training, all groups improved similarly and significantly ( $p < 0.05$ ) all neuromuscular and cardiorespiratory variables. These findings suggest that both CT models are effective in improving neuromuscular function and aerobic power. In addition, even performed at lower intensities, explosive resistance training (power training) induces similar neuromuscular adaptations.

Key-words: Concurrent training, muscular power, high intense interval training, aging.

## CAPITULO I. INTRODUÇÃO

O envelhecimento é um processo complexo e multifatorial acompanhado por alterações estruturais e funcionais no sistema neuromuscular. Alguns dos efeitos deste processo sobre o sistema neuromuscular são as reduções progressivas na força (dinapenia), massa muscular (sarcopenia) e aptidão cardiorrespiratória. O curso patológico destes fatores deflagram limitações funcionais, acarretando em longo prazo, na redução da independência e qualidade de vida desta população (Aagaard et al., 2010; Izquierdo et al. 2001a). Previamente, tem se demonstrado que a redução na capacidade de produzir potência muscular ocorre em um grau mais acentuado do que a força, especialmente nos membros inferiores, que por sua vez leva a potencializar negativamente a mobilidade e o desempenho em atividades da vida diária, visto que a potência muscular tem uma forte relação com a execução de atividades da vida diária; dessa forma se mostra o mais importante indicador de limitações funcionais em idosos (Vandervort et al., 2002; Aagaard et al., 2010; Izquierdo et al.,1999).

O treinamento concorrente (TC: combinação do treinamento de força e aeróbico) em populações idosas tem mostrado ser uma estratégia eficaz na melhora das funções neuromusculares e cardiorrespiratórias e principalmente na manutenção da capacidade funcional de idosos (Wood et al., 2001; Izquierdo et al., 2004; Cadore et al., 2011a). Alguns estudos vêm demonstrando que o TC promove adaptações neuromusculares, que resultam em incrementos na massa muscular, força e potência (Izquierdo et al., 2001b; Izquierdo et al.,2011). Além disso, o componente aeróbico do TC está relacionado a adaptações centrais e periféricas no sistema cardiovascular implicando em aumentos significativos no consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) e na capacidade oxidativa dos músculos esqueléticos (Izquierdo et al. 2004).

Em idosos, estudos reportam que o TC comparado apenas com o treinamento de força tradicional (TFT) induz similares adaptações de força, com frequência de duas sessões por semana de ambas as modalidades (treinamento de força e aeróbico) (Holviala et al., 2010; Sillampä et al., 2008; Cadore et al., 2013; Wood et al., 2001). Cadore et al., (2013) recomendam que um programa de TC ideal para a população idosa compõe-se do treinamento de força realizado de moderada a alta intensidade (60 a 80% de 1RM) e volume moderado (2 a 3 séries por exercício); e o

treinamento aeróbico de moderado a alta intensidade (60 a 85% do  $VO_{2max}$ ) com volume moderado (25 a 40 minutos). Além disso, sugerem que o TC realizado com frequência semanal moderada (2 vezes na semana), promove ganhos de hipertrofia muscular, força e potência em indivíduos idosos.

O TFT (onde se executa o exercício com aproximadamente dois segundos cada uma das fases do movimento, concêntrica e excêntrica) é componente do TC. Nesse sentido, demonstra promover de maneira significativa à hipertrofia muscular e ganhos de força máxima em idosos (Agaard et al., 2010). Porém, o TFT nem sempre apresenta melhora no desenvolvimento da força rápida, especialmente porque não inclui ações musculares explosivas (Izquierdo et al., 2001). Já o treino de potência (TP) no qual consiste na realização de contrações explosivas (em que a fase concêntrica do movimento é realizada na máxima velocidade, enquanto a fase excêntrica é executada em torno de 2-3s) tem demonstrado promover aumentos na força máxima, massa muscular, bem como na capacidade de produzir força rápida e melhoras na funcionalidade (Izquierdo et al., 1999; Pereira et al., 2012; Henwood et al., 2005).

Estudos prévios compararam o efeito de um período TFT e TP sobre o desempenho funcional de indivíduos idosos (Miszko et al. 2003, Bottaro et al., 2007; Ramirez-Campillo et al., 2014). Após a intervenção, os resultados encontrados demonstraram que ambos os grupos aumentaram significativamente e similarmente a força, contudo, reportaram melhoras significativamente maiores na potência muscular e no tempo dos testes que replicam atividades da vida diária dos sujeitos do grupo TP. A execução de tarefas cotidianas como levantar de uma cadeira e subir escadas ou a estabilização do corpo para evitar quedas, geralmente exigem níveis baixos de força muscular e alta velocidade de execução (Sayers, 2007). Portanto, pode ser mais benéfico o TP para pessoas idosas do que o TFT (Henwood et al., 2005).

O treinamento aeróbico contínuo realizado no TC atenua os declínios na aptidão cardiorrespiratória, previne e modifica fatores de risco de doenças cardiovasculares e melhora a economia de movimento (Cadore et al., 2011a; 2013). Entretanto, o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) tem recebido atenção por mostrar adaptações equivalentes ao treinamento contínuo, porém o HIIT (caracterizado por explosões breves e intermitentes de atividade vigorosa, intercaladas por períodos de descanso) demanda menos tempo de duração,

aproximadamente 10 a 20 minutos, comparado ao treinamento aeróbico contínuo (Osuka et al., 2017; Huffman et al., 2017). Estudos recentes demonstram que o HIIT induz adaptações superiores e mais rápidas ao sistema cardiovascular comparado ao treinamento aeróbico contínuo (Wisloff et al., 2007, Gibala et al., 2008). Dessa forma, a combinação do HIIT com o TFT ou com o TP poderia ser vantajoso para essa população durante a prescrição do TC.

Embora seja entendido que o TC realizado com o TFT seja eficiente para promover benefícios em indivíduos idosos, atualmente, pouco é conhecido sobre a prática do TP aliado ao treino aeróbico. Sendo assim, no presente estudo, foram investigados os efeitos de dois métodos de TC (TFT+HIIT e TP+HIIT) sobre a capacidade funcional, função neuromuscular e cardiorrespiratória de homens idosos.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de 16 semanas de dois modelos de TC, TFT + HIIT e TP + HIIT, sobre a função neuromuscular, aptidão cardiorrespiratória e a funcionalidade de homens idosos.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar e comparar o efeito de dois modelos de TC (TFT + HIIT e TP + HIIT) em homens idosos após 16 semanas de treinamento e sua repercussão sobre:

- ✓ Força máxima dinâmica (1-RM) dos extensores de joelhos e leg press;
- ✓ Taxa de produção de força (TPF) dos extensores de joelho;
- ✓ Espessura muscular dos músculos do quadríceps femoral;
- ✓ Tensão específica;
- ✓ Composição corporal;
- ✓ Potência muscular dos membros inferiores;
- ✓ Consumo máximo de oxigênio de pico ( $VO_{2pico}$ );
- ✓ Economia de movimento;
- ✓ Potência máxima em ciclo ergômetro;
- ✓ Desempenho de testes funcionais.

## **CAPITULO II. REVISÃO DA LITERATURA**

### **PROCESSO DE ENVELHECIMENTO**

O processo de envelhecimento é acompanhado por alterações estruturais e funcionais no sistema neuromuscular. As reduções progressivas na força e massa muscular de idosos são importantes fatores que contribuem para limitações funcionais, redução na independência e qualidade de vida (Aagaard et al., 2010).

Tem sido demonstrado que o início do declínio da capacidade de produção de força ocorre entre a terceira e a quarta década de vida, com um grau mais acentuado de diminuição após a quinta década (Deschenes et al., 2004). A redução na força ocorre especialmente nos membros inferiores, que por sua vez leva a potencializar negativamente a mobilidade e o desempenho em atividades da vida diária (Vandervort et al., 2002). A diminuição da capacidade de produção de força decorrente do processo de envelhecimento é chamada de dinapenia, a qual está associada a prejuízos na ativação neural voluntária máxima do músculo esquelético (Clark et al., 2008; Manini et al., 2012; Evans et al., 1995; Doherty et al., 2003).

Dentre alguns mecanismos da dinapenia estão a perda de motoneurônios espinais devida à apoptose, denervação e reinervação de fibras musculares e a diminuição do diâmetro das bainhas de mielinas nos axônios dos motoneurônios (Miljkovic et al., 2015; Aagaard et al., 2010), bem como sugere-se a reduzida ativação das fibras musculares decorrente do déficit na liberação do cálcio durante a contração muscular, redução na quantidade e função da proteína miosina (Miljkovic et al., 2015).

O avanço da idade está associado também com mudanças significativas na composição corporal. A diminuição do tamanho e do número de fibras musculares (principalmente as do tipo II) é conhecida como sarcopenia, sendo responsável pelo declínio na função muscular (Miljkovic et al., 2015; Doherty et al., 2003). O envelhecimento também está relacionado com a redução no número de células satélites, principalmente aquelas associadas a fibras do tipo II (Verdijk et al., 2007). Assim como, alterações específicas do tipo de fibra, as quais podem ser explicadas pela remodelação relacionada com a idade, dos neurônios motores, onde as fibras do tipo II são reiteradas por neurônios motores lentos, adotando características relacionadas à velocidade de contração das fibras do tipo I. (Verdijk et al., 2007;

Macaluso et al., 2004). Além disso, o sistema nervoso é afetado por uma reduzida capacidade de recrutamento das unidades motoras pela redução da velocidade de contração e frequência de disparo dos impulsos mioelétricos (Barry e Carson., 2004). A diminuição dos níveis de atividade física com o avançar da idade também é um fator promotor da diminuição da força e da prevalência de limitações funcionais (Macaluso et al., 2004).

O desempenho aeróbico também declina com o avanço da idade. Sendo o  $VO_2$  máx (referido por capacidade aeróbica máxima) o indicador principal da aptidão cardiorrespiratória. Estudos recentes mostram que a taxa média de declínio do  $VO_2$  máx é de  $\pm 4-5\text{mL.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ / década, aproximadamente 10% (Garatachea et al., 2015). Os mecanismos associados a esse declínio parecem ser a redução da diferença máxima de oxigênio arteriovenoso ( $\pm 3\%$ /década), débito cardíaco, volume sistólico, frequência cardíaca e as reduções nos limiares de lactato (Tanaka e Seals et al., 2008; Newman et al., 2001; Garatachea et al., 2015). Heckman e McKelvie et al., (2008) sugerem que até 50% deste declínio não é devido ao envelhecimento, mas à falta de condicionamento físico, demonstrando que o  $VO_2$ máx. de idosos praticantes de exercício físico regular é maior comparado a idosos sedentários.

Embora seja bem conhecido que o envelhecimento promove declínio na capacidade de produção de força e na quantidade de massa muscular e no  $VO_2$ máx, essas valências não são as mais prejudicadas com o envelhecimento. A diminuição da capacidade de produção de força rápida demonstra um declínio mais acentuado do que a capacidade de produção de força máxima e massa muscular. Dessa forma, tem sido sugerido ter maior relevância na realização de tarefas da vida diária e independência (Deschenes et al., 2004). Assim, intervenções a fim de melhorar a potência muscular, a capacidade de produção de força rápida e o desempenho aeróbico têm grande importância para indivíduos idosos.

## PERDA DE FORÇA RÁPIDA MUSCULAR E LIMITAÇÃO FUNCIONAL NO ENVELHECIMENTO

A força rápida muscular é definida pela capacidade de produção de força em velocidades altas e a força explosiva é caracterizada pela taxa de aumento da força em um dado intervalo de tempo no período inicial da contração muscular; sendo dependente de propriedades neurais e morfológicas (Hakkinen et al., 1985). Dentre

os motivos do declínio da força rápida com envelhecimento está à redução seletiva das unidades motoras do tipo II, a atrofia e a perda das fibras musculares do tipo II, as quais estão associadas à rápida geração de força e a alta velocidade de contração (Macaluso et al., 2004). Além disso, perda de motoneurônios, decréscimo na taxa máxima de disparos e duplos disparos, além da diminuição na velocidade de condução de potenciais de ação (Aagaard et al., 2010). Outros fatores que podem ser responsáveis pelo decréscimo da força rápida em idosos são as alterações no metabolismo de liberação do cálcio pelo retículo sarcoplasmático (Miljkovic et al., 2015). Assim como as alterações na composição de isoformas de miosina nas fibras musculares, as propriedades funcionais e enzimáticas da miosina, o aumento no tecido não-contrátil e a perda de rigidez no tendão relacionada a transferência de força, podem levar a um declínio na taxa de desenvolvimento de torque, ou seja, declínios na força rápida muscular (Miljkovic et al., 2015; Macaluso et al., 2004).

O declínio na força rápida muscular é um importante indicador de limitações funcionais (Izquierdo et al. 1999; Miszko et al. 2003). Estudos apontam que a força rápida dos membros inferiores pode prever limitações funcionais, como por exemplo, através do teste de sentar e levantar, subir escadas, caminhada e da taxa de produção de torque (Bassegy et al., 1992; Bean et al., 2002; Jones et al., 1999; Suzuki et al., 2001).

Além de prejuízos funcionais, a diminuição da força rápida também se associa com risco de quedas; aproximadamente 30% dos indivíduos idosos com 65 anos ou mais caem pelo menos uma vez por ano, com 50% de recorrência dentro do mesmo período de tempo (Masud and Morris., 2001). Em estudo prévio, Laroche et al. (2010) compararam mulheres idosas com maiores e menores tendências de queda, onde encontraram níveis de taxa de produção de torque (TPT) menores em idosas com maior tendência de queda, sugerindo prejuízos na propulsão durante a marcha e mais lentidão na recuperação durante a perda de equilíbrio. Bem como, Bento et al.,(2010) verificaram que a taxa de produção de torque dos músculos flexores do joelho observadas em mulheres idosas sem histórico de quedas foi maior do que nas com quedas e mostraram uma relação significativa com o número de quedas. Burksmann et al., (2008) apontam que aproximadamente 35% dos idosos sofrem algum tipo de queda a cada ano, aumentando este percentual com o avançar da idade, sendo que 50% destas quedas levam a algum tipo de lesão (5% a 6% de lesões graves e 5% de fraturas).

Izquierdo et al. (1999) encontraram que a capacidade de produção de força rápida diminui drasticamente com o avanço da idade através de um estudo comparativo entre homens (20, 40 e 70 anos). Verificaram que a taxa de produção de torque em 50ms demonstrou valores inferiores nos sujeitos do grupo de 70 anos, apresentando uma diferença na TPT entre os grupos M20 e M70 de 65%; porém os valores médios entre o grupo M20 e M40 não diferiram significativamente.

Esses prejuízos na função muscular e o subsequente comprometimento da função motora associados ao processo de envelhecimento e a diminuição da força rápida, afetam diretamente a qualidade de vida dos idosos, diminuindo suas habilidades em tarefas simples, tornando difícil a realização de atividades cotidianas. Também favorecem o surgimento de afecções psicoemocionais, como baixa autoestima e depressão (Hunter et al., 2001). Sendo assim, a perda de força rápida pode ser mais danosa ao idoso do que a perda de força máxima também do ponto de vista social.

Portanto, o envelhecimento é responsável por prejuízos significativos na capacidade de produção de força rápida. Além disso, um estilo de vida sedentário pode acentuar esse processo de perda e impactar na saúde do idoso, influenciando diretamente na sua funcionalidade e capacidade de realizar tarefas básicas do cotidiano. Deste modo, a inclusão de um programa de treinamento de força voltado para o desenvolvimento da força rápida muscular tem grande importância na melhora do desempenho físico em indivíduos idosos.

## TREINAMENTO DE POTÊNCIA NAS ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES, TAXA DE PRODUÇÃO DE TORQUE E FUNCIONALIDADE

Pelos argumentos supracitados, em populações idosas a manutenção da potência muscular é um fator chave para o desempenho de tarefas diárias, bem como na diminuição do risco de quedas, especialmente em mulheres (Izquierdo et al., 2001).

O treinamento de força tradicional (TFT) se mostra efetivo na melhoria da força máxima, porém o seu efeito sobre as habilidades funcionais pode não ser tão eficiente quando comparado ao treinamento de potência muscular (Macaluso et al., 2004). Portanto, a eficácia dos programas de treinamento de força tradicional em

idosos foi recentemente questionada, pois esses modelos não incluem atividades rápidas e explosivas (Izquierdo et al., 2001).

O TFT normalmente envolve contrações musculares realizadas com velocidades relativamente lentas ( $\approx 2$  segundos fase concêntrica e  $\approx 2$  segundos fase excêntrica) (Bottaro et al., 2007). Já, o TP utiliza contrações musculares de alta velocidade durante a fase concêntrica e de lenta a moderada na fase excêntrica do movimento (Buford et al., 2014; Nogueira et al., 2009). Na grande maioria dos estudos que realizam o TP os sujeitos são instruídos a realizar a fase concêntrica do movimento o mais rápido possível, enquanto que realizam a fase excêntrica em torno de 2-3 segundos.

Comparando os dois métodos de treinamento, Miszko et al. (2003) identificaram que um programa de alta velocidade TP envolvendo um volume de trabalho inferior resultou em uma melhoria significativamente maior no desempenho funcional em homens e mulheres idosas (65 a 90 anos) do que o TFT de baixa velocidade com um volume de trabalho maior.

Bottaro et al. (2007) também avaliaram os dois métodos de treinamento durante 10 semanas em idosos de 60 a 76 anos e verificaram que o TP foi mais eficaz do que o TFT para melhoria do desempenho funcional em homens idosos. Os indivíduos do grupo TP apresentaram 15,31% de redução no tempo do teste de “8-Foot up-and-go”, 42,84% de aumento no número de repetições do teste de sentar e levantar em 30s e 50,26% e aumento no número de repetições do teste de flexão de cotovelo. Além disso, ambos os regimes de treinamento foram eficazes no aumento da força muscular, mas o TP resultou num maior incremento da potência muscular.

Em outro estudo, Wallerstein et al., (2012) compararam o TFT e o TP nas adaptações neuromusculares de indivíduos idosos. Verificaram após 16 semanas de treinamento, incrementos significativos na TPT de ambos os grupos (TFT: 13,3%, TP: 12,6%). Sugerindo que ambos os protocolos de treinamento são eficazes no aumento da TPT e, assim, ajudam na prevenção de quedas e melhoram a funcionalidade.

Com relação ao TP, Laroche et al. (2008) encontraram que após oito semanas de treino de potência muscular, mulheres jovens (18 a 33 anos) e idosas (65 a 84 anos) melhoraram a TPT comparado ao grupo controle (34% para as mulheres jovens e 9% para as idosas). Henwood et al. (2005) também analisaram o efeito do TP durante oito semanas em idosos (homens e mulheres) com frequência

de duas vezes na semana. Após o período de treinamento os indivíduos apresentaram incrementos significativos na força muscular avaliada nos exercícios leg press (21,4%), flexão de joelhos (82%), na potência muscular de extensão de joelho (18,3%), e melhora no tempo para subir escadas (10,8%), assim como diminuição nos tempos dos testes que replicam atividades da vida diária, “*floor rise to standing, chair rise*” (10,4%) e caminhada de 6 metros (6,6%).

Correa et al., (2012) investigaram três diferentes tipos de treinamento de resistência, TP, TFT e SL (salto lateral sobre caixote) em mulheres idosas. Ambos os grupos realizaram seis semanas de treinamento de força tradicional anterior a randomização dos grupos. Após as seis semanas de treino geral, seis semanas de treino específico foram realizados, com frequência de duas vezes por semana. Foram verificados incrementos similares e sem diferença entre os grupos TFT e TP no 1RM, espessura muscular do VL e VM. Em relação aos testes sentar e levantar (30s) e salto CMJ, mostraram melhora apenas no grupo SL. Quanto a TPF (150ms), os grupos TP e SL incrementaram de forma similar e superior comparado ao TFT. Os autores sugerem que o TP e treinamentos específicos de força são eficientes no incremento da força rápida e a consequente melhora da funcionalidade de mulheres idosas.

Em outro estudo recente Radaelli (2018), investigaram o efeito do TP com diferentes volumes de treino (uma e três séries) em mulheres idosas durante 12 semanas, com frequência de duas vezes na semana. Após o período de treinamento, ambos os grupos melhoraram de forma significativa e similar a força máxima dinâmica e isométrica, TPT e a performance nos testes funcionais. O estudo sugere que baixo volume de treino é capaz de induzir melhoras significativas no declínio neuromuscular e funcional relacionado a idade.

A força rápida muscular é dependente da taxa de produção da força em um dado intervalo de tempo no período inicial da contração muscular, sendo os valores máximos dessa taxa alcançados em um período de tempo entre 100 e 300ms. Essa taxa é conhecida como taxa de produção de torque (TPT) e é obtida através da razão entre a variação da força e a variação do tempo (HAKKINEN et al., 1985).

Hakkinen et al. (1998) avaliaram o efeito de seis meses de treinamento de alta resistência combinado a exercícios explosivos, com frequência semanal de duas vezes na TPT de homens e mulheres de meia idade e idosos. Após o período de treinamento verificaram incrementos significativos na TPT em ambos os grupos,

meia idade (homens:  $41 \pm 14\%$ , mulheres:  $31 \pm 18\%$ ) e idosos (homens:  $40 \pm 10\%$ , mulheres:  $28 \pm 10\%$ ). Em outro estudo, Laroche et al., (2009) investigaram o efeito do TP em mulheres idosas ( $73.0 \pm 7.2$  anos) durante oito semanas e verificaram melhora de 64% na TPT.

Caserotti et al., (2007) também investigaram o TP realizado durante 12 semanas sobre a TPT em mulheres idosas (divididas em dois grupos: G60 e G80 anos). Os resultados demonstraram melhoras significativas na TPT em ambos os grupos (G60: 18%, G80: 50,5%). Ainda, os aumentos na força isométrica máxima e características de força explosiva para G80 foram de tal magnitude que o déficit comparado ao G60 no momento pré desapareceu, mostrando-se estatisticamente não significativa após o treinamento.

Portanto, o TP o qual incorpora contrações explosivas deve ser prescrito para indivíduos idosos. Visto que, além de promover hipertrofia, resulta na melhora significativa do desempenho físico, gerando melhoras na potência muscular, força rápida e na velocidade de ativação muscular, podendo ser mais efetivo na melhora do desempenho em tarefas da vida diária (Cadore et al., 2014; Henwood et al., 2005; Izquierdo et al., 1999). Sendo assim, compreender o uso do programa de treinamento explosivo em idosos é uma tarefa importante para esta faixa etária, relativamente pouco estudada.

## TREINAMENTO CONCORRENTE EM IDOSOS

O TC em populações idosas parece ser a estratégia mais eficiente para melhorar tanto as funções neuromusculares como as cardiorrespiratórias e consequentemente manter a capacidade funcional durante o envelhecimento (Wood et al., 2001; Izquierdo et al., 2004; Cadore et al. 2011a).

Existem estudos explorando os efeitos do TC em diferentes frequências e ordem de treinamento sobre as adaptações de indivíduos idosos. Em um desses estudos, Wood et al., (2001) encontraram que após 12 semanas de treinamento com frequência de três vezes na semana a magnitude dos incrementos de força foram similares ao dos treinamentos isolados (força e aeróbico) em comparação ao TC. Em outro estudo, Libardi et al., (2011) realizaram o TF antecedendo o TA em homens de meia idade ( $49,5 \pm 5$  anos) por 16 semanas com frequência de três vezes na semana e verificaram ganhos de força similares para ambos os grupos (TF

e TC). Em outro estudo com similar duração, frequência e ordem de treinamento, Libardi et al., (2012) também verificou melhoras de força semelhantes em ambos os grupos (TF e TC). No entanto a magnitude dos ganhos cardiovasculares foram superiores para o grupo TC.

Alguns estudos demonstraram que o TC pode resultar em adaptações neuromusculares inferiores do que aquelas frequentemente induzidas apenas pelo TFT. Esse fenômeno ficou conhecido na literatura como “efeito de interferência”. Esse efeito não é observado para o desempenho cardiorrespiratório, uma vez que adaptações cardiovasculares similares foram observadas em ambos os grupos de treinamento, simultâneo e de resistência somente (Cadore et al., 2010; Kraemer et al., 1995; Bell et al., 2000; Häkkinen et al., 2003). Em estudos avaliando o TC executando com TF e TA em dias alternados, indivíduos de meia idade a idosos foram submetidos a um programa de TC e TF durante 21 semanas com frequência de duas vezes na semana. Esses estudos reportaram ganhos significativos e similares para variáveis neuromusculares e ganhos cardiovasculares superiores para o grupo TC comparado ao TF (Sillanpää et al., 2008; Ahtiainen et al., 2009; Karavirta et al., 2009; Holviala et al., 2010; Sillanpää et al., 2010; Holviala et al., 2012) (Quadro 2). Já em estudo investigando maior volume semana, Cadore et al., (2010) observaram o efeito interferência após 12 semanas de treinamento com frequência de três vezes na semana. Nesse estudo foi realizado o TA antecedendo o TF; os resultados sugerem que o grupo TF obteve maiores incrementos de força (1RM) comparado ao grupo TC (67% e 41%, respectivamente).

As adaptações neuromusculares decorrentes do TC dependem de variáveis que podem ser manipuladas, a fim de aperfeiçoar os ganhos neuromusculares e minimizar ou eliminar o efeito de interferência durante o programa de treinamento, como: a intensidade, o volume, a frequência semanal, ordem dos exercícios de força e aeróbio, assim como a realização do treinamento aeróbico e força no mesmo dia (mesma sessão) ou em dias alternados (Wood et al., 2001; Sillanpää et al., 2009; Holviala et al., 2012; Cadore et al., 2012a).

Cadore et al., (2012a) investigou o efeito interferência nas adaptações neuromusculares e cardiorrespiratórias, verificando que após 12 semanas de treinamento com frequência semanal de três vezes, o grupo que realizou TF previamente ao TA obteve maiores ganhos de força (1RM) comparado ao que executou o TA anteriormente. Ainda, os incrementos cardiorrespiratórios foram

semelhantes em ambos os grupos. Contudo, em um estudo publicado no mesmo ano Cadore et al., (2012b) observaram que ambos os grupos melhoraram a força isométrica máxima, sem diferença entre eles. Em outro estudo prévio, Wilhelm et al., (2014) explorou o TC comparando a realização do TF+TA e TA+TF durante 12 semanas com frequência de duas vezes na semana; os sujeitos foram orientados a realizar as repetições do TF com máxima velocidade na fase concêntrica do movimento. Os autores verificaram incrementos similares para todas as variáveis estudadas. As diferenças observadas entre os estudos de Cadore et al (2012; 2013) e Wilhelm et al., (2014) podem ser resultado da frequência semanal de treinamento; Cadore et al (2012; 2013) realizaram frequência de três vezes na semana com intensidades do TA e TF superiores, resultando em uma carga de treino inferior no grupo AF nos microciclos finais da periodização. Já Wilhelm et al., (2014), a ordem dos treinos de força e aeróbico não influenciaram nas cargas de treinamento (Murlasits et al.,2017; Edden et al., 2017).

Em relação à frequência semanal de treino, Ferrari et al., 2013 exploraram durante 20 semanas o TC com frequência de duas e três vezes na semana, seguindo a ordem de TF precedendo o TA, com igual intensidade e volume por sessão em ambos os grupos. Após o período de treinamento verificaram similar melhora sem diferença entre os grupos, no pico de torque, força e espessura muscular, assim como no  $VO_{2pico}$ . Em outro estudo recente Ferrari et al., 2016 mostraram que o TC realizado duas vezes na semana promove similares adaptações no pico de torque, na potência muscular avaliada por desempenho em saltos e na qualidade muscular, quando comparado ao mesmo programa de treinamento realizado três vezes na semana, com homens idosos treinados. Ambos os estudos demonstram a eficiência do TC realizado em baixas frequências semanais nas variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias de homens idosos.

Em conjunto, os achados desses estudos sugerem a realização do TC na mesma sessão, com o TF precedendo o TA para evitar que uma fadiga muscular resultante do TA interfira na qualidade do TF. Assim, ganhos de força muscular podem ser otimizados evitando a ocorrência do efeito de interferência (Cadore et al., 2012a, 2012b). Deste modo, Cadore et al., (2013) recomendam que um programa de TC ideal para a população idosa compõe-se do treinamento de força realizado de moderada a alta intensidade (60 a 80% de 1RM) e volume moderado (2 a 3 séries por exercício); e o treinamento aeróbico de moderado a alta intensidade (60 a 85%

do VO<sub>2</sub>max) com volume moderado (25 a 40 minutos). Além disso, sugerem que o TC realizado com frequência semanal moderada (2 vezes na semana), promove ganhos neuromusculares e cardiorrespiratórios em indivíduos idosos.

Embora existam trabalhos explorando o efeito de diferentes frequências e ordens de TC em indivíduos idosos (quadro 1,2), não existem estudos comparando o TC realizado com ênfase no TP nas adaptações neuromusculares e funcionais de indivíduos idosos.

**Quadro 1:** Efeito do treinamento concorrente nas adaptações neuromusculares e cardiorrespiratórias de idosos.

<b>Autores</b>	<b>População/ Idade</b>	<b>Período/ Frequência</b>	<b>Treinamento</b>	<b>Resultados</b>
<b>WOODet al., 2001</b>	Homens 60-84 anos	12 semanas 2 vezes	<b>TF:</b> 1x12-15rep (75% 5RM) + 1x 8-12RM  <b>TA:</b> 21- 45min (60-70% FC máx) (corrida e ciclo ergômetro)  <b>TC:</b> 1x 8-12RM + 30min de TA	<b>TF:</b> ↑ 5RM(44%) *  <b>TC:</b> ↑ 5RM(38%) *  <b>Sem diferenças entre TF e TC.</b>
<b>LIBARDIet al., 2011</b>	Homens 49,5 ± 5 anos	16 semanas 3 vezes	<b>TC: TF + TA</b>  <b>TF:</b> - 8 sem: 3x10 RM - 8sem: 3x8 RM  <b>TA:</b> 30min (50-85% VO <sub>2</sub> máx) (caminhada ou corrida)	<b>TF:</b> ↑1RM(21%) * ↑VO <sub>2</sub> pico (8%)  <b>TC:</b> ↑1RM(21%) * ↑VO <sub>2</sub> pico (15%) *  <b>Sem diferenças entre TF e TC para 1RM.</b>
<b>LIBARDIet al., 2012</b>	Homens 49,5 ± 5	16 semanas 3 vezes	<b>TC: TF + TA</b>  <b>TF:</b> - 8 sem: 3x10 RM - 8 sem: 3x8 RM  <b>TA:</b> 30min (50-85% VO <sub>2</sub> máx) (caminhada ou corrida)	<b>TF:</b> ↑1RM (38%) * ↑VO <sub>2</sub> pico (7%)  <b>TC:</b> ↑1RM (30%)* ↑VO <sub>2</sub> pico (21%)*  <b>Sem diferenças entre TF e TC para 1RM.</b>
<b>CADOREet al., 2010</b>	Homens 65 ± 4 anos	12 semanas 3 vezes	<b>TC: TA + TF</b>  <b>TF:</b> - 2x 18-20 RM - 2x15-17 RM - 2x12-14 RM - 3x 8-10 RM - 3x 6-8 RM  <b>TA:</b> 80-100% FCLV2 (ciclo ergômetro)	<b>TF:</b> ↑1RM (67%) * ↑CVM (13%) * ↑EMGVL (32%) * ↑VO <sub>2</sub> pico (5%)  <b>TC:</b> ↑1RM(41%)* ↑VO <sub>2</sub> pico (22%)*  <b>1RM: TF &gt; TC</b> <b>VO<sub>2</sub> pico: TC &gt; TF</b>

<b>CADORE et al., 2012a</b>	Homens 64,7 ± 4,1 anos	12 semanas 3 vezes	<p><b>TC: TA + TF e TF + TA</b></p> <p><b>TF:</b> - 2x 18-20 RM - 2x15-17 RM - 2x12-14 RM - 3x 8-10 RM - 3x6-8 RM</p> <p><b>TA:</b> 80-100% FCLV2 (ciclo ergômetro)</p>	<p><b>TC (FA):</b> ↑1RM(35%)* ↑QM (27%)* ↑ESPQF (9%)* ↑VO<sub>2</sub>pico (8%)* ↑Wmáx (19%)* ↑WLV1 ↑LV2 (27%, 21%)*</p> <p><b>TC(AF):</b> ↑1RM(22%)* ↑QM(10%)* ↑ESPQF (9%)* ↑VO<sub>2</sub> pico (10%)* ↑W máx (24%)* ↑WLV2(22%)*</p> <p><b>1RM e QM: TC(FA) &gt; TC(AF)</b></p>
<b>CADORE et al., 2012b</b>	Homens 64,7±4,1 anos	12 semanas 3 vezes	<p><b>TC: TA + TF ou TF +TA</b></p> <p><b>TF:</b> - 2x 18-20 RM - 2x15-17 RM - 2x12-14 RM - 3x 8-10 RM - 3x6-8 RM</p> <p><b>TA:</b> 80-100% FCLV2 (ciclo ergômetro)</p>	<p><b>TC(FA):</b> ↑1RM(35%)* ↑ESPQF (9%)* ↓ECOVL50%(-17%) ↓ECORF50%(-23%)</p> <p><b>TC(AF):</b> ↑1RM(22%)* ↑ESPQF (9%)* ↓ECOVL50%(-12%)*</p> <p><b>1RM:TC(FA)&gt; TC(AF)</b></p>
<b>WILHELM et al., 2014</b>	Homens 60 -73 anos	12 semanas 2 vezes	<p><b>TC: TA + TF e TF + TA</b></p> <p><b>TF:</b> - 2x 15-18 RM - 2x12-15 RM - 3x10-12 RM - 3x 8-10RM</p> <p><b>TA:</b> 20-40min (85-95% FCLV2) (ciclo ergômetro)</p>	<p><b>TC(AF):</b> ↑1RM(16%)* ↑POT (23%)* ↑LS (15%)* ↑QM (8%)* ↑EMGVL (21%)* ↑VO<sub>2</sub> pico (7%)* ↑VLV2 (8%)* ↑TE (10%)*</p> <p><b>TC(FA):</b> ↑1RM (14%)* ↑POT (22%)* ↑LS (13%)* ↑EMGVL (23%)* ↑QM (8%)* ↑VO<sub>2</sub> pico (9%)* ↑VLV2 (7%)* ↑TE (9%)*</p> <p><b>Sem diferenças entre TC(AF) e TC(FA) para todas variáveis.</b></p>
<b>FERRARI et al., 2013</b>	Homens 65 ± 4 anos	10 semanas 2 e 3 vezes	<p><b>TF:</b> - 3x10-12RM (3 semanas) - 3x 8-10RM - 3x 6-8RM</p> <p><b>TA:</b> 30min (85-95% FCLV2)</p> <p><b>TC:</b> TF + TA (<b>TC2:</b> 2 vezes e <b>TC3:</b> 3vezes)</p>	<p><b>TC2:</b> ↑1RM(22%)* ↑ESPVL (5%)* ↑VO<sub>2</sub> pico (22%)* ↑VLV1 (18%)* ↑VLV2 (14%)*</p> <p><b>TC3:</b> ↑1RM(20%)* ↑ESPVL (6%)* ↑VO<sub>2</sub> pico (14%)* ↑VLV1 (6%)* ↑VLV2 (5%)* ↑Wmáx (13%)*</p> <p><b>Sem diferenças entre TC2 e TC3 para todas as variáveis. Exceto: WmáxTC3&gt; WmáxTC2.</b></p>

\*: diferença estatística significativa do pré para o pós treinamento; 1RM: uma repetição máxima; RM: repetições máximas; 5RM: cinco repetições máximas; TF:

treinamento de força; TA: treinamento aeróbio; TC: treinamento concorrente; TC(AF): grupo treinamento concorrente ordem: aeróbio - força; TC(FA): grupo treinamento concorrente ordem força - aeróbio; TC2: grupo treinamento concorrente com frequência de duas vezes por semana; TC3: grupo treinamento concorrente com frequência semanal de três vezes ; >: maior; ↑; aumento; POT: potência muscular; ESP: espessura muscular; CVM: força de contração isométrica voluntária máxima; ECO: economia de movimento; VL: vasto lateral; VM: vasto medial; RF: reto femoral; QF: quadríceps femoral; QM: qualidade muscular; EMG: ativação muscular máxima; LV1,2: primeiro e segundo limiar ventilatório; FCLV2: frequência cardíaca no LV2; FCmax: frequência cardíaca máxima; VO2 pico: consumo de oxigênio de pico; VLV1, LV2: consumo de oxigênio no LV1 e LV2; TE: tempo de exaustão; Wmáx: carga máxima; WLV1,LV2: carga nos limiares ventilatórios LV1 e LV2.

**Quadro 2:** TC realizado em dias alternados nas adaptações neuromusculares e cardiorrespiratórias.

<b>Autores</b>	<b>População/ Idade</b>	<b>Período/ Frequência</b>	<b>Treinamento</b>	<b>Resultados</b>
<b>SILLANPÄÄ et al., 2008</b>	Homens 40-65 anos	21 semanas 2 vezes	<b>TC: TF + TA</b>  <b>TF:</b> séries múltiplas (40-90%1RM)  <b>TA:</b> 30-90min (acima, abaixo e entre LV1 e LV2) (ciclo ergômetro)	<b>TF:</b> ↑1RM (22%)* ↑ESP (12%)*  <b>TC:</b> ↑RM (23%)* ↑ESP (10%)* ↑VO <sub>2</sub> max (11%)*  <b>Sem diferenças: 1RM, ESP.</b> <b>Exceto: TC VO<sub>2</sub>max &gt; TF .</b>
<b>AHTIAINEN et al., 2009</b>	Homens >60 anos	21 semanas 2 vezes	<b>TC: TF + TA</b>  <b>TF:</b> - 3x 15-30 rep (40-60%1RM) - 3x 6-12rep (60-80%1RM) - 3x 5-8rep (70-90%1RM)  <b>TA:</b> 30-90min (LV1 - LV2) Ciclo ergômetro	<b>TF:</b> ↑1RM(21%)* ↑CVM (17%)* ↑ESP (14%)* ↑Wmáx(5%)*  <b>TC:</b> ↑1RM(25%)* ↑CVM (22%)* ↑ESP (14%)* ↑VO <sub>2</sub> pico (7%) ↑ Wmáx(10%)* ↑VO <sub>2</sub> máx (7%)  <b>Sem diferenças entre TF e TC.</b>

<b>KARAVIRTAet al., 2009</b>	Homens 40-67 anos	21semanas 2 vezes	<b>TC: TF + TA</b>  <b>TF:</b> - 3x 15-30rep (40-60%1RM) - 3x 6-12rep (60-80%1RM) - 3x 5-8rep (70-85%1RM)  <b>TA:</b> 30-90min (LV1 - LV2) Ciclo ergômetro	<b>TF:</b> ↑1RM(21%)*  <b>TC:</b> ↑1RM(22%)* ↑VO <sub>2</sub> pico (10%)*  <b>1RM: Sem diferenças entre os grupos.</b>
<b>HOLVIALAet al., 2010</b>	Homens 56 ± 2 anos	21semanas 2 vezes	<b>TC: TF + TA</b>  <b>TF:</b> - 3x 12-20rep (40-60%1RM) - 4x 5-12rep (40-80%1RM) - 3x 5-8rep (50-85%1RM)  <b>TA:</b> 30-90min (LV1 - LV2) Ciclo ergômetro	<b>TF:</b> ↑1RM(20%)* ↑CVM (10%)* ↑EMGCVM-VM (31%)*  <b>TC:</b> ↑1RM(21%)* ↑CVM (13%)* ↑VO <sub>2</sub> pico (9%)* ↑EMG1RM-VM (31%)*  <b>1RM, CVM: Sem diferença entre os grupos.</b>
<b>SILLAPÄÄet al., 2010</b>	Homens 40 – 65 anos	21 semanas 2 vezes	<b>TC: TF + TA</b>  <b>TF:</b> - 3x 15-20rep (40-60%1RM) - 3-4x 10-12rep (60-80%1RM) - 3-4x 6-8rep (70-90%1RM)  <b>TA:</b> 30-90min (LV1 - LV2) Ciclo ergômetro	<b>TF:</b> ↑ CVM(7%)* ↑Wmáx(8%)*  <b>TC:</b> ↑ CVM(11%)* ↑Wmáx(17%)*  Sem diferenças entre TF e TC.
<b>HOLVIALAet al., 2012</b>	Homens 56.3 ± 9.9	21 semanas 2 vezes	<b>TC: TF + TA</b>  <b>TF:</b> séries múltiplas (40-85%1RM)  <b>TA:</b> 30-90min (LV1- LV2) Ciclo ergômetro	<b>TF:</b> ↑1RM (21%)* ↑POT (7%)* ↑EMG1RM-VL (24%)* ↑EMG1RM-VM (20%)*  <b>TC:</b> ↑1RM (22%)* ↑POT (10%)* ↑VO <sub>2</sub> pico (10%)* ↑EMG1RM-VL (16%)* ↑EMG1RM-VM (20%)*  <b>1RM, P, EMG: Sem diferenças entre os grupos.</b>

\*: Diferença estatisticamente significativa do pré para o pós treinamento; 1RM: uma repetição máxima; RM: repetições máximas; TF: treinamento de força; TA: treinamento aeróbio; TC: treinamento concorrente; >: maior; ↑; aumento; POT: potência muscular; ESP: espessura muscular; CVM: contração isométrica voluntária máxima; ECO: economia de movimento; VL: vasto lateral; VM: vasto medial; RF: reto femoral; QM: qualidade muscular; EMG: ativação muscular máxima; LV1,2: primeiro e segundo limiar ventilatório; FCLV2: frequência cardíaca no LV2; FCmax: frequência cardíaca máxima; VO<sub>2</sub>pico: consumo de oxigênio de pico; VLV2: consumo de oxigênio no LV2; TE: tempo de exaustão; Wmáx: carga máxima; WL1,LV2: carga nos limiares ventilatórios LV1 e LV2.

## TRENAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE (HIIT)

O envelhecimento é responsável por um declínio na capacidade de utilização de O<sub>2</sub> pelos músculos esqueléticos devido a fatores como, diminuição da massa muscular, aumento da resistência periférica, diminuição da densidade capilar muscular, disfunção endotelial, alterações na microcirculação do músculo esquelético e redução da capacidade muscular oxidativa (Garatachea et al., 2015). O treinamento aeróbico atenua os declínios na aptidão cardiorrespiratória, e apresenta-se como um importante restaurador nos fatores de risco de doenças cardiovasculares, promovendo redução da resposta cardiovascular para a mesma carga submáxima, ou seja, promove economia de movimento (economia de movimento) a qual reflete em uma economia neuromuscular (Cadore et al., 2011a). A consequente melhora no VO<sub>2</sub> máx e na utilização de substratos proveniente do treinamento aeróbico interfere positivamente na remodelação da musculatura cardíaca, reduzindo a pressão arterial e melhorando o perfil lipídico (Ventura-Clapier et al., 2007). Diversos estudos sugerem que o treinamento aeróbico contínuo tradicional melhora a tolerância ao exercício e reduz o risco de doenças cardiovasculares acometidas por hábitos de vida e pelo envelhecimento (Osuka et al., 2017).

Paralelamente, o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) vem demonstrando efeitos semelhantes ao treinamento aeróbico contínuo, demandando menos tempo em cada sessão de treinamento (aproximadamente de 10 a 20 min) (Osuka et al., 2017; Huffman et al., 2017). O HIIT tem recebido atenção por ser aplicado em diferentes áreas do movimento, como: ciência do esporte, prevenção da obesidade e reabilitação cardíaca. Ele é caracterizado por explosões breves e intermitentes de atividade vigorosa, intercaladas por períodos de descanso, sendo capaz de proporcionar adaptações musculares, como o aumento da atividade das enzimas Citrato Sintase, Citocromo Oxidase, Piruvato Desidrogenase e as reservas de glicogênio na mesma magnitude que o aeróbio moderado contínuo, entretanto, neste segundo, a duração da sessão e o volume de treinamento é de três a quatro vezes maior (Guiraud et al., 2012; Gibala et al., 2006; Burgomaster et al., 2008)

Estudos recentes demonstram que o exercício de alta intensidade induz adaptações superiores e mais rápidas ao sistema cardiovascular comparado ao

treinamento aeróbico contínuo (Wisloff et al., 2007, Gibala et al., 2008). Osuka et al., (2017) compararam o treinamento contínuo com o intervalado em homens idosos sedentários na FC,  $\dot{V}O_2$  pico e escala de percepção de esforço (Escala de Borg). Após os testes, ambos os protocolos demonstraram similar percepção de esforço, porém o grupo intervalado mostrou maior intensidade máxima quando observado objetivamente por %  $\dot{V}O_{2pico}$  (Intervalado:  $86,0 \pm 5,6\%$ , contínuo:  $67,1 \pm 6,4\%$ ). O HIIT mostrou-se eficiente também na melhora de parâmetros cardiorrespiratórios quando comparado ao treinamento contínuo em idosos com Doença Arterial Coronariana estável. Rognmo et al., (2004) demonstraram que após 10 semanas de treinamento, com frequência tri-semanal o exercício aeróbico de alta intensidade incrementou consideravelmente o  $\dot{V}O_{2pico}$  dos pacientes, comparado com o treinamento aeróbico contínuo. Através de uma revisão sistemática com meta-análise Pattyn et al., (2014) também compararam HIIT com aeróbico tradicional em estudos com mais de quatro semanas de treinamento, em pacientes ( $\geq 58$  anos) com doença arterial coronariana. Foi observado após o treinamento, aumentos superiores no percentual de  $\dot{V}O_2$  pico para o grupo HIIT, assim como reduções superiores da massa corporal total. Em outro estudo, Currie et al., (2013) verificaram em pacientes com doença arterial coronariana, incrementos no  $\dot{V}O_{2pico}$  e no pico de potência após 12 semanas de treinamento, em ambos os grupos (HIIT e CONT) sem diferença entre eles. Entretanto o grupo CONT realizou o dobro do trabalho total e o trabalho médio por sessão de exercício comparado ao HIIT.

Huffman et al., (2017), analisaram recentemente o treinamento concorrente realizado com "Sprint" em mulheres idosas, com e sem inclinação na esteira. Após 12 semanas de treinamento constataram incrementos no  $\dot{V}O_2$  máx, tempo máximo ( $T_{máx}$ ) na esteira durante a avaliação do protocolo Bruce expresso em segundos, e melhoras na velocidade máxima ( $V_{máx}$ ) necessária para induzir respostas cardiovasculares de 95% da frequência cardíaca máxima prevista pela idade; sem diferença significativa entre os grupos. Além dos incrementos cardiorrespiratórios marcados pelo HIIT, Knowles et al., (2014) mostraram também, respostas positivas em questionários de qualidade de vida relacionada à saúde após 12 semanas de treinamento em homens idosos sedentários e fisicamente ativos. O objetivo do questionário era avaliar a motivação para o exercício, a percepção de funcionalidade e a saúde de modo geral.

Wisloff et al., (2007) mostraram a eficiência do HIIT comparado ao treinamento contínuo em homens e mulheres idosas pós infarto, nas variáveis cardiorrespiratórias ( $VO_{2\text{pico}}$ ) e na Vasodilatação Mediada por Fluxo (FMD) que tem como objetivo a avaliação da função endotelial. Verificaram que após 12 semanas de treinamento, o grupo que treinou HIIT mostrou incrementos superiores nessas variáveis, comparado ao treinamento contínuo. Incrementos similares são observados em indivíduos de meia idade e idosos hipertensos, após 12 semanas de treinamento, com a mesma frequência semanal (2 vezes na semana). Melhoras na FMD e no  $VO_{2\text{pico}}$  foram observadas (Molmen-Hansen et al., 2012). Mitranun et al., (2014) investigaram o HIIT e aeróbico contínuo em homens e mulheres idosas com diabetes do tipo II. Após 12 semanas de treinamento, a capacidade aeróbica máxima, dilatação mediada por fluxo e hiperemia reativa aumentaram significativamente em ambos os grupos; no entanto, a magnitude das melhoras foram superiores no grupo HIIT. Dessa forma, o HIIT parece ser uma estratégia segura e eficiente para a prevenção de doenças cardiovasculares e diabetes tipo II.

Deste modo, os ganhos obtidos a partir do HIIT parecem mostrar-se semelhantes (HUFFMAN et al., 2017) ou até superiores (Mitranun et al., 2014; Osuka et al., 2017; Rognum et al., 2004; Wisloff et al., 2007) comparados ao treinamento contínuo. Além disso, sua execução demanda menos tempo. Portanto, o HIIT é um modelo de treinamento interessante para a população idosa, visto que além de promover incrementos no  $VO_{2\text{pico}}$ , melhora o desempenho em tarefas da vida diária (Cadore et al., 2014). Os estudos mostrando o efeito do HIIT e treinamento contínuo nas adaptações cardiorrespiratórias de idosos estão apresentados no quadro 3.

Visto que o HIIT é uma estratégia eficiente na melhora da capacidade cardiorrespiratória e manutenção da funcionalidade de idosos, são poucos os estudos que investigaram o efeito desse modelo de treinamento aeróbico nessa população. Ainda, não foi estudada a sua repercussão quando combinado ao treinamento de força nas adaptações neuromusculares e cardiorrespiratórias de idosos.

**Quadro 3.** Efeito do HIIT e treinamento contínuo nas adaptações cardiorrespiratórias de idosos.

Autores	População/ Idade	Período/ Frequência	Treinamento	Resultados
---------	---------------------	------------------------	-------------	------------

<b>OSUKA ET AL., 2017</b>	Homens 60-69 anos	-	<b>Ciclo ergômetro</b>  <b>TC:</b> 40-min 65%VO <sub>2</sub> pico.  <b>TI:</b> 3x2-3': 75-85%VO <sub>2</sub> pico 1-2'descanso: 50% VO <sub>2</sub> pico	<b>Sem diferenças:</b> Escala de Borg;  <b>Superior:</b> VO <sub>2</sub> pico para método intervalado.
<b>HUFFMAN ET AL.,2017</b>	Mulheres 40-64 anos Recreativamente ativas.	12 semanas  3 vezes na semana	<b>TC: TF + sprint</b> <b>TF:</b> 3x10 ( 65%, 70%, 75% 1RM) 3x6 (75%,80%-85% 1RM) 3x8 (75%-80%-85% 1RM)  <b>SPRINT (com inclinação, sem inclinação):</b> Aquecimento: 3min; <u>1<sup>o</sup>- 6<sup>o</sup> semana:</u> 2 (3 x 40seg sprint + 20seg de descanso entre rep,1min entre séries). <u>7<sup>o</sup>-12<sup>o</sup> semana:</u> 3 (3 x 40seg sprint + 20seg de descanso entre rep,1min entre séries).	<b>Sem diferença</b> entre os grupos: ↑Vo <sub>2</sub> máx ↑Tmáx ↑Vmáx
<b>ROGNMO ET AL.,2004</b>	Homens e mulheres (com doença arterial coronariana) 61-74 anos	10 semanas  3 vezes na semana	<b>HIIT x Contínuo</b>  <b>HIIT:</b> 5min (50-60% Vo <sub>2</sub> pico) 4(4min (80-90% Vo <sub>2</sub> pico)), entre séries: 3min (50-60% Vo <sub>2</sub> pico).  <b>CONTINUO:</b> 41min (50-60% Vo <sub>2</sub> pico)	↑ Vo <sub>2</sub> pico > HIIT
<b>WISLOFF ET AL.,2007</b>	Homens e mulheres pós infarto (74.4 ± 12 anos)	12 semanas  2vezes na semana	<b>HIIT x Contínuo</b>  <b>HIIT:</b> 4 x4min (90-95 % FC <sub>pico</sub> intercalado com 3 min (50-70 % FC <sub>peak</sub> ))  <b>CONTINUO:</b> 47 min (70-75 % FC <sub>pico</sub> )	<u>FMD</u>  <b>HIIT &gt; CONT</b> 3.49 ± 1.95-11.58 ± 1.5 %; 3.73 ± 2.42 -8.34 ± 1.7 %  <u>VO<sub>2</sub>Pico</u>  <b>HIIT &gt; CONT</b> 13.0±1.6 -19.0±2.1 13.0± 1.1 - 14.9± 0.9
<b>MOLMEN-HANSEN ET AL., 2012</b>	Homens e mulheres hipertensos (53.6 ± 6.5 anos)	12 semanas  3 vezes na semana	<b>HIIT x Contínuo</b>  <b>HIIT:</b> 4 x4min (90-95 % FC <sub>pico</sub> intercalado com 3 min (60-70 % FC <sub>peak</sub> ))  <b>CONTINUO:</b> 47 min (70-75 % FC <sub>pico</sub> )	<u>FMD</u>  <b>HIIT &gt; CONT</b> 6.49 ± 3.71- 10.66 ± 5 %; 6.50 ± 5.01- 7.11 ± 5.10 %  <u>VO<sub>2</sub>Pico</u>  <b>HIIT &gt; CONT</b> 36.3_8.8 41.5_10.6 34.0± 7.0 35.8± 6.9

<b>CURRIE ET AL., 2013</b>	Homens e mulheres com Doença arterial coronariana (62-73 anos)	12 semanas 2x na semana (com supervisão)	<b>HIIT x Continuo</b> <b>HIIT:</b> 10 x 1(80–104 % Pico de pot) intercalado com 1 min (10 % pico de pot) <b>CONTINUO:</b> 30–50 min(51–65 % pico de pot)	VO2Pico <b>HIIT</b> 19.8 ±3.7 - 24.5 ± 4.5 <b>CONT</b> 18.7±5.7 - 22.3± 6.1 <u>Pico de potência</u> <b>HIIT</b> 133± 51 - 159 ± 52* <b>CONT</b> 108± 30 - 133± 42
<b>MITRANUN ET AL., 2014</b>	Homens e mulheres com diabetes T2 (61.7 ± 2.7 anos)	12 semanas 3x na semana	<b>HIIT x Continuo</b> <b>HIIT</b> 4–6 x1min(80–85 % VO2Pico) intercalado com 4 min (50-60 % VO2Pico) <b>CONTINUO:</b> 30 min (60–65 % VO2Pico).	VO2Pico <b>↑HIIT</b> 24.2 ± 1.6 30.3 ± 1.2

\*: diferença estatística significativa do pré para o pós treinamento; 1RM: uma repetição máxima; RM: repetições máximas; TF: treinamento de força; TA: treinamento aeróbico; HIIT: Treinamento aeróbico de alta intensidade; TC: treinamento concorrente; grupo treinamento concorrente ordem força - aeróbico; ↑; aumento; POT: potência muscular; ESP: espessura muscular; CVM: força de contração isométrica voluntária máxima; ECO: economia de movimento; FCmax: frequência cardíaca máxima; VO2 pico: consumo de oxigênio de pico; Wmáx: carga máxima.

## REFERÊNCIAS

AAGAARD, P.; SUETTA, C.; CASEROTTI, P.; MAGNUSSON, S. P.; KJAER M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scand J Med Sci Sports*. Fev 2010, v. 20, n. 1, p. 49-64.

AAGAARD, P.; SUETTA, C.; CASEROTTI, P.; MAGNUSSON, S. P.; KJAER M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scand J Med Sci Sports*. Fev 2010, v. 20, n. 1, p. 49-64.

BARRY, B. K.; CARSON, R. G. The consequences of resistance training for movement control in older adults. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*. 2004; v. 59, no. 7, p.730-754, 2004.

BARRY, B. K.; WARMAN, G. E.; CARSON, R. G. Age-related differences in rapid muscle activation after rate of force development training of the elbow flexors. *Exp Brain Res*. 2005; 162:122-132.

BASSEY, E. J. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci (Lond)*. Março 1992; v. 82, n. 3, p. 321-7.

BEAN, J. F.; KIELY, D. K.; HERMAN, S.; LEVEILLE, S. G.; MIZER, K.; FRONTERA, W. R.; FIELDING, R. A. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc*. 2002; 50:461-467.

BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. *J Strength Cond Res*. 2013; v. 27, n. 8, p. 2323-37.

BELL, GJ.; SYROTUIK, D.; MARTIN, TP.; BURNHAM, R.; QUINNEY, HÁ. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol* 81:418–427, 2000.

BELTRAN, V. M. R.; DIMAURO, I.; BRUNELLI, A.; TRANCHITA, E.; CIMINELLI, E.; CASEROTTI, P.; DURANTI, G.; SABATINI, S.; PARISI, P.; PARISI, A.; CAPOROSSI, D. Explosive type of moderate-resistance training induces functional,

cardiovascular, and molecular adaptations in the elderly. *Age (Dordr)*. 2014; 36:759-772.

BENTO, P.C.; PEREIRA, G.; UGRINOWITSCH, C.; RODACKI, A.L (2010). Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 25(5):450–454.

BOTTARO, M.; MACHADO, S. N.; NOGUEIRA, W.; SCALES, R.; VELOSO, J. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol*. 2007; 99:257-264.

BUFORD, T. W.; ANTON, S. D.; CLARK, D. J.; HIGGINS, T. J.; COOKE, M. B. Optimizing the Benefits of Exercise on Physical Function in Older Adults. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014; Vol. 6, 528-543.

BURKSMANN, S. Quedas em idosos: prevenção. *Revista da Associação Brasileira de Geriatria e Gerontologia*. 2008; v., n., p.1-10.

CADORE, E. L.; CASAS-HERRERO, A.; ZAMBOM-FERRARESI, F.; IDOATE, F.; MILLOR, N.; GÓMEZ, M.; RODRIGUEZ-MAÑAS, L.; IZQUIERDO, M. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age (Dordr)*. Abril 2014; v. 36, n. 2, p. 773-85.

CADORE, EL.; IZQUIERDO, M.; ALBERTON, CL.; PINTO, RS.; CONCEIÇÃO, M.; CUNHA, G.; RADAELLI, R.; BOTTARO, M.; TRINDADE, GT.; KRUEL ,LF. Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. *Exp Gerontol* 47:164–169, 2012a.

CADORE, EL.; IZQUIERDO, M.; PINTO, SS.; ALBERTON, CL.; PINTO, RS.; BARONI, BM.; VAZ ,MA.; LANFERDINI, FJ.; RADAELLI, R.; GONZÁLEZ-IZAL, M.; BOTTARO, M.; KRUEL, LF. Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age (Dordr)*, 2012b.

CADORE, EL.; PINTO, RS.; ALBERTON, CL.; PINTO, SS.; LHULLIER, FLR.; TARTARUGA, MP.; CORREA, CS.; ALMEIDA, APV.; SILVA, EM.; LAITANO, O.; KRUEL, LFM. Neuromuscular economy, strength and endurance in healthy elderly men. *J Strength Cond Res* 25:997-1003, 2011b.

CADORE, EL.; PINTO, RS.; LHULLIER, FLR.; CORREA, CS.; ALBERTON, CL.; PINTO, SS.; ALMEIDA, APV.; TARTARUGA, MP.; SILVA, EM.; KRUEL, LFM. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *Int J Sports Med* 31:689–697, 2010.

CANNON, J.; MARINO, F. E. Early-phase neuromuscular adaptations to high-and low-volume resistance training in untrained young and older women. *J Sports Sci*. Dezembro 2010; 2.28, n.14, p. 1505-14.

CASEROTTI, P.; AAGAARD, P.; BUTTRUP LARSEN, A.; PUGGAARD, L. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid muscle force, strength and power. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18: 773–782.

CLARK, B. C.; MANINI, T. M. Sarcopenia  $\neq$  dynapenia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2008; 63:829-834.

DAVINI, R.; NUNES, C. V. Alterações no sistema neuromuscular decorrentes do envelhecimento e o papel do exercício físico na manutenção da força muscular em indivíduos idosos. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2003; v.7, n. 3, p. 201-207.

DESCHENES, M. R. Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports Medicine*. 2004; v. 34, n. 12, p. 809-824.

DOHERTY, T. J. Invited review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol* (1985). Outubro 2003; v. 95, n. 4, p. 1717-27.

EVANS, W. J. What is sarcopenia? *J Gerontol Med Sci*. 1995;50A: 5–8.

FERRARI, R.; KRUEL, L.; CADORE, EL.; ALBERTON, CL.; IZQUIERDO, M.; CONCEIÇÃO, M.; PINTO, RS.; RADAELLI, R.; WILHELM, E.; BOTTARO, M.; RIBEIRO, JP.; UMPIERRE, D. Efficiency of twice weekly concurrent training in trained elderly men. *Exp Gerontol* 48:1236-1242, 2013.

FLECK, S. J.; e KRAEMER, W. J. *Designing Resistance Training Programs* (2nd Ed). Champaign, IL: Human Kinetics. 1997, pp.3–11, 83–115.

FRAGALA, M. S.; FUKUDA, D. H.; STOUT, J. R.; TOWNSEND, J. R.; EMERSON, N. S.; BOONE, C. H.; BEYER, K. S.; OLIVEIRA, L. P.; HOFFMAN, J. R.; Muscle quality index improves with resistance exercise training in older adults. *Exp Gerontol*. 2014; v. 53, p. 1-6.

GALVÃO, D. A.; TAAFFE, D. R. Resistance exercise dosage in older adults: single-versus multiset effects on physical performance and body composition. *J Am Geriatr Soc*. Dezembro 2005; v.53, n.12, p.2090-7.

GALVAO, D. A.; TAAFFE, D. R; Single- vs. multiple-set resistance training: Recent developments in the controversy. *J Strength Cond Res*. 2004; 18:660–667.

HAKKINEN, K.; ALEN, M.; KALLINEN, M.; IZQUIERDO, M.; JOKELAINEN, K.; LASSILA, H.; MAËLKIA, E.; KRAEMER, W.J.; NEWTON, R.U (1998) Muscle cross-sectional area, force production, and neural activation of leg extensor muscles during isometric and dynamic actions in middle-aged and elderly men and women. *J Aging Physical; Activity* 6:232±247.

HAKKINEN, K.; ALEN, M.; KOMI, P.V. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand*. 1985;125:573-85.

HASS, C. J. GARZARELLA, L.; DE HOYOS, D.; POLLOCK, M. L. Single versus multiple sets in long-term recreational weightlifters. *Med Sci Sports Exerc*. Janeiro 2000; v. 32, n. 1, p. 235-42.

HENWOOD, T. R.; TAAFFE, D. R. Improved physical performance in older adults undertaking a short-term programme of high-velocity resistance training. *Gerontology*.2005; 51:108-115.

HOLVIALA, J.; KRAEMER,W.J.; SILLANPAA, E.; KARPPINEN, H.; AVELA, J.; KAUKANEN, A.; HÄKKINEN, A.; HÄKKINEN, K. Effects of strength, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 112, 1335–1347, 2012.

HUNTER, G. R.; WETZSTEIN, C. J.; MCLAVERTY, C. L.; ZUCKERMAN, P. A.; LANDERS, K. A.; BAMMAN, M. M. High-resistance versus variable-resistance training in older adults. *Med Sci Sports Exerc.*2001; 33:1759–1764.

IZQUIERDO, M.; HÄKKINEN, K.; IBANEZ, J.; GARRUES, M.; ANTON, A.; ZUNIGA, A.; LARRION, J. L.; GOROSTIAGA, E. M. Effects of strength training on muscle power and sérum hormones in middle-aged and older men. *J. Appl. Physiol.* 2001; 90:1497–1507.

IZQUIERDO, M.; HÄKKINEN, K.; IBANEZ, J.; GARRUES, M.; ANTON, A.; ZUNIGA, A.; LARRION, J. L.; GOROSTIAGA, E. M. Effects of strength training on muscle power and sérum hormones in middle-aged and older men. *J. Appl. Physiol.* 2001; 90:1497–1507.

IZQUIERDO, M.; IBANEZ, J.; GOROSTIAGA, E.; GARRUES, M.; ZUNIGA, A.; ANTON, A.; LARRION, J. L.; HAKKINEN, K. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol Scand.* 1999; 167:57-68.

IZQUIERDO, M.; IBANEZ, J.; GOROSTIAGA, E.; GARRUES, M.; ZUNIGA, A.; ANTON, A.; LARRION, J. L.; HAKKINEN, K. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol Scand.* 1999; 167:57-68.

IZQUIERDO, M.; J. IBAÑEZ, K.; HÄKKINEN, W. J.; KRAEMER, J. L.; LARRIÓ N, E E.; M. GOROSTIGA. Once Weekly Combined Resistance and Cardiovascular Training in Healthy Older Men. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 36, No. 3, pp. 435–443, 2004.

IZQUIERDO, M.; J. IBAÑEZ, K.; HÄKKINEN, W. J.; KRAEMER, J.; L. LARRIÓ N, E E. M. GOROSTIGA. Once Weekly Combined Resistance and Cardiovascular Training in Healthy Older Men. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 36, No. 3, pp. 435–443, 2004.

JONES, C. J.; RIKLI, R. E.; BEAM, W. C. A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport*.1999; 70:113-119.

KNIGHT, C. A.; KAMEN, G. Adaptations in muscle activation of the knee extensor muscle with strength training in young and older adults. *J Electromyogr Kinesiol*.2001; 11:405–412.

KRAEMER, WJ.; PATTON, JF.; GORDON, SE.; HARMAN, EA.; DESCHENES, MR.; REYNOLDS, K.; NEWTON, RU.; TRIPPLET, NT.; DZIADOS, JE. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol* 78:976–989, 1995.

LAROCHE, D. P.; CREMIN, K. A.; GREENLEAF, B.; CROCE, R. V.; Rapid torque development in older female fallers and nonfallers: a comparison across lower-extremity muscles. *J Electromyogr Kinesiol*.2010; 20:482-488.

LAROCHE, D.P. Initial neuromuscular performance in older women influences response to explosive resistance training. *Isokinet Exerc Sci*. 2009 January 1; 17(4): 197.

LAROCHE, D.P.; ROY, S.; KNIGHT, C.A.; DICKIE, J. Elderly women have blunted response to resistance training despite reduced antagonist coactivation. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2008; 40.

LIBARDI, C.A; SOUZA, G.V; GASPARI, AF.Effects of concurrent training on interleukin-6, tumour necrosis factor-alpha and C-reactive protein in middle-aged men. *J Sports Sci.* 2011;29(14):1573-81.

LOMBARDI, V. P. *Beginning weight training: the safe and effective way.*1989.

MACALUSO, A.; DE VITO, G. Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people.*European Journal of Applied Physiology.* 2003; v. 91, no. 4, p. 450-472.

MANINI, T. M.; CLARK, B. C. Dynapenia and aging: an update. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2012; 67:28-40.

MASUD, T., MORRIS, R.O., 2001.Epidemiology of falls.*Age Ageing* 30 (Suppl. 4), 3–7.

MILJKOVIC, N.; LIM, J, MILJKOVIC, I.; FRONTERA, V. Aging of Skeletal Muscle Fibers. *Ann Rehabil Med.* 2015; 39(2):155-162.

MISZKO, T. A.; CRESS, M. E.; SLADE, J. M.; COVEY, C. J.; AGRAWAL, S. K.; DOERR, C. E. Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2003 58:171–175.

NOGUEIRA, W.; GENTIL, P.; MELLO, S. N.; OLIVEIRA, R. J.; BEZERRA, A. J.; BOTTARO, M. Effects of power training on muscle thickness of older men. *Int J Sports Med.* Março 2009; v. 30, n. 3, p. 200-204.

PEREIRA, A.; IZQUIERDO, M.; SILVA, A. J.; COSTA, A. M.; BASTOS, E.; GONZALEZ-BADILLO, J. J.; MARQUES, M. C. Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol.* 2012; 47:250-255.

PEREIRA, A.; IZQUIERDO, M.; SILVA, A. J.; COSTA, A. M.; BASTOS, E.; GONZALEZ-BADILLO, J. J.; MARQUES, M. C. Effects of high-speed power training

on functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol.* 2012; 47:250-255.

PETERSON, M. D.; PISTILLI, E.; HAFF, G. G.; HOFFMAN, E. P.; GORDON, P. M. Progression of volume load and muscular adaptation during resistance exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2011; v. 111, n. 6, p. 1063-71.

PHILLIPS, W. T.; BATTERHAM, A. M.; VALENZUELA, J. E.; BURKETT, L. N. Reliability of maximal strength testing in older adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; v. 85, n. 2, p. 329-34.

PIJNAPPELS, M.; VAN DER BURG, J.C.E.; REEVES, N.D.; VAN DIEËN, J.H (2008) Identification of elderly fallers by muscle strength measures. *Eur J Appl Physiol* 102(5):585–592.

PINTO, R. S.; CORREA, C. S.; RADAELLI, R.; CADORE, E. L.; BROWN, L. E.; BOTTARO, M. Short-term strength training improves muscle quality and functional capacity of elderly women. *American Aging Association.* 2013; 36(1):365-72.

RADAELLI, R. BOTTON, C. E.; WILHELM, E. N.; BOTTARO, M.; BROWN, L. E.; LACERDA, F.; GAYA, A.; MORAES, K.; PERUZZOLO, A.; PINTO, R. S. Time course of low- and high-volume strength training on neuromuscular adaptations and muscle quality in older women. *Age (Dordr).* 2014; v. 36, n. 2, p. 881-92.

RADAELLI, R.; BOTTON, C.; WILHELM, E.; BOTTARO, M.; LACERDA, F.; GAYA, A; MORAES, K.; PERUZZOLO, A.; BROWN, L. E.; PINTO, R. S. Low- and high-volume strength training induces similar neuromuscular improvements in muscle quality in elderly women. *Experimental Gerontology.*2013; 48: 710-716.

RAMIREZ-CAMPILLO, R.; CASTILLO, A.; DE LA FUENTE, C. I.; CAMPOS-JARA, C.; ANDRADE, D. C.; ALVAREZ, C.; MARTINEZ, C.; CASTRO-SEPULVEDA, M.; PEREIRA, A.; MARQUES, M. C.; IZQUIERDO, M. High-speed resistance training is more effective than low-speed resistance training to increase functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol.* 2014; 58C:51-57.

RIKLI, R. E.; JONES, C. J. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 1999; v. 7, n. 2, p. 129-161.

SAHALY, R.; VANDEWALLE, H.; DRISS, T.; MONOD, H. Maximal voluntary force and rate of force development in humans - Importance of instruction. *Eur J Appl Physiol*. 2001; v. 85, n. 3-4, p. 345-350.

SILLAMPÄÄ, E.; HÄKKINEN, A.; NYMAN, K.; CHENG, S.; KARAVIRTA, L.; LAAKSONEN, DE.; HUUHKA, N.; KRAEMER, WJ.; HÄKKINEN, K. Body composition and fitness during strength and/or endurance training in older men. *Med Sci Sports Exerc* 40:950–958, 2008.

SKELTON, D. A. Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years. *Age Ageing*. Setembro 1994; v. 23, n. 5, p. 371-377.

SKELTON, D. A. YOUNG, A.; GREIG, C. A.; MALBUT, K. E. Effects of resistance training on strength, power, and selected functional abilities of women aged 75 and older. *J Am Geriatr Soc*. 1995; v. 43, n. 10, p. 1081-7.

SUZUKI, T.; BEAN, J.F.; FIELDING, R.A. Muscle power of the ankle flexors predicts functional performance in community-dwelling older women. *J. Am. Geriatr. Soc*. 2001; 49,1161–1167.

VANDERVOORT, A. A. Aging of the human neuromuscular system. *Muscle Nerve*. Jan 2002; v. 25, n. 1, p. 17-25.

VANDERVOORT, A. A. Aging of the human neuromuscular system. *Muscle Nerve*. Jan 2002; v. 25, n. 1, p. 17-25.

VERDIJK, L. B.; KOOPMAN, R.; SCHAART, G.; MEIJER, K.; SAVELBERG, H. H.; VANLOON, L. J. Satellite cell content is specifically reduced in type II skeletal muscle fibers in the elderly. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2007; 292: E151-7.

WALLERSTEIN, L. F.; TRICOLI, V.; BARROSO, R.; RODACKI A. L. F.; RUSSO, L.; AIHARA, A. Y.; DA ROCHA CORREA FERNANDES, A.; DE MELLO, M. T.; UGRINOWITSCH, C. Effects of strength and power training on neuromuscular variables in older adults. *J Aging Phys Act.* 2012; v. 20, n. 2, p. 171-85.

WOOD, RH., REYES, R.; WELSCH, MA.; FAVAROLO-SABATIER, J.; SABATIER, M.; LEE, CM.; JOHNSON, LG.; HOOPER, PF. Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults. *Med Sci Sports Exerc* 33:1751–1758, 2001.

## CAPITULO III ARTIGO ORIGINAL I.

Adaptações neuromusculares e aeróbicas ao treinamento de força tradicional e treinamento explosivo combinado ao HIIT em adultos idosos: um ensaio clínico randomizado.

### RESUMO

O treinamento concorrente (TC) é uma estratégia eficiente na melhora das funções neuromusculares e cardiorrespiratórias em idosos, repercutindo principalmente na manutenção da capacidade funcional durante o envelhecimento. No entanto, há uma falta de informação sobre a associação do treinamento de potência (TP) como uma alternativa ao treinamento de força tradicional (TFT), componente do TC. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos de 16 semanas de dois modelos de TC: TFT combinado ao treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) versus TP associado ao HIIT na função neuromuscular em homens idosos. Trinta e cinco homens idosos ( $65,8 \pm 3,9$  anos) foram aleatoriamente colocados em dois grupos de treinamento TCF: TFT + HIIT (18), TCP: PT + HIIT (17), o TCF treinou com intensidade de 65-80% 1RM, e o grupo TCP com intensidade de 40-60% 1RM. Uma repetição máxima (1RM), taxa de produção de força (TPF), potência muscular durante o salto contra-movimento (CMJ), espessura do músculo quadríceps femoral e consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2pico}$ ) foram avaliados antes do treinamento, após 8 e 16 semanas de TC. Todos os grupos melhoraram de forma semelhante e significativa ( $p < 0,05$ ) 1RM, TPF, CMJ, espessura do músculo quadríceps, tensão específica e  $VO_{2pico}$ , sem diferenças entre os grupos. Esses achados sugerem que ambos os modelos de TC são eficientes na melhora da função neuromuscular e capacidade aeróbia. Além disso, mesmo realizado em intensidades mais baixas, o treinamento de resistência explosiva (TP) induz adaptações neuromusculares semelhantes.

Palavras-chave: Treinamento concorrente, potência muscular, treinamento intervalado de alta intensidade, envelhecimento.

## ABSTRACT

Concurrent training (CT) is an efficient strategy to improve neuromuscular and cardiorespiratory functions in older, reverberating mainly in the maintenance of the functional capacity during the aging. However, there is a lack of information on the association of power training as an alternative to the traditional strength component during CT. Thus, the aim of the present study was verify the 16-week effects of two CT models: Traditional strength training combined with high intensity interval training (HIIT) vs. power training associated with HIIT on neuromuscular function in older men. Thirty-five older men ( $65,8 \pm 3,9$  years) were randomly placed into two training groups TCF: TFT + HIIT (18), TCP: PT + HIIT (17), the TCF trained with intensity of 65-80% 1RM, and the TCP group with intensity of 40-60% 1RM. One-repetition maximum(1RM), rate of torque development (RTD), muscle power during countermovement jump, quadriceps femoris muscle thickness and maximum oxygen consumption peak ( $VO_{2peak}$ ) were assessed before training, after 8 and 16 weeks of CT. After training, all groups improved similarly and significantly ( $P < 0.05$ ) in 1RM, RTD, CMJ, quadriceps muscle thickness, specific tension and  $VO_{2peak}$  ( $P < 0.05$ ), with no differences between groups. These findings suggest that both CT models are effective in improving neuromuscular function and aerobic power. In addition, even performed at lower intensities, explosive resistance training (power training) induces similar neuromuscular adaptations.

Key-words: Concurrent training, muscular power, high intense interval training, aging.

## INTRODUÇÃO

O processo de envelhecimento é caracterizado por declínios graduais na força muscular, capacidade aeróbica e potência muscular (Izquierdo et al. 1999; Fleg et al., 1988), o que resulta em prejuízos na capacidade funcional e aumento no risco de mortalidade para essa população (Atero et al., 2012). Tem sido documentado que a potência muscular apresenta declínio superior comparada à força muscular em indivíduos idosos, além de mostrar-se um forte indicador de funcionalidade (Izquierdo et al., 1999; Reid and Fielding et al., 2012; Cadore et al., 2018).

A execução de tarefas cotidianas como levantar de uma cadeira, subir escadas ou a estabilização do corpo para evitar quedas, geralmente exigem níveis baixos a moderados de força muscular e alta velocidade de aplicação de força (Sayers, 2007). Nesse sentido, o treinamento de força executado de forma explosiva leva ao aumento da potência muscular juntamente com a taxa de produção de força, estando diretamente relacionados à execução de atividades da vida diária (Cadore et al., 2018). De fato, o treino de potência (TP), (i.e., repetições executadas com a máxima velocidade na fase concêntrica do movimento) tem apresentado adaptações similares na força máxima, mas efeitos superiores sobre a potência muscular quando comparado ao treinamento de força tradicional (i.e., movimento lento na fase concêntrica e excêntrica: TFT) em populações idosas (Bottaro et al., 2007; Ramirez-Campillo et al., 2014; Straight et al., 2015). Além disso, em estudos prévios que compararam o efeito de um período TFT e TP sobre o desempenho funcional de indivíduos idosos, alguns autores reportaram efeito superior no desempenho em testes funcionais em respostas ao TP (Miszko et al. 2003, Bottaro et al., 2007; Tschopp et al., 2013; Ramirez-campillo et al., 2014). Desta forma, sugere-se que o TP configura uma importante alternativa de treinamento para indivíduos idosos, já que promove adaptações neuromusculares importantes, mesmo utilizando intensidades menores que o TFT (i.e, menor carga relativa à máxima) (Izquierdo et al., 1999; Pereira et al., 2012; Henwood et al., 2005). Embora comparações entre o TFT e o TP tenham sido realizadas em idosos, há escassez de estudos comparando esses dois métodos de TF quando combinadas com o treinamento aeróbio (i.e., treinamento concorrente).

O treinamento concorrente (TC), combinação do treinamento de força e do treinamento aeróbico, tem mostrado ser efetivo no aumento da força e potência

muscular, bem como da capacidade cardiorrespiratória. Em indivíduos idosos, a correta prescrição do TC resulta em efeitos similares na função neuromuscular quando comparado ao TF isolado (Holviala et al., 2010; Sillampä et al., 2008; Wood et al., 2001; Cadore e Izquierdo, 2013). Além disso, devido ao fato de que o componente aeróbico do TC está relacionado a melhoras significativas no consumo máximo de oxigênio e no desempenho aeróbico máximo, o TC repercute positivamente na manutenção da capacidade funcional de idosos associando melhoras tanto da função neuromuscular como cardiorrespiratória (Izquierdo et al., 2004; Cadore et al., 2010, 2012a; Holviala et al., 2012; Karavirta et al., 2011). Embora adaptações ao TC tenham sido extensamente investigadas em idosos (Holviala et al., 2010; Sillampä et al., 2008; Izquierdo et al., 2004; Wood et al., 2001; Cadore et al., 2010), segundo o conhecimento dos autores, nenhum estudo prévio comparou as adaptações neuromusculares e funcionais do TC com o componente de força executado de forma explosiva ou tradicional. Nesse sentido, intervenções de TC com componente TP em alternativa ao TFT, precisam ser mais investigadas.

Em estudos prévios, o treinamento aeróbico contínuo foi executado para melhorar a função cardiorrespiratória durante o TC, resultando na atenuação dos declínios na aptidão cardiorrespiratória, prevenção e modificação de fatores de risco cardiovascular (Cadore et al., 2011a; 2013). Paralelamente, o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) tem recebido atenção por mostrar adaptações equivalentes ao treinamento contínuo demandando menos tempo de exercício. De fato, o HIIT induz adaptações superiores e mais rápidas ao sistema cardiovascular comparado ao treinamento aeróbico contínuo (Wisloff et al., 2007, Gibala et al., 2008). Dessa forma, a incorporação do HIIT ao TC pode ser efetiva na manutenção e promoção da aptidão física. Apesar de o HIIT ter sido investigado em populações idosas (Rognmo et al., 2004; Mitranun et al., 2014), seus efeitos fisiológicos quando essa modalidade é combinada ao TF (i.e., TC) precisa ser melhor investigada em indivíduos idosos. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo investigar e comparar as adaptações a dois métodos de TC, TFT+HIIT e TP+HIIT, sobre a função neuromuscular e aptidão cardiorrespiratória de homens idosos.

## **MÉTODOS**

### **Desenho experimental**

Para comparar as adaptações do TC composto por TP+ HIIT (TCP) com TFT+ HIIT (TCT) sobre a função neuromuscular, espessura muscular e aptidão cardiorrespiratória de homens idosos, 40 indivíduos realizaram 16 semanas de treinamento, randomizados em um dois grupos experimentais: TCP e TCT. Os desfechos desse estudo foram a potência muscular, taxa de produção de força em diferentes intervalos, força dinâmica máxima, espessura muscular, consumo de oxigênio de pico e tensão específica. Quatorze homens idosos ( $65 \pm 3,8$  anos,  $85.3 \pm 12.8$  kg,  $172.4 \pm 7.4$  cm) foram avaliados duas vezes (0-4 semana) previamente ao início da intervenção para testar a reprodutibilidade e estabilidade dos dados. Os testes (CMJ, espessura muscular e  $VO_{2\text{pico}}$ ) pré e pós treinamento foram realizados pelo mesmo avaliador o qual estava cego para o grupo de treinamento que os sujeitos pertenciam. O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob o número (79277917.3.0000.5347) estando de acordo com a declaração de Helsinque.

## **Participantes**

O tamanho da amostra foi calculado através do software G\*Power (versão 3.0.1) utilizando o nível de  $\alpha$  0,05 e potência 0,85, de acordo com a recomendação de (Beck, 2013). Determinando o total de 20 indivíduos para cada grupo. A amostra inicial foi composta por quarenta homens idosos saudáveis (idade) não engajados em nenhum programa de treinamento aeróbico ou de força regular e sistemático por pelo menos seis meses pregressos ao estudo. Os participantes se voluntariaram a participar do estudo após anúncios em redes sociais e na universidade. Todos os voluntários foram informados sobre o estudo e convidados a assinar o termo de consentimento livre e esclarecido. A randomização dos participantes foi realizada em blocos de 10 indivíduos através do site randomize.org, o qual cada bloco de participantes era pareado pelo consumo máximo de oxigênio e força máxima dos extensores do joelho. A sequência de randomização foi gerada por um pesquisador cego para os participantes.

Previamente ao estudo foram realizadas avaliações médicas através de anamnese clínica e teste de eletrocardiograma (ECG) de esforço para garantir a adequação dos participantes ao procedimento dos testes. Os critérios de exclusão incluíram qualquer histórico de doenças neuromusculares, metabólicas, hormonais e cardiovasculares (exceto hipertensão, estágio 1 controlada). Além disso, foram

excluídos tabagistas. Os participantes foram aconselhados a manter sua ingestão alimentar normal durante todo o estudo. As características físicas dos participantes estão apresentadas na **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Características físicas pré e pós intervenção.

	TCP			TCF		
	Pré	Pós 8	Pós 16	Pré	Pós 8	Pós 16
<b>Idade (anos)</b>	64,3±3,3	64,3±3,3	65,1±3,3	65,7±4,2	65,7±4,2	66,4±4,3
<b>Estatura (Cm)</b>	176±7.2	176±7.2	176±7.2	174.2±22	174.2±22	174.2±22
<b>Massa corporal total (Kg)</b>	80.3±14.8	84.9±14.41	85.2±14.4	84.9±9.9	90.11±9.6	89.4±9.1

TCP: Grupo treinamento concorrente potência muscular; TCF: Grupo treinamento concorrente força muscular.

### **Força máxima dinâmica (1RM)**

Foram realizados os testes de 1RM para membros inferiores nos exercícios de extensão de joelhos e “*leg press*”. O teste máximo compreendeu na obtenção da maior quantidade de peso que pode ser levantada em um ciclo completo de extensão e flexão de joelhos (1RM de extensor de joelhos) e flexão e extensão de quadril e joelhos (1RM *leg press*). Antecedendo os testes máximos, cada sujeito foi familiarizado, e a primeira carga teste foi estimada nas sessões de familiarização. Quando houve variação na carga  $\leq 5\%$  entre sessões de familiarização o sujeito foi considerado familiarizado com o teste (Phillips et al., 2004; Wallerstein et al., 2012). Além da familiarização foi realizado teste e reteste no pré e pós período controle, e teste pós treinamento. Os testes de 1-RM de extensão de joelhos e “*leg press*” foram executados em equipamentos de carga variável (Khone Gym, China), de modo bilateral. Todos os testes foram conduzidos pelo mesmo avaliador e utilizando os mesmos procedimentos antes e após as 8 e 16 semanas de treinamento. Precendendo os testes, os sujeitos realizaram um aquecimento geral de cinco minutos de duração a 5 km/h na bicicleta ergométrica. Após o aquecimento geral, os participantes realizaram um aquecimento específico consistindo de uma série de dez repetições com cargas em torno de 50% e 70% da carga estimada para 1-RM. Após o aquecimento específico foram dados 3 minutos de intervalo aos sujeitos antes de iniciar o teste máximo. Durante o teste no extensor de joelhos os sujeitos estenderam os joelhos completamente e a repetição apenas foi considerada válida

quando os sujeitos alcançaram o delimitador de amplitude posicionado a frente do equipamento e para o “*leg press*” quando estiverem em extensão máxima de joelhos e quadril. Quando o sujeito foi capaz de executar mais de uma repetição o valor da carga foi ajustada baseada nos coeficientes de correção de Lombardi (Lombardi, 1989), e quando não foi capaz de executar nenhuma repetição, a carga será reduzida em 5kg. Entre cada tentativa os sujeitos tiveram 5 minutos de intervalo. Caso mais do que 4 tentativas fossem necessárias para determinar o valor de 1-RM, o teste foi interrompido e realizado em outro dia.

### **Taxa de produção de torque**

A TPT foi calculada a partir das curvas de torque-tempo obtidas durante uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM) de extensão de joelho realizada em uma cadeira extensora para contrações isométricas (Cefise, São Paulo, Brasil) a qual foi calibrada de acordo com as especificações do fabricante antes de cada teste. Antecedendo o teste os sujeitos realizaram um aquecimento geral em esteira a uma velocidade selecionada de 5 à 6 km/h; após o aquecimento foram posicionados no equipamento com o membro inferior testado a 60° de extensão de joelhos (0°= joelho totalmente estendido) e ~ 90° de flexão de quadril, no qual realizaram duas CIMVs com duração de cinco segundos, separadas por intervalos de um minuto e meio entre cada CIMV. Apenas o membro inferior direito foi testado e todos os sujeitos foram instruídos a executar a contração “tão rápido e forte possível” (Sahaly et al., 2001). A aquisição da curva de torque foi obtida pela utilização de um conversor analógico digital da marca Miotool 400 com frequência de amostragem de 2000 Hz por canal (Miotec Equipamentos Biomédicos, Brasil) conectado a uma célula de carga no próprio equipamento. A TPT foi analisada utilizando o software Matlab, calculada pelo quociente  $\Delta\text{Torque}/\Delta\text{tempo}$ , e considerada o maior valor obtido para cada uma das variáveis de TPT entre as duas CIVMs realizadas. Foram determinadas as TPTs nos intervalos de 0-50, 0-100ms e 100-200ms.

### **Salto contra-movimento (CMJ)**

O salto contra-movimento (CMJ) foi realizado em um tapete de saltos (Cefise, Jump System Pro, São Paulo, Brasil), o qual foi utilizado de acordo com as instruções do fabricante. Aquecimento geral foi realizado em ciclo ergômetro durante 3 minutos em uma intensidade de 30-35 RPM. Antes do teste máximo, cada sujeito

realizou 3-4 tentativas submáximas como preparação para o gesto específico do teste. Para a realização do CMJ, os sujeitos foram instruídos a ficar em pé sobre a plataforma com os pés afastados na largura dos ombros e com as mãos na cintura durante toda a execução. Os sujeitos agacharam até uma angulação confortável de aproximadamente 90° (i.e., quadril paralelo ao solo), sendo que a fase excêntrica do movimento foi imediatamente seguida de uma ação concêntrica explosiva (i.e., salto vertical). Os participantes foram encorajados a executar todo o movimento o mais rápido e forte possível, atingindo a maior altura de salto possível, evitando deslocamento horizontal ou flexão dos joelhos e quadril durante o tempo de vôo. A cada tentativa, um avaliador experiente analisou a técnica e todos os requisitos para a validação do salto, conforme estudos prévios nesta população. Quando identificada uma variação máxima de 3% entre os valores de altura de salto durante as tentativas, três saltos válidos foram utilizados para posterior análise. O intervalo entre cada tentativa foi de 10 segundos e todos os participantes eram familiarizados com o protocolo de avaliação. A altura de salto foi determinada a partir de cálculo do tempo de vôo (Bosco & Rusko, 1983) informado no software *Jump System Pro 1.0*.

### **Espessura muscular**

A avaliação da espessura muscular (EM) foi realizada através de imagem obtida com o aparelho de ultrassonografia Nemio XG (Toshiba, Japão), sendo a imagem obtida em B-modo. Durante a avaliação da EM, os sujeitos permaneceram deitados com os membros inferiores estendidos e relaxados. Antes de qualquer medição todos os sujeitos permaneceram deitados por 5 minutos de modo a restabelecer o fluxo normal dos líquidos corporais (Lopez et al., 2018). Um transdutor linear (38 mm) com frequência de amostragem de 7,5 MHz (70 mm de profundidade e ganho de 90 dB) foi posicionado de forma perpendicular sobre o músculo avaliado. Para a aquisição da imagem foi utilizado um gel à base de água o qual promove um contato acústico sem a necessidade de causar pressão com o transdutor sobre a pele. A avaliação da EM foi efetuada no segmento direito e todas as medidas foram executadas pelo mesmo avaliador. O local no qual foi realizada a avaliação da EM dos extensores de joelhos foi o mesmo utilizado em estudos prévios: vasto lateral (VL) - ponto médio entre trocânter maior e epicôndilo lateral do fêmur (Kumagai et al., 2000); vasto medial (VM) - foi mensurado em 30% da distância entre epicôndilo lateral até grande trocânter do fêmur (Korhonen et al.,

2009); e o reto femoral (RF) - foram mensurados em dois terços da distância do grande trocânter do fêmur ao epicôndilo lateral e 3cm lateral a partir da linha média do membro (Chilibeck et al., 2004). Antes da coleta, um mapa com os locais de avaliação foi feito sobre uma folha de transparência, o que possibilitou a coleta de imagens no mesmo local no PÓS 8 e 16 semanas de treinamento (Narici et al., 1989). Após a aquisição, as imagens foram digitalizadas e exportadas para um computador e foram analisadas no programa Image-J (NationalInstituteof Health, EUA, versão 1.37). A EM do quadríceps femoral (EMQUA), foi utilizada para o cálculo da tensão específica, determinada pela soma das espessuras de cada um dos músculos ( $VL + RF + VM = EMQUA$ ).

### **Tensão específica**

A tensão específica é considerada parâmetro para avaliar a qualidade muscular, e foi calculada a partir do quociente do 1RML da perna direita e a soma das espessuras dos músculos do quadríceps femoral (EMQUA). Assim, a tensão específica (TE) foi calculada seguindo a fórmula  $TE (kg \cdot mm^{-1}) = 1RML (Kg) / EMQUA(mm)$ .

### **Consumo Máximo de Oxigênio (VO<sub>2</sub>pico)**

O consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>pico) foi determinado usando um sistema de ergoespirometria de circuito aberto por analisador de gases utilizando o modo de coleta a cada respiração (breath by breath) (COSMED, modelo Quark CPET). O analisador de gases foi ligado uma hora antes do primeiro teste para estabilização. Em seguida foi realizado a calibração manual dos gases. Os testes de carga progressiva foram realizados em um ciclo ergômetro da marca Ergo Fit, seguindo um protocolo em rampa. A carga inicial foi estabelecida em 25 watts com aumento de 25 watts a cada minuto. Uma faixa telemétrica foi posicionada para monitorar continuamente a Frequência Cardíaca (FC) dos participantes (monitor de frequência cardíaca COSMED integrado ao sistema). Os testes tiveram duração de 8-12 minutos de acordo com as recomendações do American College of Sports Medicine (ACSM) e foram encerrados sempre que os participantes atingiram um dos seguintes critérios: (a) Platô no consumo de oxigênio; (b) Frequência cardíaca  $\geq$  predita para idade; (c) Valor de taxa de troca respiratória  $> 1,15$ ; (d) percepção subjetiva de esforço  $> 18$  ou quando o participante voluntariamente interromper o

teste. A determinação do consumo máximo de oxigênio foi realizada por dois avaliadores cegados com relação à amostra e experientes.

### **Intervenção de treinamento**

Os participantes do estudo realizaram o treinamento de força e o treinamento aeróbico na mesma sessão, com frequência de duas vezes na semana, em dias não consecutivos. Ambos os grupos realizaram o treinamento de força anteriormente ao treinamento aeróbico para otimizar os ganhos neuromusculares (Cadore et al., 2013). Ambos, TCP e TCT, realizaram o mesmo protocolo de exercícios e de treinamento aeróbico (i.e., HIIT). Sendo assim, as diferenças na intervenção do treinamento diferiram apenas nos exercícios para os músculos do quadríceps (extensores de joelhos e *leg press*) o qual foi o foco do estudo. Esses exercícios foram escolhidos devido à sua relação com o desempenho funcional. As sessões de treinamento de força foram composta por sete exercícios, sendo os principais exercícios para o quadríceps femoral (extensão de joelho e *leg press*), e os demais como complementos da sessão (flexão de joelhos, supino vertical, puxada frontal, flexão e extensão de cotovelo). Os exercícios complementares da sessão de treinamento tinham como objetivo aumentar a aderência dos sujeitos e promover uma melhora em todos os grupos musculares treinados, embora não tenham sido foco do presente estudo. Os sujeitos do grupo TCF foram instruídos a realizar os exercícios com a mesma velocidade na fase concêntrica e excêntrica ( $\approx 2$  segundos); e o grupo TCP foi orientado a realizar a fase concêntrica de cada repetição com a maior velocidade possível e a fase excêntrica com velocidade lenta. Foi respeitado o intervalo de recuperação de três minutos em ambos os grupos entre cada série e exercício. Todas as sessões de treinamento iniciaram com cinco minutos de aquecimento em bicicleta ergométrica com baixa intensidade.

A periodização do treinamento está apresentada na tabela 2. A prescrição da intensidade foi realizada linearmente durante as 16 semanas de treinamento, incrementada a cada quatro semanas. O grupo TCF iniciou com intensidade de 65% 1RM com volume de duas séries de 12-15 repetições nas 4 semanas iniciais, progredindo até a 16ª semana, finalizando com 80% de 1RM e volume de quatro séries de 6-8 repetições de extensão de joelhos e *leg press*. Já o grupo TCP iniciou o treinamento com 40% 1RM e volume de 3 séries e 8 repetições, progredindo até

60% de 1RM com 4 séries e seis repetições para os exercícios de extensão de joelhos e *leg press*.

O treinamento aeróbico foi executado em ciclo ergômetro, iniciando com 5 minutos de aquecimento a 60-65% da FC máx antes do treinamento na zona alvo. O treinamento iniciou de 3 repetições de 4 minutos na intensidade de 75-80% do VO<sub>2</sub> pico, aumentando progressivamente a cada 4 semanas até 4 repetições de 4 minutos a 85-90% do VO<sub>2</sub> pico. O intervalo entre as repetições foi de 2 minutos em uma velocidade confortável auto-selecionada, finalizando com 5 minutos de volta à calma em uma velocidade confortável selecionada pelo sujeito. As sessões de treinamento foram cuidadosamente supervisionadas por pelo menos três profissionais experientes.

**Tabela 2. Periodização do treinamento.**

Semana	Grupo TCF			Grupo TCP			Aeróbico	
	Séries	Repetições	Intensidade (% 1RM)	Séries	Repetições	Intensidade (% 1RM)	Tempo (min)	Intensidade (% Vo <sub>2</sub> pico)
1-4	2	12-15	65	3	8	40	3x 4/2	75-80
5-8	3	10-12	70	3	8	50	3x 4/2	80-85
9-12	3	8-10	75	4	6	55	4x 4/2	80-85
13-16	4	6-8	80	4	6	60	4x 4/2	85-90

TCF: grupo treinamento concorrente força, TCP: grupo treinamento concorrente potência.

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

O software de análise SPSS foi usado para analisar os dados. Os resultados estão expostos como média  $\pm$  desvio padrão (DP). Para testar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk, bem como e a homogeneidade de variância entre os grupos foi analisada através do teste de Levene. O teste t para amostras dependentes foi utilizado para a comparação estatística dos dados do período controle (semanas -4 vs. 0). Os efeitos do treinamento foram analisados pelo teste de análise de variância (ANOVA) de duas vias (grupo x tempo) com medidas repetidas para o fator tempo. Quando efeito tempo significativo foi observado, as comparações entre pares foram realizadas através do teste de *post-hoc* de LSD. O nível de significância adotado foi de  $\alpha = 0,05$ . O tamanho do efeito

(TE) foi calculado segundo Cohen's *d* ES, utilizando a fórmula  $TE = (M_{pos} - M_{pre})/SD_{pre}$ , onde  $M_{pos}$  é a média pós treinamento,  $M_{pre}$  representa a media pré treinamento e  $SD_{pre}$  o desvião padrão pré. A classificação utilizada foi  $TE > 0.20$  (pequeno),  $TE > 0.50$  (moderado),  $TE > 0.8$  (grande), e  $TE > 1.2$  (muito grande) (Nakagawa et al. 2007).

## RESULTADOS

### Participantes

Finalizaram o presente estudo 35 sujeitos, dezessete no grupo TCP ( $n = 17$ ;  $64,3 \pm 3,3$  anos,  $80,3 \pm 14,8$  kg,  $176 \pm 7,2$  cm) e 18 no grupo TCF ( $n = 18$ ;  $65,7 \pm 4,2$  anos,  $84,9 \pm 9,9$  Kg,  $174,2 \pm 22$  cm). Cinco indivíduos abandonaram o estudo, dois no grupo TCF alegando questões pessoais e três sujeitos do TCP devido a questões de saúde não relacionadas ao estudo.

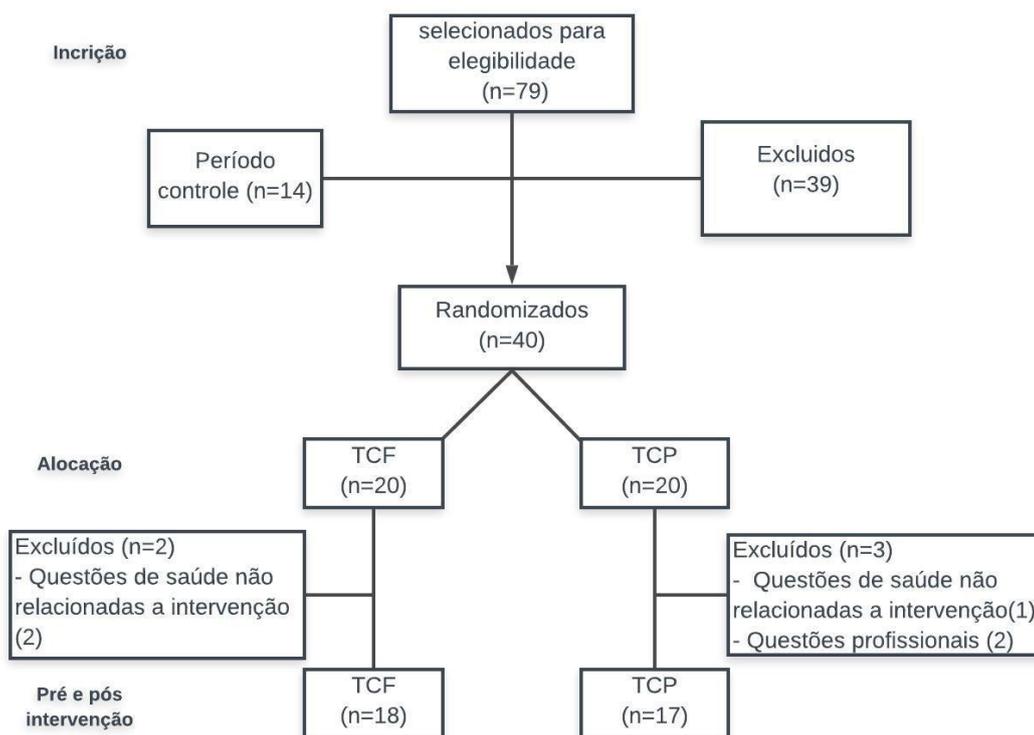


Figura 1. Fluxograma para inscrição, recrutamento, alocação e intervenção.

### Período controle

Os dados do período controle estão apresentados na Tabela 3. Não houve diferenças significativas entre os momentos pré e pós período controle em nenhuma

das variáveis analisadas (1RM-EJ, potência absoluta e relativa, espessura muscular, TPF,  $VO_{2\text{pico}}$ ).

**Tabela 3. Período controle.**

Variável	Pré	Pós	P
<b>1RM- EJ (Kg)</b>	87.5±12.9	83.7±13.8	0.18
<b>Potência absoluta (W)</b>	2937.15±555.5	3051.7±507.2	0.08
<b>Potência relativa (W/Kg)</b>	34.6±3	35.8±3	0.06
<b>Espessura muscular (mm)</b>			
<b>RF</b>	23.6±7.4	22.6±6.8	0.95
<b>VL</b>	19.9±3	21.8±3.9	0.34
<b>VM</b>	33.2±4.7	32.6±5.2	0.05
<b><math>VO_{2\text{pico}}</math></b>	25.4±4.8	25.1±4.9	0.55
<b>TPF (N/m)</b>			
<b>0-50</b>	749.1±274.4	768.5±343.3	0.77
<b>0-100</b>	793.7±298.4	788.5±355.7	0.93
<b>100-200</b>	2088±834	1959.4±735.9	0.38

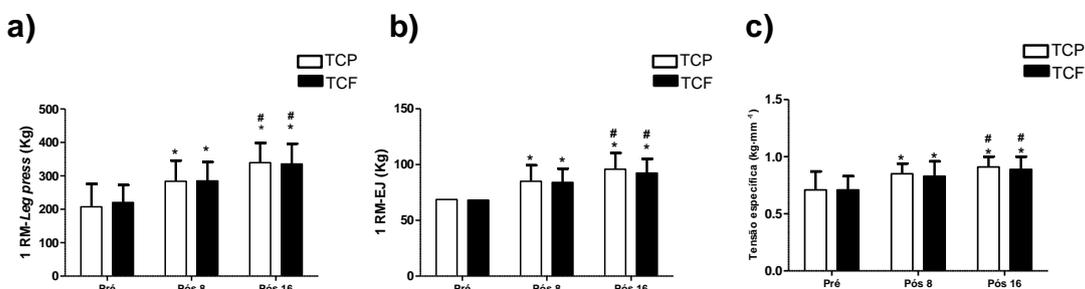
1RM-EJ: Uma repetição máxima; RF: Espessura reto femoral; VL: Espessura vasto lateral; VM: Espessura vasto medial;  $VO_{2\text{pico}}$ : Consumo de oxigênio pico; TPF: Taxa de produção de força.

### Força máxima dinâmica

Após o período de treinamento, foi observado efeito tempo significativo para 1RM-EJ ( $p < 0,001$ ), não foi observado efeito grupo ( $p = 0,713$ ) e interação tempo vs. grupo ( $p = 0,595$ ) significativos para tal variável. Comparando com os valores pré treinamento, ambos os grupos mostraram valores pós 8 (TCP:  $25,3 \pm 15,2\%$ ; TCF:  $26,5 \pm 19,8\%$ ) e pós 16 semanas (TCP:  $41,52 \pm 18\%$ ; TCF:  $39,4 \pm 21,6\%$ ) superiores aos valores pré ( $p < 0,001$ ), ao passo que os valores pós 16 semanas foram superiores ao pós 8 ( $p < 0,001$ ). Em relação ao 1RM-Leg press, foi observado efeito tempo significativo ( $p < 0,001$ ); no entanto, não foram observados efeito grupo ( $p = 0,857$ ) e interação tempo vs. grupo ( $p = 0,267$ ) significativos para tal variável. Comparando com os valores pré treinamento, ambos os grupos mostraram valores pós 8 (TCP:  $46,03 \pm 37,08$ ; TCF:  $31,4 \pm 14,8\%$ ) e pós 16 semanas (TCP:  $75,8 \pm 44,2\%$ ; TCF:  $52,1 \pm 23\%$ ) superiores aos valores pré ( $p < 0,001$ ), ao passo que os

valores pós 16 semanas foram superiores ao pós 8 ( $p < 0,001$ ). A figura (1) apresenta o comportamento da força máxima dinâmica em resposta as intervenções.

**Figura 1.**



**a)** Uma repetição máxima *leg press*; **b)** Uma repetição máxima extensores de joelhos; **c)** tensão específica. TCP: Treinamento concorrente + treinamento de potência muscular; TCF: Treinamento concorrente + treinamento de força tradicional.

\*Significativamente maior que o pré ( $p < 0,001$ );

# significativamente maior que pós 8 ( $p < 0,001$ ).

### Taxa de produção de força

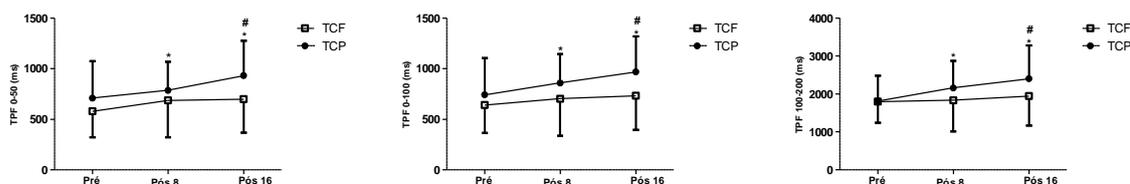
Foi observado efeito tempo significativo ( $p < 0,05$ ) na TPF (0-50ms), ao passo que não foi observado efeito grupo ( $p = 0,10$ ) e interação tempo vs.grupo ( $p = 0,36$ ) para tal variável. Comparando com os valores pré treinamento, ambos os grupos mostraram valores superiores após as 16 semanas (TCP:  $64.8 \pm 93.1\%$ ; TCF:  $35.6 \pm 52.4\%$ ), ao passo que não foi observado diferença dos valores pós 8 (TCP:  $28 \pm 67.2\%$ ; TCF:  $27.4 \pm 48\%$ ), comparado com pré, e pós 16 comparado com pós 8.

Foi observado efeito tempo significativo ( $p < 0,05$ ) na TPF (0-100ms); no entanto, não foi observado efeito grupo ( $p = 0,09$ ) e interação tempo vs.grupo ( $p = 0,51$ ) para tal variável. Comparando com os valores pré treinamento, ambos os grupos mostraram valores superiores após as 16 semanas ( $p < 0,05$ ) (TCP:  $59.8 \pm 91.2\%$ , TCF:  $30.7 \pm 56.5\%$ ), ao passo que não foi observado diferença nos valores pós 8 semanas (TCP:  $30.7 \pm 60.1\%$ ; TCF:  $22.1 \pm 51.7\%$ ), semanas, comparado com o pré, e pós 16 comparado com o pós 8.

Foi observado efeito tempo significativo ( $p < 0,05$ ) na TPF (100-200ms), ao passo que não foi observado efeito grupo ( $p = 0,21$ ) e interação tempo vs.grupo ( $p = 0,18$ ) para tal variável. Comparando com os valores pré treinamento, ambos os grupos mostraram

valores superiores após as 16 (TCP:  $46.8 \pm 65.8\%$ ; TCF:  $17.6 \pm 44.9\%$ ) semanas ( $p < 0,05$ ), ao passo que não foi observado diferença nos valores pós 8 (TCP:  $22.5 \pm 42.7\%$ ; TCF:  $12.3 \pm 46.2\%$ ) comparado com o pré e pós 16 comparado com o pós 8. O comportamento da TPF está apresentado na figura 2.

**Figura2.**



TPT: Taxa de produção de força; TCP: Treinamento concorrente + treinamento de potência muscular; TCF: Treinamento concorrente + treinamento de força tradicional.

\*Significativamente maior que o pré;

# Significativamente maior que pós 8.

### Potência muscular (CMJ)

Foi observado efeito tempo significativo para a potência absoluta ( $p < 0,05$ ), ao passo que não foi observado efeito grupo ( $p = 0,293$ ) e interação tempo vs. grupo ( $p = 0,62$ ) significativos para tal variável. Ambos os grupos mostraram aumento significativo após 16 semanas (TCP:  $4,4 \pm 8,9\%$ ; TCF:  $1,8 \pm 6\%$ ) ( $p < 0,05$ ) de treinamento comparado aos valores pré treinamento, ao passo que os valores pós 8 (TCP:  $2,8 \pm 8,8\%$ ; TCF:  $0,8 \pm 6,6\%$ ) não modificaram em relação ao pré, assim como, os valores pós 16 semanas não foram superiores ao pós 8.

Em relação à potência relativa, houve efeito tempo significativo ( $p < 0,01$ ), ao passo que não houve efeito grupo ( $p = 0,815$ ) e interação tempo vs. grupo ( $p = 0,26$ ) significativos. Verificou-se incremento significativo em ambos os grupos na potência relativa após 16 semanas de treinamento (TCP:  $5,2 \pm 7,2\%$ ; TCF:  $1,9 \pm 4,8\%$ ) ( $p < 0,01$ ), e uma forte tendência de aumento significativo do pré para pós 8 (TCP:  $3,16 \pm 7,2\%$ ; TCF:  $0,9 \pm 5,3\%$ ) semanas foi observada ( $p = 0,06$ ), ao passo que os valores pós 16 semanas foram superiores comparado ao pós 8 ( $p < 0,05$ ) para tal variável. Os valores de potência absoluta e relativa estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Potência absoluta e relativa, consume máximo de oxigênio e espessura muscular pré e pós treinamento (media ± dp).

Variáveis	Grupo	Pre	Pos 8	Pos 16	Tempo	Grupo	Tempo vs. grupo
Potência absoluta(W)	CTP	3127.8±625.2	3185.1 ± 632.4	3208.9 ± 564.9*#	0.035	0.293	0.293
	CTS	3314.8± 479.5	3376.4± 490.3	3.394.3 ± 457.7*#			
Potência relativa (W/Kg)	CTP	36.7 ± 2.8	37.6 ± 2.6	38.1 ± 2.1*#	0.001	0.815	0.260
	CTS	37.3 ± 2.8	37.9 ± 2.9	38.1± 2.8*#			
VO <sub>2</sub> pico (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	CTP	24.5 ± 6.1	26.2 ± 4.3*	27.8± 5.2*#	< 0.05	0.785	0.552
	CTS	24.8 ± 3.8	25.7 ± 4.4*	26.8 ± 4.5*#			
RF EM (mm)	CTP	25.2±4.2	24.1±3.6	25.9±4*	0.033	0.814	0.101
	CTS	23.4±7	24.9±6.6	25.6±6.2*			
VL EM (mm)	CTP	20±4.5	21.7±4.3*	22.8±3.4*#	< 0.05	0.234	0.914
	CTS	21.2±2.7	23.2±2.6*	23.9±2.8*#			
VM EM (mm)	CTP	33.3±4.8	34.1±6.7*	36.1±8*	0.001	0.587	0.452
	CTS	31.9±5.5	34.2±4.5*	34.4±4.5*			

TCP: Treinamento concorrente + treinamento de potência muscular; TCF: Treinamento concorrente + treinamento de força tradicional. VO<sub>2</sub>pico: consumo de oxigênio de pico; %GC: porcentagem de gordura corporal; %MCM: porcentagem de massa muscular magra; GC: Gordura corporal absoluta; MCM: Massa corporal magra absoluta; MCT: Massa corporal total. Espessura muscular RF: reto femoral; VI: Vasto intermédio; VL: vasto lateral; VM: vasto medial.

\*Significativamente maior que o pré;

# Significativamente maior que pós 8.

### Espessura muscular

Foi observado efeito tempo ( $p < 0,05$ ) significativo para a espessura muscular do músculo RF, sendo que não foi observado efeito grupo ( $p = 0,81$ ) e interação tempo vs. Grupo ( $p = 0,10$ ) significativos para tal variável. Comparando com o pré treinamento, os valores de ambos os grupos foram superiores após as 16 (TCP:  $4,9 \pm 1,9\%$ ; TCF:  $13,1 \pm 2\%$ ) semanas ( $p < 0,05$ ), ao passo que os valores pós 8 não modificaram comparado ao pré, e os valores pós 16 semanas foram superiores comparados ao pós 8 ( $p < 0,05$ ).

Foi observado efeito tempo ( $p < 0,001$ ) significativo para a espessura do músculo VL, ao passo que não houve efeito grupo ( $p = 0,23$ ) e interação tempo vs. Grupo ( $p = 0,91$ ) significativos. Comparando com o pré treinamento, os valores de ambos os grupos foram superiores após 8 (TCP:  $10,6 \pm 17,9\%$ ; TCF:  $10,5 \pm 16,9\%$ ) e 16 (TCP:  $18,4 \pm 2,5\%$ ; TCF:  $13,5 \pm 1,25\%$ ) semanas ( $p < 0,05$ ), ao passo que os valores do pós 16 foram superiores ao pós 8 ( $p < 0,01$ ).

Foi observado efeito tempo ( $p < 0,01$ ) significativo para a espessura do músculo VM, sendo que não foi observado efeito grupo ( $p = 0,587$ ) e interação tempo vs. grupo ( $p = 0,452$ ) significativos para tal variável. Comparando com o pré treinamento, os valores de ambos os grupos foram superiores após 8 (TCP:  $3 \pm 12,3\%$ ; TCF:  $8,7 \pm 13\%$ ) e 16 (TCP:  $8,9 \pm 1,6\%$ ; TCF:  $9,4 \pm 1,3\%$ ) semanas ( $p < 0,05$ ), ao passo que não foi observado diferença nos valores pós 16 comparado com o pós 8 semanas. Os dados de espessura muscular estão apresentados na tabela 5

### **Tensão específica**

Foi observado efeito tempo significativo na tensão específica ( $p < 0,001$ ), não sendo observados efeito grupo ( $p = 0,687$ ) ou interação tempo vs. grupo ( $p = 0,743$ ) significativos para essa variável. Comparando com os valores pré treinamento, houve aumento significativo nessa variável ao longo do tempo, os valores pós 8 (TCP:  $23,5 \pm 1,9\%$ ; TCF:  $17,4 \pm 1,7\%$ ) e pós 16 (TCP:  $32,1 \pm 2,5\%$ ; TCF:  $26,7 \pm 1,8\%$ ) semanas foram superiores ( $p < 0,001$ ), ao passo que os valores pós 16 semanas foram superiores ao pós 8 ( $p < 0,001$ ). Os valores da tensão específica estão apresentados na figura 1(d).

### **Consumo de oxigênio de pico (Vo2 pico)**

Foi observado efeito tempo significativo no  $VO_{2pico}$  ( $p < 0,05$ ), porém não foi observado efeito grupo ( $p = 0,785$ ) ou interação tempo vs. grupo ( $p = 0,552$ ) significativos para esta variável. Comparando com os valores pré treinamento, os valores pós 8 (TCP:  $11,1 \pm 22,3\%$ , TCF:  $3,9 \pm 7,8\%$ ) e pós 16 semanas (TCP:  $19 \pm 37,8\%$ , TCF:  $8,6 \pm 10\%$ ) de ambos os grupos foram superiores ( $p < 0,05$ ), ao passo que os valores pós 16 semanas foram superiores ao pós 8 ( $p < 0,05$ ). Os valores de  $VO_{2pico}$  estão apresentados na Tabela 5. Os tamanhos de efeito para cada grupo nas variáveis investigadas estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Tamanho de efeito.

	<b>TE TCP</b>	<b>TE TCF</b>
<b>1RM-EJ</b>	1,14	1,12
<b>1RM<i>legpress</i></b>	1,92	2,19
<b>VO<sub>2pico</sub></b>	0,54	0,53
<b>Potencia absoluta</b>	0,18	0,11
<b>Potencia relativa</b>	0,49	0,22
<b>Espessura RF</b>	0,18	0,31
<b>Espessura VL</b>	0,67	0,99
<b>Espessura VM</b>	0,61	0,44
<b>Tensão específica</b>	1,38	1,28
<b>TPF 0-50</b>	0,61	0,46
<b>TPF 0-100</b>	0,59	0,33
<b>TPF 100-200</b>	0,87	0,26

1RM-EJ: Uma repetição máxima extensores de joelhos, 1RM *Legpress*: Uma repetição máxima *leg press*; RF: reto femoral, VL: vasto lateral, VM: vasto medial; TPF: taxa de produção de força.

## DISCUSSÃO

Os principais resultados do presente estudo demonstram que ambos os grupos (TCT e TCP) melhoraram de forma similar as variáveis neuromusculares e o VO<sub>2pico</sub> após 8 e após 16 semanas de treinamento concorrente. Esses achados são importantes porque demonstram que mesmo utilizando intensidade de TF baixas a moderadas (i.e., 40-60% de 1RM), o TC combinando o HIIT com TP promove incrementos similares ao TC composto pelo HIIT combinado ao TFT executado em intensidades mais altas.

### Força máxima dinâmica

Após o período de intervenção, foi observado melhora após 8 semanas (1RM-EJ  $\approx$  25% e 1RM *Leg press*: 31- 46%) sendo ainda maiores após 16 semanas (1RM-EJ: 39-42% e 1RM *Leg press*: 52-76%) de treinamento. Esses resultados vão ao encontro dos incrementos na força máxima observados na literatura em indivíduos idosos submetidos à TP e TFT (1RM: 20-40%) (Ramirez-Campillo et al., 2014; Reid et al., 2014; Bottaro et al.,2007) que observaram adaptações similares na força máxima dos idosos avaliada pelos extensores de joelhos, mesmo utilizando menores

intensidades durante o TP. Os incrementos semelhantes na força máxima, mesmo utilizando-se menores intensidades durante o TP, podem ser explicados já que a utilização de velocidade máxima de execução na fase concêntrica necessita o recrutamento de unidades motoras de maior limiar de excitação (i.e., unidades motoras rápidas), as quais são responsáveis por maior produção de força e potência. Sendo assim, é possível inferir que essas unidades motoras foram treinadas utilizando maiores cargas em velocidades lentas durante o TFT, bem como menores cargas na máxima velocidade possível, resultados em incrementos de força similares (Duchateau et al., 2006).

Embora não possa ser feita uma comparação com os mesmos protocolos de TF isolados no presente estudo, os percentuais de incremento na força muscular sugerem que os protocolos de treinamento concorrente (TP+ HIIT e TFT+ HIIT) foram efetivos em incrementar a força máxima, se considerarmos a magnitude de incremento observado em estudos que utilizaram o TF isolado (Häkkinen et al., 2001; Izquierdo et al., 2004; Cadore et al., 2010; Raymond et al., 2013). Embora não se possa descartar a ocorrência do efeito de interferência no presente estudo, os incrementos de força observados foram marcados e, além disso, associados a um incremento de  $VO_{2\text{pico}}$  ocorrido provavelmente em função da execução do HIIT. Embora a intensidade do treinamento aeróbico seja um fator determinante para a ocorrência do efeito de interferência (Cadore e Izquierdo et al., 2013), a ordem de treinamento utilizado no presente estudo (i.e., força – aeróbio) e o volume semanal adequado (i.e., 2 sessões) pode ter garantido a magnitude de incremento de força observada (Cadore e Izquierdo 2013).

### **Potencia muscular e TPF**

Potência muscular e a TPF são fortes indicadores de capacidade funcional em indivíduos idosos (Reid et al., 2012; Bean et al., 2002; Rechetet al., 2014; Casas-Herrero et al., 2013), sendo indispensável a sua manutenção no avanço da idade para a preservação da independência. Têm sido demonstrado que ambos os métodos de treinamento (TFT e TP) são eficientes para o aumento da potência e da TPF, embora a literatura apresenta uma vantagem para o TP (Straight et al., 2015; Ramirez-Campilo et al. 2014). A ausência de diferença estatisticamente significativa entre os grupos pode ser explicada pelo teste utilizado, já que a potência foi avaliada pelo CMJ e não nos exercícios treinados. Ainda, a potência muscular é resultado do

aumento da força e da velocidade, embora o TCP utilizasse maior velocidade, o TCT pode ter aumentado a potência devido ao aumento da força máxima (Ensrud et al., 1994; Cormie et al., 2009). É importante salientar que ambas as intervenções geraram adaptações neuromusculares transferíveis para o desempenho no CMJ, que é uma forma de recrutamento neuromuscular com alta complexidade e muito relacionado com a capacidade funcional (Izquierdo et al., 1999).

Com relação à TPF, ambos os grupos aumentaram de forma importante a TPF nos períodos 0-50 (8 semanas  $\approx$ 29% e 16 semanas: 36-65%), 0-100 (8 semanas: 22-31% e 16 semanas:31-60%) e 100-200ms (8 semanas: 12-23% e 16 semanas: 18-47%) após o treinamento, corroborando com estudos prévios utilizando o TF (Wallerstein et al., 2012; Pinto et al. 2014; Da Silva et al. 2018). Embora não houve diferença significativa entre os grupos, a magnitude percentual e o tamanho do efeito indicam aumentos superiores nas variáveis de TPF no grupo TCP comparando com o TFT (TCP: 46-64%; TCF: 17-35%). Esses resultados sugerem um possível maior efeito clínico do TP na TPF, embora há de se considerar que a ausência de interação tempo vs. Grupo sugere que essas diferenças podem ter sido ao acaso. Estudos prévios demonstram que a TPF de extensão de joelhos nos períodos iniciais (0-100ms) está relacionada com fatores neurais (Andersen and Aagaard et al.,2006; Radaelli et al., 2018) enquanto a tardia (0-200) é dependente das propriedades de contração muscular e da contração voluntária máxima (Andersen et al.,2014; Radaelli et al., 2018). Sendo assim, ambos os grupos melhoraram tanto a fase curta quanto longa de produção de força, e nossos resultados sugerem que parece haver uma vantagem em trabalhar com velocidade na fase concêntrica, embora isso precise ser mais investigado em idosos.

Em estudo clássico de Häkkinen et al., (2003), foi demonstrado que o TC pode resultar em efeito de interferência nas variáveis relacionadas à força explosiva, mesmo quando não há comprometimento no desenvolvimento da força máxima. Esses autores demonstraram que a TPF em 50ms aumentou somente no grupo força, ao passo que permaneceu inalterada no grupo de treinamento concorrente nesse estudo. Embora não tenhamos utilizado um grupo que treinou força isoladamente, os nossos resultados sugerem que os protocolos de TF utilizados no presente estudo, especialmente o TCP, combinados ao treinamento aeróbico de alta intensidade (i.e., HIIT), foram efetivos na melhora da potência e força explosiva,

corroborando com estudos prévios, que utilizaram o TC em idosos (Cadore et al. 2013; Wilhelm et al., 2014; Ferrari et al., 2016).

### **Espessura muscular e tensão específica**

Embora a perda de força durante o envelhecimento esteja bastante associada a fatores neurais, a diminuição da massa muscular também explica o declínio da função muscular (Miljkovic et al., 2015) e está relacionada com incapacidade funcional. Têm sido demonstrado que ambos os métodos de treinamento (TFT e TP) induzem aumento na massa muscular em indivíduos idosos (Wallerstein et al., 2012; Nogueira et al., 2009; Cadore et al., 2014; Radaelli et al., 2018). Contudo, a meta-análise de Tschopp et al (2011) sugere que o TFT provoca adaptações superiores na massa muscular comparado ao TP. Nossos resultados estão de acordo com estudos prévios que demonstraram incrementos similares, já que ambos os grupos mostraram aumento na espessura dos músculos RF, VL e VM tanto no TCT quanto no TCP. Assim como na força máxima, é possível que a magnitude similar de incremento, mesmo utilizando-se sobrecarga bastante inferior em TCP, possa ser explicada pela característica de recrutamento neuromuscular durante ações explosivas, onde unidades motoras (tipo II) sejam recrutadas mesmo em intensidades baixas a moderadas. Embora a maior sobrecarga em TCT possa resultar em maior volume total (séries x repetições x carga), a maior aceleração nas ações musculares em TCP pode gerar uma força aplicada comparável, o que explicaria adaptações semelhantes na espessura muscular. Os nossos resultados demonstram que não são necessárias altas intensidades e alto volume de treino para que haja hipertrofia, já que a utilização da baixa intensidade e da alta velocidade de treinamento parece ser capaz de induzir hipertrofia muscular de forma similar em indivíduos idosos. De fato, têm sido demonstrado que a utilização de intensidades baixas a moderadas com alta velocidade de execução induz incrementos importantes na massa muscular (Cadore et al. 2014; Radaelli et al. 2018). Em relação ao TC, nossos resultados vão ao encontro de Wilhelm et al. (2014), que observaram aumento significativo na espessura muscular do quadríceps femoral após 12 semanas de TC composto pelo TF executado em alta velocidade, embora naquele estudo, as cargas utilizadas foram superiores do que o presente estudo (i.e., variando de 18-8 RM em toda a intervenção). Contudo, embora tenha havido algumas diferenças entre os tamanhos de efeito observados entre os grupos

(i.e., maiores em TCF nos músculos RF e VL, ao passo que maior no VM em TCP), é possível sugerir que ambos modelos de treinamento combinado foram efetivos em induzir adaptações morfológicas marcadas, mostrando que a progressão de intensidade com objetivo de induzir essas adaptações pode ocorrer tanto pelo aumento na velocidade de execução, quanto pelo aumento na carga. Por outro lado, foi previamente demonstrado que o exercício em ciclo ergômetro também se constitui em um estímulo para o aumento de massa muscular, embora não na mesma magnitude que o estímulo proporcionado pelo TF (Izquierdo et al. 2004). Nesse sentido, Izquierdo et al. (2004) mostraram que o TC executado com 1 sessão de TF + 1 sessão de TA em ciclo ergômetro promoveu os mesmos incrementos na força máxima e massa muscular que 2 sessões de TF após 16 semanas de treinamento, o que não ocorreu no grupo que treinou 2 sessões semanais de TA. Sendo assim, a influência do HIIT utilizado em combinação com os protocolos de TF nas adaptações morfológicas não pode ser descartada e precisa ser mais investigada.

Incrementos na força por unidade de massa/espessura muscular (i.e., tensão específica), sugerem adaptações neurais e de composição muscular, ou seja, diminuição de gordura intramuscular. Devido a isso, esses incrementos sugerem que houve uma melhora na qualidade muscular e podemos inferir que a melhora da capacidade neuromuscular, como a força máxima e potência muscular resultam na melhora da qualidade muscular (Pinto et al., 2014; Cadore et al., 2012; Wilhelm et al., 2014). Os resultados do presente estudo sugerem que ambos os grupos incrementaram de forma significativa e similar a tensão específica após o período de treinamento, assim como os resultados apresentados até então. Assim como nas outras variáveis observadas, ambas as formas de prescrição de treinamento, utilizando-se menores cargas com velocidade de execução máxima, ou maiores sobrecargas, foram efetivas em promover incrementos na tensão específica. Esses resultados são importantes, já que tem sido demonstrado que incrementos na tensão específica são relacionados à melhoras no desempenho em testes funcionais em idosos (Pinto et al. 2014). Embora com maior tamanho de efeito em TCF, ambos os grupos mostraram TE muito grande, mostrando a efetividade desses dois modelos de treinamento nessa variável.

O exercício intervalado de alta intensidade (HIIT) tem se mostrado uma intervenção eficaz para a população idosa, promovendo um aumento da capacidade cardiorrespiratória e redução dos fatores de risco cardiovascular (Pattyn et al., 2014). De fato, no presente estudo foi encontrado aumentos significativos no  $VO_{2\text{pico}}$  após o período de treinamento, independentemente do componente de força associado (TP ou TFT). O comportamento da variável ao longo do tempo mostra melhora já nas 8 semanas (4-11%) com uma maior magnitude nas 16 semanas de treinamento (9-19%). Esses resultados corroboram com Cadore et al., (2012a); Wilhelm et al., (2014); Ferrari et al., (2013) que observaram melhoras semelhantes no  $VO_{2\text{pico}}$  (8%; 9%; 11% respectivamente) após TC executando a ordem TF+TA. Além disso, no presente estudo utilizamos de 12 a 16 minutos na intensidade alvo durante o HIIT, e sendo assim, esses resultados sugerem que o HIIT apresenta adaptações semelhantes no  $VO_{2\text{pico}}$  quando comparado ao TC realizado com aeróbico contínuo (20-40 minutos). Dessa forma, nossos resultados reforçam a idéia que o HIIT tem demonstrado ser uma estratégia tempo-eficiente, para induzir adaptações cardiovasculares associadas ao treinamento aeróbico contínuo em populações idosas (Osuka et al., 2017; Chueh-LungHwang et al., 2016; Knowles et al., 2014).

O presente estudo apresenta algumas limitações. Pode ser sugerido que a ausência de grupos experimentais que executassem os mesmos modelos de TF de forma isolada (i.e., sem a combinação com o HIIT), pode limitar o entendimento da magnitude das adaptações observadas com ambos os modelos de treinamento. Além disso, a ausência de grupos experimentais combinando os modelos de TF utilizados com o TA contínuo não nos permite afirmar que o programa de HIIT utilizado teria sido superior ao TA contínuo, se esse último tivesse sido utilizado. Por outro lado, o presente estudo demonstra a efetividade de dois diferentes modelos de TC em melhorar a função neuromuscular, bem como a espessura muscular e a capacidade aeróbica máxima. Além das magnitudes de aumento terem sido marcadas nas variáveis investigadas, a exequibilidade das intervenções nos idosos investigados sugere que essas intervenções são factíveis e eficientes em homens idosos saudáveis.

## **CONCLUSÃO**

O presente estudo parece ser o primeiro a descrever os efeitos do TC composto por dois métodos de treinamento de força (TFT e TP) combinado ao HIIT

nas adaptações neuromusculares e  $VO_{2\text{pico}}$  de homens idosos. Considerando que ambos os grupos foram igualmente eficazes no aumento da força máxima, força explosiva, potência muscular, tensão específica, espessura muscular e  $VO_{2\text{pico}}$ , esses resultados sugerem que protocolos de treino com alta velocidade de execução e baixo volume e intensidade, são suficientes e eficientes na promoção de adaptações neuromusculares, assim como a sua combinação com o HIIT é eficaz na melhora da capacidade cardiorrespiratória ( $VO_{2\text{pico}}$ ).

## REFERÊNCIAS

Artero, E.G., Lee, D. Lavie, C.J., España-Romero, V., Sui, X., Church, T.S., Blair, S.N. 2012. Effects of muscular strength on cardiovascular risk factors and prognosis. *J. Cardiopulm. Rehabil. Prev.* 32, 351-358.

Bean, J. F. et al., 2002. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc*, v. 50, n. 3, p. 461-7.

Beck, T. W, 2013. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. *J Strength Cond Res*, v. 27, n. 8, p. 2323-37. ISSN 1533-4287.

Bean, J. F. et al, 2002. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc*, v. 50, n. 3, p. 461-7.

Bottaro, M.; Machado, S. N.; Nogueira, W.; Scales, R.; Veloso, J, 2007. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol.* 99:257-264.

Cadore, E.L, Menger, E, Teodoro, J.L, Da Silva, L.N.X, Boeno, F.P, Umpierre, D, Botton, C.E, Ferrari, R, Cunha, G.S, Izquierdo, M, Pinto, R.S, 2018. Functional and physiological adaptations following concurrent training using sets with and without concentric failure in elderly men: A randomized clinical trials. *Experimental Gerontology.* Ver. 110 ,182–190

Cadore, E.L., Izquierdo, M., 2013. How to simultaneously optimize muscle strength, power, functional capacity, and cardiovascular gains in elderly: an update. *Age (Dordr.)* 35, 2329–2344.

Cadore, E.L., Izquierdo, M., 2013. How to simultaneously optimize muscle strength, power, functional capacity, and cardiovascular gains in elderly: an update. *Age (Dordr.)* 35, 2329–2344.

Cadore, E.L., Izquierdo, M., Pinto, S.S., Alberton, C.L., Pinto, R.S., Baroni, B.M., Vaz, M.A., Lanferdini, F.J., Radaelli, R., González-Izal, M., Bottaro, M., Kruel, L.F., 2013. Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age (Dordr.)* 35, 891–903.

Cadore, E.L., Pinto, R.S., Lhullier, F.L.R., Correa, C.S., Alberton, C.L., Pinto, S.S., Almeida, A.P.V., Tartaruga, M.P., Silva, E.M., Kruel, L.F.M., 2010. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *Int. J. Sports Med.* 31, 689–697.

Cadore, El.; Pinto, Rs.; Alberton, Cl.; Pinto, Ss.; Lhullier, Flr.; Tartaruga, Mp.; Correa, Cs.; Almeida, Apv.; Silva, Em.; Laitano, O.; Kruel, Lfm, , 2011. Neuromuscular economy, strength and endurance in healthy elderly men. *J Strength Cond Res* 25:997-1003.

Casas-Herrero, A., Cadore, E.L., Zambom-Ferraresi, F., Idoate, F., Millor, N., Martínez-Ramírez, A., Gómez, M., Rodríguez-Mañas, L., Marcellan, T., Ruiz de Gordo, A., Marques, M.C., Izquierdo, M., 2013. Functional capacity, muscle fat infiltration, power output and cognitive impairment in institutionalized frail oldest-old. *Rejuvenation Res.* 16, 396–403.

Da Silva, L.X, Teodoro, J.L , Menger, E, Lopez, P, Grazioli, R, Farinha, J, Moraes,K, Bottaro, M, Pinto, R.S, Izquierdo, M, Cadore, E.L, 2018. Repetitions to failure versus not to failure during concurrent training in healthy elderly men: A randomized clinical Trial. *Experimental Gerontology* 108, 18–27.

Duchateau, J, Semmler, J.G, Enoka, R.M, 2006. Training adaptations in the behavior of human motor units. *J Appl Physiol* 101: 1766–1775, *Appl Physiol* 101: 1766–1775.

Ferrari, R, Fuchs, S.F, Kruel, L.F.M, Cadore, E.L, Alberton, C.L, Pinto, R.S, Radaelli, R, Schoenell,M, Izquierdo, M, Tanaka, H, Umpierre, D, 2016. Effects of Different Concurrent Resistance and Aerobic Training Frequencies on Muscle Power and Muscle Quality in Trained Elderly Men: A Randomized Clinical Trial. Volume 7, Number 6.

Fleg, J.L., Lakatta, E.G., 1998. Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO<sub>2</sub>max. *J. Appl. Physiol.* 65, 1147–1151.

Gibala ,M. J, Little, J.P, Macdonald, M. J, Hawley, J.A, 2012. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *Physiol* 590.5 , 1077–1084.

Häkkinen, K., Alen, M., Kallinen, M., Newton, R.U., Kraemer, W.J., 2000. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur. J. Appl. Physiol.* 83, 51–62.

Henwood, T. R.; Taaffe, D. R, 2005. Improved physical performance in older adults undertaking a short-term programme of high-velocity resistance training. *Gerontology.* 51:108-115.

Holviala, J.; Kraemer,W.J.; Sillanpaa, E.; Karppinen, H.; Avela, J.; Kauhanen, A.; Häkkinen, A.; Häkkinen, K, 2012.. Effects of strength, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 112, 1335–1347.

Izquierdo, M., Ibañez, J., Gorostiaga, E., Garrues, M., Zúñiga, A., Antón, A., Larrión, J.L., Häkkinen, K., 1999a. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol. Scand.* 167, 57–68.

Izquierdo, M., Ibañez, J., Häkkinen, K., Kraemer, W.J., Larrión, J.L., Gorostiaga, E.M., 2004. Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36, 435–443.

Knowles, A, Herbert, P, Easton, C, Sculthorpe, N, Grace, F. M, 2014. Impact of low-volume, high-intensity interval training on maximal aerobic capacity, health-related quality of life and motivation to exercise in ageing men. *AGE*, 37: 25.

Kumagai, K. et al, 2000. Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *Journal of Applied Physiology*, v. 88, n. 3, p. 811-816.

Lombardi, V. P., 1989 Beginning weight training: the safe and effective way.

Miljkovic, N.; Lim, J, Miljkovic, I.; Frontera, V, 2015. Aging Of Skeletal Muscle Fibers. *Ann Rehabil Med.* 39(2):155-162.

MISZKO, T. A. et al, 2003. Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, v. 58, n. 2, p. 171-5.

Nogueira, W.; Gentil, P.; Mello, S. N.; Oliveira, R. J.; Bezerra, A. J.; Bottaro, M, 2009. Effects of power training on muscle thickness of older men. *Int J Sports Med.* V. 30, n. 3, p. 200-204.

Osuka, Y, Matsubara, M, Hamasaki, A, Hiramatsu, Y, Ohshima, H, Tanaka, K, 2017. Development of low-volume, high-intensity, aerobic-type interval training for elderly Japanese men: a feasibility study. *European Review of Aging and Physical Activity* 14:14.

Pattyn, N, Coeckelberghs, E, Buys, R, Cornelissen, V.C, Vanhees, L, 2014. Aerobic Interval Training vs. Moderate Continuous Training in Coronary Artery Disease Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* DOI 10.1007/s40279-014-0158-x.

Pereira, A.; Izquierdo, M.; Silva, A. J.; Costa, A. M.; Bastos, E.; Gonzalez-Badillo, J. J.; Marques, M. C, 2012. Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol.* 47:250-255.

Phillips, M. D. et al, 2010. Resistance Training at Eight-Repetition Maximum Reduces the Inflammatory Milieu in Elderly Women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 42, n. 2, p. 314-325.

Pinto, R.S., Correa, C.S., Radaelli, R., Cadore, E.L., Brown, L.E., Bottaro, M., 2014. Short term strength training improves muscle quality and functional capacity of elderly women. *Age (Dordr.)* 36, 365–372.

Radaelli, R., Brusco, C.M., Lopez, P., Rech, A., Machado, C.M., Grazioli, R., Müller, D.C., Cadore, E.L., Pinto, R.S., 2018. Higher muscle power training volume is not determinant for the magnitude of neuromuscular improvements in elderly women. *Experimental Gerontology*.

Ramirez-Campillo, R. et al., 2014. High-speed resistance training is more effective than low-speed resistance training to increase functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol*, v. 58C, p. 51-57.

Rech, A., Radaelli, R., Goltz, F. R., Rosa, L.H.T., Schneider, C.D., Pinto, R.S., 2014. Echo intensity is negatively associated with functional capacity in older women. *AGE*, 36:9708.

Reid, K.F., Fielding, R.A., 2012. Skeletal muscle power and functioning in older adults. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 40, 1–12.

Rognmo, O., Hetland, E., Helgerud, J., Hoff, J., and Slordahl, S.A., 2004. High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 11: 216.

Sahaly, R.; Vandewalle, H.; Driss, T.; Monod, H., 2001. Maximal voluntary force and rate of force development in humans - Importance of instruction. *Eur J Appl Physiol*, v. 85, n. 3-4, p. 345-350.

Sayers, S. P., 2007. High-speed power training: a novel approach to resistance training in older men and women. A brief review and pilot study. *J Strength Cond Res*, v. 21, n. 2, p. 518-26.

Sillampää, E.; Häkkinen, A.; Nyman, K.; Cheng, S.; Karavirta, L.; Laaksonen, De.; Huuhka, N.; Kraemer, Wj.; Häkkinen, K. 2008. Body composition and fitness during strength and/or endurance training in older men. *Med Sci Sports Exerc* 40:950–958.

Tschopp, M.; Sattelmayer, M. K.; Hilfiker, R., 2011. Is power training or conventional resistance training better for function in elderly persons? A meta-analysis. *Age and Ageing*, v. 40, n. 5, p. 549-556.

Mitranun, W., Deerochanawong, C., Tanaka, H., Suksom, D., 2014. Continuous vs interval training on glycemic control and macro and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scand J Med Sci Sports* . 24: e69–e76.

Wallerstein, L. F. et al., 2012. Effects of strength and power training on neuromuscular variables in older adults. *J Aging Phys Act*, v. 20, n. 2, p. 171-85.

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

Wisloff, U, Ellingsen, K, Kemi, O.K, 2009. High-Intensity Interval Training to Maximize Cardiac Benefits of Exercise Training?. American College of Sports Medicine. 0091-6331/3703/139Y146.

Wood, R.H., Reyes, R., Welsch, M.A., Favarolo-Sabatier, J., Sabatier, M., Lee, C.M., Johnson, L.G., Hooper, P.F., 2001. Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33, 1751–1758.

Ensrud, K. E. et al, 1994. Correlates of impaired function in older women. *J Am Geriatr Soc*, v. 42, n. 5, p. 481-9. ISSN 0002-8614.

McBride, J, McCaulley, G.O, 2009. Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: impact of training. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 23(1)/177–186.

Karavirta, L, Häkkinen, A, Sillanpää, E, García-Lopez, D, Kauhanen, A, Haapasaari, A, Alen, M, Pakarinen, A, Kraemer, W.J, Izquierdo, M, Gorostiaga, E, Häkkinen, K, 2009. Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40–67-year-old men. *Scand J Med Sci Sports* 2009.

Andersen, L.L, Aagaard, P, 2006. Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *Eur J Appl Physiol* (2006) 96: 46–52.

Chueh-Lung Hwang, Jeung-Ki Yoo, Han-Kyul Kim, Moon-Hyon Hwang, Handberg, E.M, Petersen, J.P, Christou, C, 2016. Novel All-Extremity High-Intensity Interval Training Improves Aerobic Fitness, Cardiac Function and Insulin Resistance in Healthy Older Adults. *Exp Gerontol.* 2016 September ; 82: 112–119.

## CAPITULO IV. ARTIGO ORIGINAL II.

Adaptações Funcionais e Fisiológicas ao Treinamento de Força Tradicional e Treinamento de Potência, Combinados ao HIIT em Idosos: Um Ensaio Clínico Randomizado.

### RESUMO

O treinamento concorrente (TC) é uma estratégia eficiente na melhora das funções neuromusculares e cardiorrespiratórias em idosos, repercutindo principalmente na manutenção da capacidade funcional durante o envelhecimento. No entanto, há uma falta de evidências sobre a associação do treinamento de potência (TP) como uma alternativa ao treinamento de força tradicional (TFT), componente do TC. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de 16 semanas de dois modelos de TC: TFT combinado com treinamento aeróbio de alta intensidade (HIIT) versus TP associado ao HIIT na capacidade funcional, neuromuscular e composição corporal de homens idosos. Trinta e cinco homens idosos saudáveis ( $65,8 \pm 3,9$  anos) randomizados em dois grupos de treinamento TCF: TFT + HIIT (18) e TCP: PT + HIIT (17). O grupo TCF realizou os exercícios com intensidade de 65-80% 1RM, e o grupo TCP com intensidade de 40-60% 1RM. Testes funcionais: sentar e levantar, *timed up and go (TUG)*, subir escadas; composição corporal (DXA); potência máxima em ciclo ergômetro ( $W_{max}$ ) e economia de movimento foram realizados antes do treinamento, após 8 e 16 semanas de TC. Após o treinamento, todos os grupos melhoraram de forma semelhante e significativa ( $p < 0,05$ ) nas variáveis funcionais,  $W_{max}$ , economia de movimento, sem diferenças entre os grupos. Esses achados sugerem que ambos os modelos de TC são eficazes na melhora da funcionalidade e nas variáveis de desempenho em idosos. Além disso, mesmo em baixas intensidades, o treinamento de resistência explosiva (TP) induz adaptações semelhantes ao TC realizado com TFT.

Palavras-chave: Treinamento concorrente, potência muscular, treinamento intervalado de alta intensidade, envelhecimento.

## ABSTRACT

Concurrent training (CT) is an efficient strategy to improve neuromuscular and cardiorespiratory functions in older, reverberating mainly in the maintenance of the functional capacity during the aging. However, there is a lack of evidences on the association of power training as an alternative to the traditional strength component during CT. Thus, the aim of the present study was verify the effects of 16weeks of two CT models: CTF: Traditional strength training combined with high intensity interval training (HIIT) vs. power training associated with HIIT (CTP) on neuromuscular function and body composition of older men. Thirty-five older men ( $65,8 \pm 3,9$  years) were randomized into two training groups TCF: TFT+ HIIT (18) and TCP: PT + HIIT (17). TCF trained with intensity of 65-80% 1RM, and the TCP group with intensity of 40-60% 1RM. Functional tests: sit and stand up, timed up and go and climb stairs; body composition (DXA); maximum power in cycle ergometer ( $W_{max}$ ), movement economy; were assessed before training, after 8 and 16 weeks of CT. After training, all groups improved similarly and significantly ( $P < 0.05$ ) the functional tests,  $W_{max}$ , economy movement, with no differences between groups. These findings suggest that both CT models are effective in improving functionally and performance variables in elderly. In addition, even performed at lower intensities, explosive resistance training (power training) induces similar adaptations.

Key-words: Concurrent training, muscular power, high intense interval training, aging.

## INTRODUÇÃO

A população mundial idosa está em crescente aumento, em uma escala global, estima-se que até 2050 o número de pessoas com 60 anos ou mais será de aproximadamente 2 bilhões (Miljkovic et al.,2015). No entanto, o envelhecimento está associado a um aumento da incidência de condições crônicas de saúde e, talvez mais importante, a um aumento da prevalência de incapacidade funcional. Nesse sentido, a diminuição da força, potência, massa muscular e capacidade cardiorrespiratória estão diretamente associadas ao declínio da funcionalidade (Cadore e tal.,2018).

Mudanças morfológicas, tais como o aumento do percentual de gordura corporal juntamente com a redução do nível de atividade física, representam um importante fator de risco para incidência de doenças cardiometabólicas, como hipertensão, dislipidemia e diabetes mellitus tipo II. Ao passo que o processo de envelhecimento repercute negativamente sobre a composição corporal. O treinamento concorrente (TC), combinação do treinamento de força e treinamento aeróbico (TA), representa uma estratégia eficiente para a população idosa, pois contempla melhorias na capacidade neuromuscular e cardiorrespiratória, além de melhorar a composição corporal, influenciando positivamente a funcionalidade e reduzindo o risco de desenvolvimento de doenças cardiometabólicas (Izquierdo et al., 2004; Cadore et al., 2010, 2012<sup>a</sup>, 2018; Holviala et al., 2012).

Embora a força muscular e a capacidade aeróbica tenham uma forte influência no desempenho funcional, a potência muscular parece estar mais associada à capacidade funcional. De fato, a perda de potência durante o envelhecimento prejudica o desempenho e a funcionalidade do indivíduo idoso (Izquierdo et al., 1999a, 1999b; Reidand Fielding, 2012; Cadore et al., 2018), enquanto estratégias de treinamento de potência parecem ser superiores ao treinamento de força tradicional (Izquierdo et al., 2001; Straight et al., 2015). Dessa forma, estratégias de treinamento com contrações musculares explosivas responsáveis pelo aumento da potência muscular são importantes para essa população.

O TC tradicional é composto pelo treinamento de força tradicional (TFT) associado ao TA. Entretanto, está bem documentado que o treinamento de potência (TP) induz ganhos superiores na potência muscular comparado ao TFT (Izquierdo et al., 2001; Straight et al., 2015), além de estar associado a melhorias na força, massa

muscular e funcionalidade. Desta forma, sugere-se que o TP pode ser mais benéfico para idosos em relação ao TFT (Izquierdo et al., 1999; Pereira et al., 2012; Henwood et al., 2005).

Em estudos prévios, o componente aeróbico do TC geralmente é composto pelo treinamento aeróbico contínuo, pois parece promover atenuação dos declínios da aptidão cardiorrespiratória, prevenção e modificação de fatores de risco cardiovascular e melhoras na economia de movimento (Cadore et al., 2011a; 2013). Alternativamente a este cenário, o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) tem recebido atenção por mostrar adaptações equivalentes ao treinamento contínuo, contudo o HIIT (caracterizado por períodos breves e intermitentes de atividade vigorosa, intercaladas por períodos de descanso) demanda menos tempo de duração em relação ao treinamento aeróbico contínuo (Wisloff et al., 2007, Gibala et al., 2008).

Tem sido sugerido que o HIIT promove adaptações superiores e mais rápidas ao sistema cardiovascular comparado ao treinamento aeróbico contínuo (Wisloff et al., 2007, Gibala et al., 2008). Dessa forma, a incorporação do HIIT ao TC pode ser eficaz na manutenção e promoção da aptidão física. Embora o HIIT tenha sido investigado em indivíduos idosos (Rognmo et al., 2004; Mitranun et al., 2014), seus efeitos fisiológicos nessa população como componente do TC ainda não são conhecidos.

Adicionalmente, a força muscular parece não influenciar diretamente o sistema cardiorrespiratório, mas uma melhora na economia de movimento pode ocorrer como resultado do aumento na força muscular. Melhoras na economia de movimento resultam em demandas fisiológicas menores para a mesma tarefa, ou seja, indivíduos mais fortes podem realizar atividade aeróbica em uma porcentagem menor de sua força relativa. Estudos conduzidos em indivíduos destreinados e atletas (corredores, ciclistas) sugerem que o TC, realizado com TFT ou TP podem melhorar a economia de movimento e a potência máxima em ciclo ergômetro (Loveless et al., 2005; Storen et al., 2008; Ronnestad et al., 2010). Embora essas variáveis de desempenho tenham sido investigadas em indivíduos jovens, atletas, essa adaptação foram pouco investigadas quando associadas ao TC combinado ao HIIT em idosos.

É consenso o entendimento de que o TC composto pelo TFT é eficiente para promover benefícios em indivíduos idosos, contudo, ainda não é conhecido o efeito

do TP como componente de força do TC, bem como a associação do HIIT ao TC como componente aeróbico. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo investigar e comparar a repercussão dois métodos de TC, TFT+HIIT e TP+HIIT sobre a capacidade funcional, composição corporal, economia de movimento e potência máxima em ciclo ergômetro de homens idosos.

## **MATERIAIS E METODOS**

### **Desenho experimental**

Para comparar as adaptações do TC composto por TP+ HIIT (TCP) com TFT+ HIIT (TCT) sobre a capacidade funcional, função neuromuscular, e aptidão cardiorrespiratória de homens idosos, 40 indivíduos realizaram 16 semanas de treinamento, randomizados em um dois grupos experimentais: TCP e TCT. Os desfechos desse estudo foram a capacidade funcional, composição corporal, economia de movimento, potência máxima em ciclo ergômetro. Quatorze homens idosos ( $65 \pm 3,8$  anos,  $85.3 \pm 12.8$  kg,  $172.4 \pm 7.4$  cm) foram avaliados duas vezes (0-4 semana) previamente ao início da intervenção para testar a reprodutibilidade e estabilidade dos dados. Os testes (composição corporal, economia de movimento, potência máxima em ciclo ergômetro) pré e pós treinamento foram realizados pelo mesmo avaliador o qual estava cego para o grupo de treinamento que os sujeitos pertenciam. O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob o número (79277917.3.0000.5347) estando de acordo com a declaração de Helsinque.

### **Participantes**

O tamanho da amostra foi calculado através do software G\*Power (versão 3.0.1) utilizando o nível de  $\alpha$  0,05 e potência 0,85, de acordo com a recomendação de (Beck, 2013). As variáveis de força máxima (1RM) de extensores de joelhos e  $VO_{2pico}$  foram utilizadas para determinar o calculo amostral, resultando no total de 20 indivíduos para cada grupo. A amostra inicial foi composta por quarenta homens idosos saudáveis não engajados em nenhum programa de treinamento aeróbico ou de força regular e sistemático por pelo menos seis progressos ao estudo. Os participantes se voluntariaram a participar do estudo após anúncios em redes sociais e na universidade. Todos os voluntários foram informados sobre o estudo e convidados a assinar o termo de consentimento livre e esclarecido. A randomização

dos participantes foi realizada em blocos de 10 indivíduos através do site randomize.org, o qual cada bloco de participantes era pareado pelo consumo de oxigênio e força máxima dos extensores do joelho. A sequência de randomização foi gerada por um pesquisador cego para os participantes.

Previamente ao estudo foram realizadas avaliações médicas através de anamnese clínica e teste de eletrocardiograma (ECG) de esforço para garantir a adequação dos participantes ao procedimento dos testes. Os critérios de exclusão incluíram qualquer histórico de doenças neuromusculares, metabólicas, hormonais e cardiovasculares (exceto hipertensão, estágio 1 controlada). Além disso, foram excluídos tabagistas. Os participantes foram aconselhados a manter sua ingestão alimentar normal durante todo o estudo. As características físicas dos participantes estão apresentadas na **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Características físicas pré e pós intervenção.

	TCP			TCF		
	Pré	Pós 8	Pós 16	Pré	Pós 8	Pós 16
<b>Idade (anos)</b>	64,3±3,3	64,3±3,3	65,1±3,3	65,7±4,2	65,7±4,2	66,4±4,3
<b>Estatura (Cm)</b>	176±7.2	176±7.2	176±7.2	174.2±22	174.2±22	174.2±22
<b>Massa corporal total (Kg)</b>	80.3±14.8	84.9±14.41	85.2±14.4	84.9±9.9	90.11±9.6	89.4±9.1

TCP: Grupo treinamento concorrente potência muscular; TCF: Grupo treinamento concorrente força muscular.

### Testes funcionais

O teste de sentar levantar foi conduzido de acordo com metodologia prévia (Rikli e Jones., 1999). Esse teste avaliou o maior número de movimentos consecutivos de sentar e levantar de uma cadeira em 30s. A avaliação da marcha com rápido deslocamento e mudança de direção foi utilizado o teste *Timed up and Go*. Este teste foi executado de maneira adaptada à utilizada por (Rikli e Jones, 1999), de forma que os sujeitos foram instruídos a executar o percurso o mais rápido possível sem correr. Os indivíduos iniciaram sentados, joelhos e quadril flexionados a 90° e com os braços cruzados sobre o tórax, ao comando do avaliador os indivíduos levantaram (sem o auxílio dos membros superiores), percorreram 2,5 metros, contornaram um cone, voltaram e sentaram na cadeira. O teste de subir escadas foi conduzido de acordo com metodologia prévia (Skelton et al., 1995). Para

esse teste os sujeitos subiram um lance de escada com 10 graus (16 cm de altura cada degrau), sem parar, em uma velocidade confortável e sem o auxílio do corrimão. Os testes foram executados três vezes, onde o melhor valor das três tentativas foi utilizado para posterior comparação.

### **VO<sub>2pico</sub>, Potência máxima em ciclo ergômetro (W<sub>máx</sub>), e economia de movimento**

O VO<sub>2pico</sub> e a W<sub>máx</sub> foram determinados usando um teste incremental em ciclo ergômetro com sistema de ergoespirometria de circuito aberto por analisador de gases utilizando o modo de coleta a cada respiração (*breath by breath*) (COSMED, modelo Quark CPET). O analisador de gases foi ligado uma hora antes do primeiro teste para estabilização. Em seguida foi realizado a calibração manual dos gases. Os testes de carga progressiva foram realizados em um ciclo ergômetro da marca Ergo Fit, seguindo um protocolo em rampa. A carga inicial foi estabelecida em 25 watts com aumento de 25 watts a cada minuto. Uma faixa telemétrica foi posicionada para monitorar continuamente a Frequência Cardíaca (FC) dos participantes (monitor de frequência cardíaca COSMED integrado ao sistema). Os testes tiveram duração de 8-12 minutos de acordo com as recomendações do American College of Sports Medicine (ACSM) e foram encerrados sempre que os participantes atingiram um dos seguintes critérios: (a) Platô no consumo de oxigênio; (b) Frequência cardíaca  $\geq$  predita para idade; (c) Valor de taxa de troca respiratória  $> 1,15$ ; (d) percepção subjetiva de esforço  $> 18$  ou quando o participante voluntariamente interromper o teste. A determinação do consumo máximo de oxigênio foi realizada por dois avaliadores cegados com relação à amostra e experientes.

O W<sub>máx</sub> foi calculado utilizando a fórmula:  $W_{máx} = W_{com} + (t/60)\Delta w$ , onde W<sub>com</sub> é a carga do último estágio completo, t o tempo do último estágio incompleto e  $\Delta w$  o incremento da carga no último estágio (25W).

A avaliação da economia de movimento no ciclo ergômetro consistiu na realização de um teste retangular em ciclo ergômetro (Ergo-Fit, Pirmasens, Germany) com mensuração contínua dos gases (*breath by breath*) utilizando um analisador de gases de circuito aberto (Quark CPET, Itália). Antes de realizar a avaliação os sujeitos permaneciam em repouso por dois minutos posicionados no ciclo ergômetro para ambientação. Após este período os indivíduos realizavam 10 minutos de exercício com intensidade fixa (75W) e cadência controlada (65 RPM)

para toda a amostra. Para análise da economia de movimento eram descartados os dois primeiros minutos e os últimos dois minutos do teste, sendo considerada para análise a média do consumo de oxigênio dos seis minutos centrais do teste.

### **Composição corporal**

A composição corporal total e de membros inferiores (massa adiposa total e massa livre de gordura) foram avaliados utilizando o DEXA (Hologic Discovery W, EUA). Durante o teste os sujeitos foram posicionados no equipamento conforme as orientações do fabricante: em decúbito dorsal, alinhados e centralizados na mesa de exame com quadris e ombros. Os sujeitos foram instruídos a no dia da avaliação estar vestindo roupas leves que permitam a realização do teste. A radiação que o sujeito foi exposto durante a avaliação é muito baixa (menor do que  $1\mu\text{Sv}$ ) (Bolanowski e Nilsson, 2001). O equipamento foi calibrado antes de cada escaneamento de acordo com as especificações do fabricante.

### **Intervenção de treinamento**

Os participantes do estudo realizaram o treinamento de força e o treinamento aeróbico na mesma sessão, com frequência de duas vezes na semana, em dias não consecutivos. Ambos os grupos realizaram o treinamento de força anteriormente ao treinamento aeróbico para otimizar os ganhos neuromusculares (Cadore et al., 2013). Ambos, TCP e TCT, realizaram o mesmo protocolo de exercícios e de treinamento aeróbico (i.e., HIIT). Sendo assim, as diferenças na intervenção do treinamento diferiram apenas nos exercícios para os músculos do quadríceps (extensores de joelhos e *leg press*) o qual foi o foco do estudo. Esses exercícios foram escolhidos devido à sua relação com o desempenho funcional. As sessões de treinamento de força foram composta por sete exercícios, sendo os principais exercícios para o quadríceps femoral (extensão de joelho e *leg press*), e os demais como complementos da sessão (flexão de joelhos, supino vertical, puxada frontal, flexão de cotovelo, extensão de cotovelo). Os exercícios complementares da sessão de treinamento tinham como objetivo aumentar a aderência dos sujeitos e promover uma melhora em todos os grupos musculares treinados, embora não tenham sido foco do presente estudo. Os sujeitos do grupo TCF foram instruídos a realizar os exercícios com a mesma velocidade na fase concêntrica e excêntrica; e o grupo TCP foi orientado a realizar a fase concêntrica de cada repetição com a maior velocidade

possível e a fase excêntrica com velocidade lenta. Foi respeitado o intervalo de recuperação de três minutos em ambos os grupos entre cada série e exercício. Todas as sessões de treinamento iniciaram com cinco minutos de aquecimento em bicicleta ergométrica com baixa intensidade.

A periodização do treinamento está apresentada na tabela 2. A prescrição da intensidade foi realizada linearmente durante as 16 semanas de treinamento, incrementada a cada quatro semanas. O grupo TCF iniciou com intensidade de 65% 1RM com volume de duas séries de 12-15 repetições nas 4 semanas iniciais, progredindo até a 16ª semana, finalizando com 80% de 1RM e volume de quatro séries de 6-8 repetições de extensão de joelhos e *leg press*. Já o grupo TCP iniciou o treinamento com 40% 1RM e volume de 3 séries e 8 repetições, progredindo até 60% de 1RM com 4 séries e seis repetições para os exercícios de extensão de joelhos e *leg press*.

O treinamento aeróbico foi executado em ciclo ergômetro, iniciando com 5 minutos de aquecimento a 60-65% da FC máx seguido de 3 repetições de 4 minutos na intensidade alvo que será incrementada a cada quatro semanas (75-90% VO<sub>2</sub> pico). O intervalo entre as repetições foi de 2 minutos em uma velocidade confortável auto-selecionada, finalizando com 5 minutos de volta à calma em uma velocidade confortável selecionada pelo sujeito. As sessões de treinamento foram cuidadosamente supervisionado por pelo menos três profissionais experientes.

Tabela 2. Periodização do treinamento.

Semana	Grupo TCF			Grupo TCP			Aeróbico	
	Séries	Repetições	Intensidade (% 1RM)	Séries	Repetições	Intensidade (% 1RM)	Tempo (min)	Intensidade (% Vo2 pico)
1-4	2	12-15	65	3	8	40	3x 4/2	75-80
5-8	3	10-12	70	3	8	50	3x 4/2	80-85
9-12	3	8-10	75	4	6	55	4x 4/2	80-85
13-16	4	6-8	80	4	6	60	4x 4/2	85-90

TCF: treinamento concorrente força muscular; TCP: Treinamento concorrente potência muscular

### ANÁLISE ESTATÍSTICA

O software de análise estatística SPSS foi usado para analisar os dados. Os resultados estão expostos como média  $\pm$  desvio padrão (DP). Para testar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk, bem como e a homogeneidade de variância entre os grupos foi analisada através do teste de Levene. O teste t para amostras dependentes foi utilizado para a comparação estatística dos dados do período controle (semanas -4 vs. 0). Os efeitos do treinamento foram analisados pelo teste de análise de variância (ANOVA) de duas vias (grupo x tempo) com medidas repetidas para o fator tempo. Quando efeito tempo significativo foi observado, as comparações entre pares foram realizadas através do teste de *post-hoc* de LSD. O nível de significância adotado foi de  $\alpha = 0,05$ . O tamanho do efeito (TE) foi calculado segundo Cohen's *d* ES, utilizando a fórmula  $TE = (M_{pos} - M_{pre}) / SD_{pre}$ , onde  $M_{pos}$  é a média pós treinamento,  $M_{pre}$  representa a media pré treinamento e  $SD_{pre}$  o desvio padrão pré. A classificação utilizada foi  $TE > 0.20$  (pequeno),  $TE > 0.50$  (moderado),  $TE > 0.8$  (grande), e  $TE > 1.2$  (muito grande) (Nakagawa et al. 2007).

## RESULTADOS

### Participantes

Trinta e cinco indivíduos sujeitos finalizaram o presente estudo, dezessete no grupo TCP (n = 17; anos,  $80.3 \pm 14.8$  kg  $176 \pm 7.2$ cm) e 18 no grupo TCF (n =18; anos,  $84,9 \pm 9,9$ Kg,  $174,2 \pm 22$  cm). Cinco indivíduos abandonaram o estudo, dois no grupo TCF alegando questões pessoais e três sujeitos do TCP devido a questões de saúde não relacionadas ao estudo.

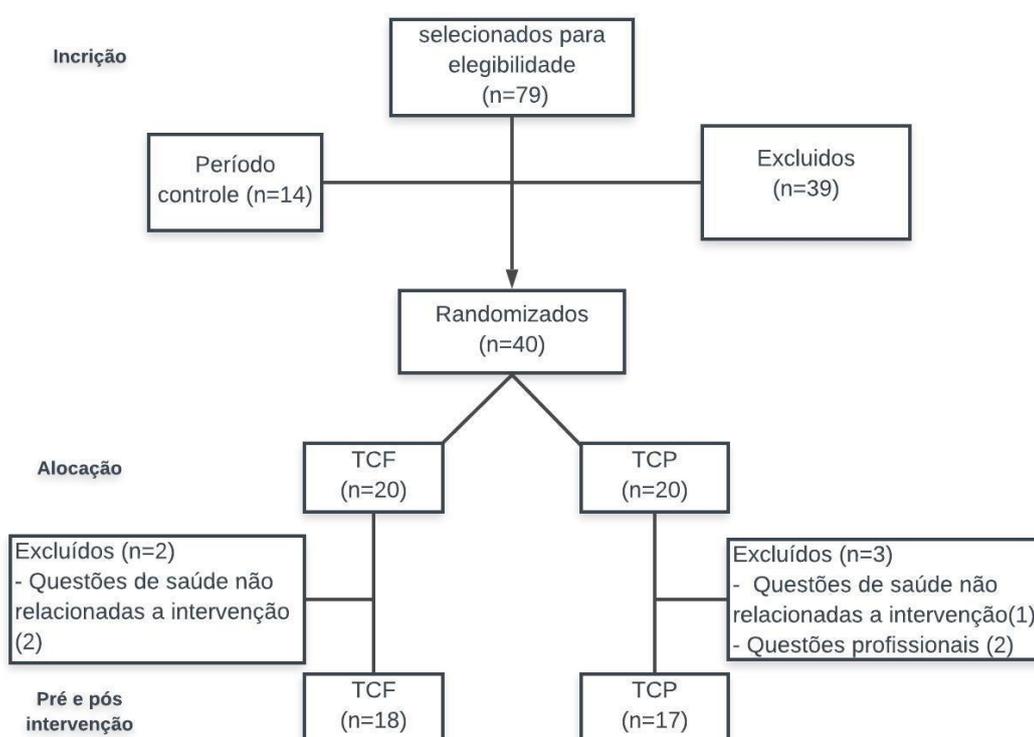


Figura 1. Fluxograma para inscrição, recrutamento, alocação e intervenção.

### Período controle

Os dados do período controle estão apresentados na Tabela 3. Não houve diferenças significativas entre os momentos pré e pós período controle em nenhuma das variáveis analisadas (Sentar e levantar, subir escadas, *TUG*, composição corporal,  $Vo_{2\text{pico}}$ ).

**Tabela 3. Período controle.**

Variável	Pré	Pós	p
Sentar e levantar (rep)	21.5±5.4	21.6±4.7	0.72
Escadas (seg)	3.3±0.5	3.3±0.6	0.98
TUG (seg)	4.9±0.5	4.9±0.5	0.95
<b>Composição corporal</b>			
%GC	31.5±4.8	31.9±4.7	0.13
%MM	69.7±4.4	85.2±12.6	0.91
MCM (Kg)	55.1±7.9	54.7±7.6	0.39
VO <sub>2pico</sub>	25.4±4.8	25.1±4.9	0.55

Vo<sub>2</sub>: Consumo Máximo de Oxigênio de pico, MCM: massa corporal magra ; %GC: porcentagem de gordura corporal, %MM: porcentagem de massa magra.

### Testes funcionais

A Anova two-way mostrou um efeito tempo significativo para o teste de sentar e levantar ( $p < 0,001$ ), não foi observado efeito grupo ( $p = 0,847$ ) e interação grupo vs. Tempo ( $p = 0,181$ ). Comparando com os valores pré treinamento, ambos os grupos mostraram valores pós 8 (TCP:  $14,3 \pm 30\%$ ; TCF:  $17,2 \pm 13,3\%$ ) e pós 16 (TCP:  $37,3 \pm 27,1\%$ ; TCF:  $29,5 \pm 15,9\%$ ) superiores ao pré ( $p < 0,001$ ), ao passo que os valores pós 16 semanas foram superiores ao pós 8 ( $p < 0,001$ ).

Foi observado efeito tempo significativo para o teste TUG ( $p < 0,01$ ) após o período de treinamento, ao passo que não foi observado efeito grupo ( $p = 0,515$ ) e interação grupo vs. Tempo ( $p = 0,807$ ). Comparando com os valores pré treinamento, ambos os grupos melhoraram o tempo do teste após as 16 (TCP:  $-6,5 \pm 14\%$ ; TCF:  $-7,1 \pm 10,4\%$ ) semanas ( $p < 0,01$ ), assim como o pós 16 foi superior ao pós 8 ( $p < 0,01$ ) ao passo que não foi observado diferença nos valores após as 8 semanas comparado com o pré.

Em relação ao teste de subir escadas, foi observado efeito tempo significativo ( $p < 0,001$ ), não foi observado efeito grupo ( $p = 0,568$ ) e interação grupo vs. tempo ( $p = 0,901$ ) para essa variável. Comparando com o pré, ambos os grupos mostraram melhora no tempo do teste após as 8 semanas ( $p < 0,05$ ) (TCP:  $-5,7 \pm 13,9\%$ ; TCF:  $-3,9 \pm 13,2\%$ ), sendo superiores após as 16 ( $p < 0,001$ ) semanas (TCP:  $-10,8 \pm 12,3\%$ ; TCF:  $-8,8 \pm 15,2\%$ ). Os resultados dos testes funcionais estão apresentados na figura 2.

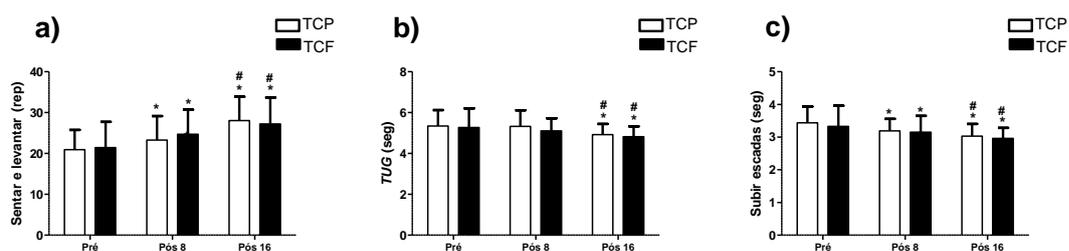


Figura 2. a) Teste funcional sentar e levantar; b) *Timedupandgo*; c) subir escadas. TCP: Treinamento concorrente + treinamento de potência muscular; TCF: Treinamento concorrente + treinamento de força tradicional.

\*Significativamente maior que o pré;

# Significativamente maior que pós 8.

## Composição Corporal

Houve efeito tempo significativo para o percentual de gordura corporal após o período de treinamento ( $p < 0,05$ ), não houve efeito grupo ( $p = 0,25$ ) e interação tempo vs. Grupo ( $p = 0,34$ ). Comparando com os valores pré treinamento, ambos os grupos melhoraram após as 8 ( $p < 0,05$ ) e 16 semanas ( $p < 0,05$ ), ao passo que os valores após 16 semanas se mantiveram, comparado ao pós 8 semanas.

Foi observado efeito tempo significativo para o percentual de massa magra ( $p < 0,05$ ), não foi observado efeito grupo ( $p = 0,22$ ) e interação tempo vs. Grupo ( $p = 0,32$ ) para tal variável. Em comparação com os valores pré treinamento, ambos os grupos mostraram incremento após as 8 e 16 semanas, ao passo que os valores pós 16 semanas não sofreram alteração comparado com o pós 8 ( $p < 0,05$ ).

Foi observado um efeito tempo significativo após o período de treinamento na massa magra absoluta ( $p < 0,05$ ), não foi observado efeito grupo ( $p = 0,38$ ) e interação tempo vs. grupo ( $p = 0,24$ ). Comparando com os valores pré treinamento, ambos os grupos mostraram valores superiores após as 8 e 16 semanas, ao passo que os valores pós 16 se mantiveram em relação ao pós 8 ( $p < 0,01$ ).

Não foi observado efeito tempo significativo na gordura corporal absoluta ( $p = 0,1$ ) e na massa corporal total ( $p = 0,7$ ) após o período de treinamento. As variáveis de composição corporal estão descritas na tabela 4 e o TE na tabela 5.

Tabela 4. Potência máxima em ciclo ergômetro, economia de movimento e composição corporal (média  $\pm$  DP).

Variável	Grupo	Pré	Pós 8	Pós 16	Tempo P	Grupo P	Tempo vs. grupo P
%GC (Kg)	TCP	31.1 $\pm$ 4.5	30.5 $\pm$ 4.5*	30.7 $\pm$ 4.1*	0,035	0,254	0,343
	TCF	32.7 $\pm$ 4.3	32.5 $\pm$ 4.5*	32.2 $\pm$ 4.7*			
%MCM (Kg)	TCP	65.1 $\pm$ 4.3	65.7 $\pm$ 4.2*	65.6 $\pm$ 3.9*	0,032	0,227	0,321
	TCF	63.5 $\pm$ 3.9	63.7 $\pm$ 4*	64.1 $\pm$ 4.3*			
GC (Kg)	TCP	26.8 $\pm$ 8.4	26.3 $\pm$ 8	26.5 $\pm$ 7.6	0,100	0,252	0,223
	TCF	29.5 $\pm$ 5.5	29.4 $\pm$ 5.6	28.8 $\pm$ 5.3			
MCM (kg)	TCP	54.7 $\pm$ 6.8	55.4 $\pm$ 6.9*	55.5 $\pm$ 7.3*	0,024	0,383	0,243
	TCF	57.1 $\pm$ 6.6	57.3 $\pm$ 6.3*	57.2 $\pm$ 6.5*			
MCT (Kg)	TCP	84.7 $\pm$ 14.8	84.9 $\pm$ 14.4	85.2 $\pm$ 14.4	0,712	0,246	0,099
	TCF	89.3 $\pm$ 9.9	90.1 $\pm$ 9.6	89.4 $\pm$ 9.1			
ECONOMIA DE MOVIMENTO	TCP	15 $\pm$ 3.1	14.2 $\pm$ 2.7*	13.9 $\pm$ 2.7*#	<0,05	0,817	0,809
	TCF	15 $\pm$ 1.8	13.8 $\pm$ 2*	13.8 $\pm$ 2.3*#			
W <sub>MÁX</sub>	TCP	196.3 $\pm$ 17.1	206.0 $\pm$ 24.2*	219.9 $\pm$ 32.2*#	0,0001	0,822	0,875
	TCF	194.6 $\pm$ 26.4	205.5 $\pm$ 32.2*	216.3 $\pm$ 28.2*#			
VO <sub>2peak</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	CTP	24.5 $\pm$ 6.1	26.2 $\pm$ 4.3*	27.8 $\pm$ 5.2*#	< 0.05	0.785	0.552
	CTS	24.8 $\pm$ 3.8	25.7 $\pm$ 4.4*	26.8 $\pm$ 4.5*#			

TCP: Treinamento concorrente + treinamento de potência muscular; TCF: Treinamento concorrente + treinamento de força tradicional. VO<sub>2</sub>pico: consumo de oxigênio de pico; %GC: porcentagem de gordura corporal; %MCM: porcentagem de massa muscular magra; GC: Gordura corporal absoluta; MCM: Massa corporal magra absoluta; MCT: Massa corporal total.

\*Significativamente maior que o pré

# Significativamente maior que pós 8

### Consumo de oxigênio de pico (VO<sub>2</sub>pico)

Foi observado efeito tempo significativo no VO<sub>2</sub>pico (p<0,05), porém não foi observado efeito grupo (p= 0,785) ou interação tempo vs. grupo (p= 0,552) significativos para esta variável. Comparando com os valores pré treinamento, os valores pós 8 (TCP: 11.1  $\pm$  22.3%, TCF: 3.9  $\pm$  7.8%) e pós 16 semanas (TCP: 19  $\pm$  37.8%, TCF: 8.6  $\pm$  10%) de ambos os grupos foram superiores (p<0,05), ao passo que os valores pós 16 semanas foram superiores ao pós 8 (p<0,05).

## Economia de movimento

Após o período de treinamento a economia de movimento mostrou efeito tempo significativo ( $p < 0,001$ ); não apresentou efeito grupo ( $p = 0,81$ ) e interação tempo vs. Grupo ( $p = 0,809$ ). Comparando com os valores pré treinamento, os valores pós 8 (TCP:  $-4,7 \pm 10,7\%$ ; TCF:  $-7,6 \pm 9,9\%$ ) e pós 16 (TCP:  $-5,7 \pm 17,2\%$ ; TCF:  $-7,5 \pm 9,5\%$ ) semanas foram superiores, ao passo que os valores pós 16 foram semelhantes ao pós 8.

## Wmáx

A potência máxima em ciclo ergômetro mostrou efeito tempo significativo ( $p < 0,001$ ) após o período de treinamento, não mostrou efeito grupo ( $p = 0,82$ ) e interação tempo vs. Grupo ( $p = 0,87$ ). Em comparação com os valores pré treinamento, ambos os grupos mostraram valores pós 8 (TCP:  $4,9 \pm 8\%$ ; TCF:  $5,4 \pm 6,7\%$ ) e 16 (TCP:  $11,7 \pm 11,2\%$ ; TCF:  $11,6 \pm 9,9\%$ ) semanas superiores, ao passo que os valores pós 16 mostraram-se superiores ao pós 8 ( $p < 0,001$ ).

Tabela 5. Tamanho de efeito.

	TE TCP	TE TCF
Sentar e levantar	1.46	0.91
Escadas	-0.78	-0.54
TUG	-0.54	-0.47
VO <sub>2</sub> pico	0.54	0.53
Wmáx	1.17	0.75
Economia de movimento	-0.34	-0.60
MCT	0.03	-0.04
MCM (kg)	0.11	0.02
MCG (kg)	-0.03	-0.11
%GC	-0.08	-0.12
%MM	0.09	0.12

TUG: timed up and GO, Vo<sub>2</sub>: Consumo Máximo de Oxigênio de pico, Wmax: potência máxima em ciclo ergômetro, MCT: massa corporal total, MCM: massa corporal magra absoluta; MCG: gordura corporal absoluta %GC: porcentagem de gordura corporal, %MM: porcentagem de massa magra.

## **DISCUSSÃO**

Os principais resultados do presente estudo demonstram que ambos os grupos (TCT e TCP) melhoraram de forma similar as variáveis de composição corporal, neuromuscular e funcionais após 8 e 16 semanas de treinamento concorrente. Esses achados são importantes porque demonstram que mesmo utilizando intensidades de TF baixas a moderadas (i.e., 40-60% de 1RM) e volume total inferior, o TCP foi capaz de promover adaptações fisiológicas e funcionais similares ao TCT em indivíduos idosos.

### **Testes funcionais**

Um dos principais objetivos do treinamento físico no envelhecimento é a manutenção da independência para realizar atividades da vida diária, como caminhar, sentar e levantar e subir escadas (Studenski et al., 2011; Radaelli et al., 2018). Testes funcionais são utilizados para verificar o quão ativos são os indivíduos idosos e bons desempenhos nos testes estão associados a melhoras na qualidade de vida e independência (Rikliand Jones, 1999).

Foi observado no presente estudo, melhora no teste de sentar e levantar após 8 (14-17%) semanas, sendo ainda maiores após as 16 semanas de treinamento ( $\approx 30\%$ ). Esses resultados vão ao encontro dos resultados observados na literatura após um período de TP e TFT (Bottaro et al. 2007; Ramirez-Campillo et al., 2014; Fragala et al., 2014; Bean et al. 2002), bem como em resposta ao TC (Wilhelm et al., 2014; Cadore et al., 2018) os quais observaram melhoras da ordem de 14-42%, muito semelhantes ao presente estudo.

Em relação ao teste de subir escadas e TUG, ambos os grupos apresentaram melhora no tempo, o teste de subir escadas após 8 semanas ( $\approx 5\%$ ) sendo superiores após 16 semanas (9-11%), por outro lado o TUG demonstrou melhora após 16 semanas de treinamento ( $\approx 7\%$ ). Estando de acordo com estudos prévios, os quais demonstraram resultados semelhantes ao deste trabalho (Escadas: 6-13%; TUG: 18-21%) (Bottaro et al., 2007; Henwood et al., 2005; Sayers et al., 2003; Ramirez-Campillo et al., 2014; Beltran Valls et al., 2014).

Embora a literatura observe maior efeito do TP no desempenho dos testes funcionais, uma possível explicação para a ausência de diferenças entre os grupos é que ambos executaram o mesmo protocolo de TA (HIIT). Sendo assim, mesmo havendo diferenças no protocolo de TF utilizado, uma parte substancial do

treinamento foi semelhante entre os grupos, e o efeito do HIIT no desempenho dos testes funcionais utilizados não pode ser descartado. Outro aspecto que pode explicar a semelhança de incrementos no desempenho funcional, é que a força explosiva (TPT) e a potência muscular dos membros inferiores são reportadas como as variáveis mais importantes para o desempenho funcional de indivíduos idosos (Suzuki et al., 2001; Reidet al., 2008). Conforme apresentado no artigo 1 da dissertação, ambos os grupos mostraram melhora na TPT e na potência muscular após o período de treinamento, o que pode explicar o similar aumento no desempenho funcional. Por fim, a ausência de diferenças entre os grupos nos testes funcionais pode ter ocorrido por um “efeito teto” desses testes, e os mesmos podem não ser sensíveis o suficiente para detectar pequenas diferenças de incremento entre os grupos. No entanto, é importante salientar que ambos os modelos de TC foram efetivos em melhorar o desempenho funcional nos idosos, o que indica que essa melhora importante pode ser alcançada por diferentes estratégias de treinamento, incluindo cargas de baixa a moderadas e utilização de alta velocidade de execução durante o TF (i.e., TP).

### **Composição corporal**

Ambos os protocolos de TC induziram melhoras nos desfechos de composição corporal no presente estudo; o percentual de gordura corporal diminuiu em ambos os grupos após 8 semanas (-0,5 a -1,8%) e 16 (-1 a -1,7%) semanas, enquanto o percentual de massa magra aumentou após 8 (0,2-0,9%) e 16 semanas (≈8%) e a massa magra absoluta mostrou valores superiores após 8 (0,5- 1,2%) e 16 (0,3-1,3%) semanas.

Corroborando com o presente estudo, Sillanpää et al (2008) observaram redução no %GC após 21 semanas de treinamento aeróbico contínuo, de força e concorrente em homens idosos, sem diferença entre eles (-5 a -8%). Mitranum et al., (2014), também verificou reduções no %GC (≈1%) de homens e mulheres idosas com diabetes após 12 semanas de TA contínuo e HIIT, sem diferença entre os grupos. Dentre os estudos citados, ambos são com idosos, um com idosos sedentários saudáveis e outro com sobreviventes de câncer. No entanto, mais estudos investigando o HIIT são importantes e necessários para a população idosa.

Embora o TCF tenha utilizado maior intensidade e volume total de TF que o TCP, ambos os grupos induziram adaptações semelhantes na composição corporal.

As adaptações semelhantes podem ser explicadas pela alta velocidade de execução do grupo TCP; altas velocidades exigem o recrutamento de fibras tipo IIx, responsáveis por alto desenvolvimento de potência. No entanto, fibras do tipo IIx são menos econômicas energeticamente comparado com as do tipo I (Mazzeti et al., 2007). Sendo assim, o TCP pode ter compensado o menor volume total através da utilização de alta velocidade de execução na fase concêntrica, o que demanda um gasto energético superior comparado a exercícios com baixa velocidade de execução. Além disso, ambos os grupos executaram o mesmo programa de HIIT, que é uma modalidade com conhecido efeito benéfico na composição corporal (Mitranum et al., 2014, Viana et al., 2019) e as mudanças similares nos dois grupos na composição corporal podem estar associada ao HIIT.

Reduções no %GC e melhora na %MCM representam um importante efeito fisiológico, pois melhoras na composição corporal estão associadas a diminuição de fatores de risco cardiovascular (Cadore et al., 2018), sendo assim mais estudos com HIIT, que observam o comportamento da composição corporal, são importantes para indivíduos idosos.

### **Desempenho aeróbico**

Os resultados do presente estudo mostram efeitos positivos de ambos os modelos de TC nos parâmetros máximos de desempenho no ciclo ergômetro (i.e.,  $VO_{2\text{pico}}$  e  $W_{\text{máx}}$ ) após 8 (4-6%) e 16 ( $\approx 12\%$ ) semanas de treinamento. Devido à magnitude dos incrementos observados, é possível sugerir que ambos os protocolos de treino de força (TP, TFT) realizados anteriormente ao treino aeróbico não causaram interferência negativa no desenvolvimento da capacidade cardiorrespiratória, o que estaria de acordo com a literatura em indivíduos idosos (Cadore et al., 2011). Contudo, a ausência de um grupo experimental que realizou apenas treinamento aeróbico, o que permitiria comparar com os grupos de TC, não permite afirmar que não ocorreu efeito de interferência. Nesse sentido, Cadore et al., (2011) demonstraram após comparar ambos os protocolos de treinamento (TC e TA), que não há diferença entre os protocolos para as variáveis de capacidade cardiorrespiratória em indivíduos idosos, sugerindo que não há efeito interferência do treinamento de força nas variáveis cardiorrespiratórias nesta população.

Adicionalmente, foi observado que economia de movimento apresentou melhora em ambos os grupos após o período de 8 (4-8%) e 16 (5-8%) semanas de

treinamento, demonstrando eficácia dos modelos de TC, o que está de acordo com a economia metabólica em ciclo ergômetro previamente demonstrada em idosos após um período de treinamento concorrente (Cadore et al., 2018). Embora essas variáveis de desempenho tenham sido investigadas em indivíduos jovens, atletas, essa adaptação tem sido pouco investigada associada ao TC combinado ao HIIT em idosos. No presente estudo, ambos os grupos realizaram diferentes protocolos de treino de força, combinados com o HIIT e alcançaram melhoras na economia de movimento. Isso pode ser explicado devido ao fato de que o componente aeróbico foi o mesmo entre os grupos, bem como a literatura prévia demonstra que tanto o TFT quanto o TP melhoram a economia (Yamamoto et al., 2008), ainda que esses estudos tenham sido realizados em atletas (Rønnestad et al., 2013, Baastians et al., 2001, Sunde et al., 2009, Støren., 2008). Um fator que pode ter contribuído para a melhora da economia de movimento é a melhora na função neuromuscular (i.e., melhora na força e na potência muscular), a qual resulta no maior recrutamento de fibras musculares do tipo I para a mesma carga submáxima, associada à melhora da coordenação muscular (Yamamoto et al., 2008). Essas adaptações levam a uma maior eficiência mecânica, reduzindo assim o consumo de oxigênio para a mesma intensidade submáxima (Cadore et al., 2011; Izquierdo et al., 2003). De fato, foi demonstrado previamente que o TC reduz a atividade neuromuscular (i.e., amplitude do sinal EMG) dos músculos do quadríceps em diferentes intensidades submáximas no ciclo ergômetro, o que sugere um menor número de unidades motoras para a mesma carga após o treinamento, além de um menor número de unidades motoras do tipo II (Cadore et al., 2011). A melhora na economia de movimento parece ter uma consequência clínica importante, pois indivíduos idosos metabolicamente mais econômicos durante as atividades da vida diária apresentam menores respostas cardiovasculares ao esforço, e conseqüentemente apresentarão risco cardíaco menor. Essa melhora significa que os idosos podem caminhar sentar e levantar ou carregar um objeto, com custo metabólico inferior em comparação com a condição anterior ao treinamento (Hartman et al., 2007, Cadore et al., 2018).

O presente estudo apresenta algumas limitações. Pode ser sugerido que a ausência de grupos experimentais que executassem os mesmos modelos de TF de forma isolada (i.e., sem a combinação com o HIIT), pode limitar o entendimento da magnitude das adaptações observadas com ambos os modelos de treinamento. Além disso, a ausência de grupos experimentais combinando os modelos de TF

utilizados com o TA contínuo não nos permite afirmar que o programa de HIIT utilizado foi superior ao TA contínuo. Por outro lado, o presente estudo demonstra a efetividade de dois diferentes modelos de TC em melhorar a funcionalidade, bem como a composição corporal e as variáveis de desempenho aeróbico.

## **Conclusão**

O presente estudo parece ser o primeiro a descrever os efeitos do TC composto por dois métodos de treinamento de força (TFT e TP) combinado ao HIIT na funcionalidade, composição corporal, economia de movimento e  $W_{máx}$  de homens idosos. Considerando que ambos os grupos foram igualmente eficientes no aumento dessas variáveis, os resultados sugerem que protocolos de treino com alta velocidade de execução e baixo volume total e intensidade relativa à força máxima, são eficientes na promoção de adaptações na funcionalidade, composição corporal, assim como a sua combinação com o HIIT é eficaz na melhora da economia de movimento e  $W_{máx}$  em ciclo ergômetro.

## REFERÊNCIAS

Bean, J. F. et al, 2002. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc*, v. 50, n. 3, p. 461-7.

Bottaro, M.; Machado, S. N.; Nogueira, W.; Scales, R.; Veloso, J, 2007. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol*. 99:257-264.

Cadore, E.L, Menger, E, Teodoro, J.L, Da Silva, L.N.X, Boeno, F.P, Umpierre, D, Botton, C.E, Ferrari, R, Cunha, G.S, Izquierdo, M, Pinto, R.S, 2018. Functional and physiological adaptations following concurrent training using sets with and without concentric failure in elderly men: A randomized clinical trials. *Experimental Gerontology*. Ver. 110 ,182–190.

Cadore, E.L., Pinto, R.S., Lhullier, F.L.R., Correa, C.S., Alberton, C.L., Pinto, S.S., Almeida, A.P.V., Tartaruga, M.P., Silva, E.M., Kruel, L.F.M., 2010. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *Int. J. Sports Med*. 31, 689–697.

Cadore, El.; Pinto, Rs.; Alberton, Cl.; Pinto, Ss.; Lhullier, Flr.; Tartaruga, Mp.; Correa, Cs.; Almeida, Apv.; Silva, Em.; Laitano, O.; Kruel, Lfm, , 2011. Neuromuscular economy, strength and endurance in healthy elderly men. *J Strength Cond Res* 25:997-1003.

Fragala, M, Kenny, A.M, Kuchel, G.A, 2015. Muscle Quality in Aging: a Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment. *Sports Med* DOI 10.1007/s40279-015-0305-z.

Frontera, W.R., C.N. Meredith, K.P. O'reilly, And W.J. Evans. Strength training and determinants of VO<sub>2</sub>max in older

Gibala, M. J, Little, J.P, Macdonald, M. J, Hawley, J.A, 2012. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *Physiol* 590.5 , 1077–1084.

Hartman, MJ, Fields, DA, Byrne, NM, and Hunter GR. Resistance training improves metabolic economy during functional tasks in older adults. *J Strength Cond Res* 21: 91–95, 2007.

Henwood, T. R.; Taaffe, D. R, 2005. Improved physical performance in older adults undertaking a short-term programme of high-velocity resistance training. *Gerontology*. 51:108-115.

Herman, T.; Giladi, N.; Hausdorff, J. M, 2011. Properties of the 'timed up and go' test: more than meets the eye. *Gerontology*, v. 57, n. 3, p. 203-10.

Holviaala, J.; Kraemer, W.J.; Sillanpaa, E.; Karppinen, H.; Avela, J.; Kauhanen, A.; Häkkinen, A.; Häkkinen, K, 2012.. Effects of strength, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 112, 1335–1347.

Izquierdo, M, Ibanez, J, Hankkinen, K, Kraemer, WJ, Larrión, JL, and Gorostiaga, EM. Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med Sci Sports Exerc* 36: 435–443, 2004.

Izquierdo, M., Ibañez, J., Gorostiaga, E., Garrues, M., Zúñiga, A., Antón, A., Larrión, J.L., Häkkinen, K., 1999a. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol. Scand.* 167, 57–68.

Izquierdo, M., Ibañez, J., Häkkinen, K., Kraemer, W.J., Larrión, J.L., Gorostiaga, E.M., 2004. Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36, 435–443.

Mazzetti, S, Douglass, M, Yocum, A, Harber, M, 2007. Effect of Explosive versus Slow Contractions and Exercise Intensity on Energy Expenditure. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 0195-9131/0713908-1291/0.

Miljkovic, N.; Lim, J, Miljkovic, I.; Frontera, V, 2015. Aging Of Skeletal Muscle Fibers. *Ann Rehabil Med.* 39(2):155-162.

Mitranun, W, Deerochanawong, C, Tanaka, H, Suksom, D, 2014. Continuous vs interval training on glycemic control and macro and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scand J Med Sci Sports* .24: e69–e76.

Pereira, A.; Izquierdo, M.; Silva, A. J.; Costa, A. M.; Bastos, E.; Gonzalez-Badillo, J. J.; Marques, M. C., 2012. Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol*. 47:250-255.

Radaelli, R, Brusco, C.M, Lopez, P, Rech, A, Machado, C.M, Grazioli, R, Müller, D.C, Cadore, E.L, Pinto, R.S, 2018. Higher muscle power training volume is not determinant for the magnitude of neuromuscular improvements in elderly women. *Experimental Gerontology*.

Ramirez-Campillo, R. et al, 2014. High-speed resistance training is more effective than low-speed resistance training to increase functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol*, v. 58C, p. 51-57.

Reid, K.F., Fielding, R.A., 2012. Skeletal muscle power and functioning in older adults. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 40, 1–12.

Rikli, R. E.; Jones, C. J. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults, 1999. *Journal of Aging and Physical Activity*, v. 7, n. 2, p. 129-161.

Rognmo, O, Hetland, E, Helgerud, J, Hoff, J, and Slordahl, S.A, 2004. High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 11: 216.

Sayers, S. P, 2007. High-speed power training: a novel approach to resistance training in older men and women. A brief review and pilot study. *J Strength Cond Res*, v. 21, n. 2, p. 518-26.

Skelton, D. A. et al, 1995. Effects of resistance training on strength, power, and selected functional abilities of women aged 75 and older. *J Am Geriatr Soc*, v. 43, n. 10, p. 1081-7.

Studenski, S. et al, 2011. Gait speed and survival in older adults. *JAMA*, v. 305, n. 1, p. 50-8.

Suzuki, T.; Bean, J. F.; Fielding, R.A, 2001. Muscle power of the ankle flexors predicts functional performance in community-dwelling older women. *Jm Geriatr Soc*, v. 49, n. 9, p. 1161-7.

Wilhelm, E. N, Rech, A, Minozzo, F, Botton, C.B, Radaelli, R, Teixeira, B.C, Oliveira, A.R, Pinto, R.S, 2014. Concurrent strength and endurance training exercise sequence does not affect neuromuscular adaptations in older men. *Experimental Gerontology* 60 (2014) 207–214.

Wisloff, U, Ellingsen, K, Kemi, O.K, 2009. High-Intensity Interval Training to Maximize Cardiac Benefits of Exercise Training?. *American College of Sports Medicine*. 0091-6331/3703/139Y146.

## **CAPITULO V. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **Força máxima dinâmica**

Ambos os grupos foram igualmente eficientes no aumento da força máxima dinâmica dos extensores de joelhos e *leg press* após o período de treinamento.

### **Taxa de produção de força**

Após o período de treinamento ambos os grupos melhoraram de forma similar a TPF.

### **Tensão específica**

A tensão específica aumentou após as 16 semanas de treino, sem diferença entre os grupos.

### **Espessura muscular**

Ambos os grupos aumentaram a espessura muscular dos músculos RF, VL e VM após o período de treinamento sem diferença entre eles.

### **VO<sub>2</sub>pico**

O VO<sub>2</sub>pico aumentou após o período de treinamento, sem diferença entre os grupos.

### **Funcionalidade**

Ambos os grupos melhoraram o desempenho nos testes funcionais sentar e levantar, subir escadas e *timed up and go* após o período de treinamento.

### **Composição corporal**

Ambos os grupos melhoraram o percentual de gordura corporal e massa magra, assim como a massa magra absoluta após o período de treinamento.

### **Economia de movimento e W<sub>máx</sub>**

Após o período de treinamento, ambos os grupos melhoraram a economia de movimento e a potência máxima em ciclo ergômetro

O presente estudo parece ser o primeiro a descrever os efeitos do TC composto por dois métodos de treinamento de força (TFT e TP) combinado ao HIIT nas adaptações neuromusculares e  $VO_{2\text{pico}}$  de homens idosos. Os resultados sugerem que protocolos de treino com alta velocidade de execução e baixo volume e intensidade, são suficientes e eficientes na promoção de adaptações neuromusculares, assim como a sua combinação com o HIIT é eficaz na melhora da capacidade cardiorrespiratória e de variáveis de desempenho.

## ANEXO 1 - FICHA PARA ANAMNESE

Código do participante: \_\_\_\_\_ (Ex:AB12) Idade: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: // Telefone para contato:

Massa corporal total: \_\_\_\_\_ Estatura: \_\_\_\_\_

IMC: \_\_\_\_\_ Pressão arterial: /

Pratica exercício físico regularmente?

Sim. Qual? \_\_\_\_\_ Faz quanto tempo? \_\_\_\_\_

Não

Praticava. Quando parou? \_\_\_\_\_

É fumante?

Sim

Não

Parou. Faz quanto tempo? \_\_\_\_\_

Apresenta ou já apresentou:

Artrite

Asma ou bronquite

Hérnia

Diabetes

Hipertensão arterial

Doenças arterial coronariana

Hipertiriodismo

Hipotiriodismo

Doenças hipofisárias

Outra (outra doença cardiovascular, câncer, etc). Qual?

---

Possui histórico familiar de:

Diabetes

Doenças cardiovasculares. Qual? \_\_\_\_\_

Atualmente possui acompanhamento médico?

Sim

Não

Utiliza algum medicamento, complemento ou suplemento alimentar?

Sim. Qual/quais? \_\_\_\_\_

Não

Tem conhecimento de seus níveis de colesterol sanguíneo?

Sim. Como estão (elevados, limítrofes, desejáveis)? \_\_\_\_\_

Não

Atualmente faz alguma dieta de restrição alimentar?

Sim

Não

## **ANEXO 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado a participar desta pesquisa que denomina-se “EFEITOS DO TREINAMENTO CONCORRENTE ASSOCIADO A POTÊNCIA SOBRE FUNÇÃO NEUROMUSCULAR E A FUNCIONALIDADE DE HOMENS IDOSOS”, vinculada ao Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O pesquisador responsável por esta pesquisa é: Eduardo Lusa Cadore.

O objetivo desta pesquisa é avaliar as respostas do treinamento concorrente sobre o desenvolvimento da força, potência muscular, alterações na massa muscular, composição corporal e capacidade funcional de forma crônica.

A sua colaboração consistirá em realizar avaliações de força máxima através de um equipamento de musculação para membros inferiores, de potência muscular através da realização saltos, da composição corporal através de um equipamento de imagem, da capacidade aeróbica através de teste ergométrico, da capacidade de realizar tarefas da vida diária através de testes funcionais, responder a uma anamnese e questionário de atividade física, antes e após o período de treinamento.

Dois grupos irão compor o estudo: grupo de treinamento concorrente com treinamento de força tradicional (onde os exercícios serão realizados de forma lenta) e grupo concorrente com treinamento de potência muscular (exercícios realizados em dois momentos: rápido e lento) e sua locação no grupo será realizada a partir de uma randomização. O treinamento que você executará será de aproximadamente uma hora, o qual será dividido em treinamento de força e treinamento aeróbico, durante 16 semanas, com frequência de duas sessões de treinamento semanais com pelo menos 48 horas de intervalo entre as sessões de treinamento. Você deve estar ciente que não poderá mais fazer parte do projeto caso não participar de pelo menos 30 sessões de treinamento ou apresente mais do que duas faltas consecutivas.

Como risco, durante a realização do exercício você poderá sentir algum desconforto ou dor muscular tardia devido à intensidade do exercício físico, cansaço posteriormente, assim como possibilidade de lesões musculares durante o período de testes e treinamento. Porém, você poderá interromper os testes e o treinamento a qualquer momento, ao seu critério.

Como benefício você terá os resultados de todos os testes que realizar durante o estudo, como composição corporal, FC máxima mensurada no teste de ergometria,

valores de força máxima dinâmica e testes funcionais. Estes dados poderão ser utilizados para subsidiar um treinamento físico futuro além de servir como indicador do estado de saúde. Além disso, você será beneficiado através das adaptações fisiológicas proporcionadas pelo treinamento, assim como, espera-se sensibilizá-lo com relação à importância da prática de atividades físicas regulares com o acompanhamento do Profissional de Educação Física. O treinamento concorrente implica em incrementos significativos na força e hipertrofia muscular e no consumo máximo de oxigênio, repercutindo assim positivamente sobre a funcionalidade e a saúde.

Os dados do estudo serão utilizados na produção da pesquisa e também na produção de artigos científicos e os nomes dos participantes da pesquisa serão preservados, assim como informações que possam revelar a identificação da/o participante. A participação nesse estudo é voluntária, portanto não envolve custos aos participantes. Se houver qualquer despesa decorrente de sua participação, como custos com deslocamento até o local dos testes, você será ressarcido integralmente quanto a estes custos.

Caso você decidir não participar ou quiser desistir de continuar em qualquer momento, tem absoluta liberdade de fazê-lo. A sua participação não traz complicações legais. Você não será penalizado de nenhuma maneira caso decida não consentir sua participação, ou desistir da mesma. Contudo, ela é muito importante para a execução da pesquisa.

Os procedimentos deste estudo obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme a Resolução no466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Os procedimentos usados oferecem um risco mínimo a você como mencionado anteriormente. No entanto, caso algo ocorra, estou habilitado(a) a ajuda-lo(a) a amenizar/acabar com riscos/problemas gerados pela participação na pesquisa através de atendimento imediato por Assistência Médica de Emergência 192. Caso você sofra qualquer tipo de dano maior previsto ou não resultante de sua participação no estudo, além do direito à assistência imediata, integral e gratuita, você tem direito à indenização, conforme itens III.2.0,IV.4.c, V.3, V.5 e V.6 da Resolução CNS 466/12.

Os dados confidenciais da pesquisa serão guardados em local seguro, no Laboratório de Pesquisa do Exercício a qual a(o) pesquisadora(o) faz parte, por um prazo de 5 anos. Após esse prazo, tais documentos passarão por um processo de

reciclagem. Caso houver dúvidas em relação a esta pesquisa, entre em contato com o pesquisador responsável, Eduardo Lusa Cadore, através do telefone (51) 991193651 ou email: edcadore@yahoo.com.br.

Em caso de dúvida quanto à condução ética deste estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (telefone: 51 33083738). O Comitê de Ética é a instância que tem por objetivo defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos

Solicitamos o seu consentimento de forma livre e esclarecida para participar desta pesquisa, em duas vias, uma para você e uma para o pesquisador.

#### CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIMENTO

Tendo em vista os itens acima apresentados eu,

\_\_\_\_\_

de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa EFEITOS DO TREINAMENTO CONCORRENTE ASSOCIADO A POTÊNCIA SOBRE FUNÇÃO NEUROMUSCULAR E A FUNCIONALIDADE DE HOMENS IDOSOS.

Assinatura do Participante da Pesquisa \_\_\_\_\_

Pesquisador(a) responsável: \_\_\_\_\_

Local e data: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

### **ANEXO 3- PARECER DE APROVAÇÃO**

Dados do projeto de pesquisa

Título da pesquisa: Efeitos do Treinamento Concorrente Associado à Potência Sobre Função Neuromuscular e a Funcionalidade de Homens Idosos

Pesquisador: Eduardo Lusa Cadore

Área temática:

Versão: 3

Caae: 79277917.3.0000.5347

Instituição proponente: Escola De Educação Física Da Universidade Do Rio Grande Do Sul

Patrocinador Principal: Financiamento próprio

Dados do parecer

Número do parecer: 2.465.375

Apresentação do projeto:

Trata-se da terceira análise do projeto de pesquisa vinculado a Escola De Educacao Fisica, Fisioterapia E Danca Da UFRGS, com participacao dos pesquisadores Eduardo Lusa Cadore, Diana Carolina Muller e Ronei Silveira Pinto.

O projeto pretende avaliar dois programas de treinamento concorrente em idosos, visto que o mesmo implica em incrementos significativos na força e hipertrofia muscular e no consumo máximo de oxigênio.

Objetivo da pesquisa:

Objetivo Geral

Verificar o efeito de 16 semanas de dois modelos de treinamento concorrente (TC), treino de força tradicional (TFT) + treino aeróbico (TA) e treino de potência (TP) + treino aeróbico, sobre a função neuromuscular e a funcionalidade de homens idosos, bem como comparar a efetividade de ambos sobre tais variáveis.

Objetivos Específicos:

Verificar e comparar o efeito do tc realizado com TFT e TP em homens idosos após 16 semanas de treinamento e sua repercussão sobre:

- força máxima dinâmica (1-RM);
- taxa de produção de torque (TPT) na extensão de joelho;
- Espessura muscular dos músculos do quadríceps femoral;
- Composição corporal (gordura corporal total e visceral, massa corporal total e a massa magra);
- Potência muscular dos membros inferiores;
- Consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub> máx);
- Funcionalidade dos membros inferiores.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Havia PENDÊNCIA na versão anterior, visto que os riscos diferiam entre os documentos. Como eles se complementam, foi solicitado o ajuste. Ainda nessa versão os riscos de lesão muscular mencionados no TCLE agora aparecem no projeto e no formulário da Plataforma Brasil.

Os riscos descritos no projeto completo e no formulário da Plataforma Brasil estão descritos da seguinte forma "Como risco, durante a realização do exercício o sujeito poderá sentir algum desconforto ou dor muscular tardia devido à intensidade do exercício físico, assim como cansaço posteriormente. Como maneira de amenizar este fator, será oferecida uma cadeira confortável e água fresca para repouso após a atividade. Caso algum evento ocorra durante a realização dos procedimentos, os participantes serão assistidos através de atendimento imediato por sistema de ambulância. Qualquer tipo de dano maior previsto ou não, resultante da participação no estudo, além do direito à assistência imediata, integral e gratuita, os participantes terão direito à indenização, conforme itens III.2.0,IV.4.c, V.3, V.5 e V.6 da Resolução CNS 466/12."

#### Benefícios:

"Como benefício o sujeito terá os resultados de todos os testes que realizar durante o estudo, como composição corporal, FC máxima mensurada no teste de ergometria, valores de força máxima dinâmica e testes funcionais. Estes dados poderão ser utilizados para subsidiar um treinamento físico futuro além de servir como indicador do estado de saúde. Além disso, os participantes serão beneficiados através das adaptações fisiológicas proporcionadas pelo treinamento, assim como, espera-se sensibilizá-los com relação à importância da prática de atividades físicas regulares com o acompanhamento do Profissional de Educação Física. O treinamento concorrente implica em incrementos significativos na força e hipertrofia muscular e no consumo máximo de oxigênio, repercutindo assim positivamente sobre a funcionalidade e a saúde dos participantes."

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A amostra será composta por 40 participantes (número determinado por cálculo amostral, incluindo 10% de perdas) tendo como critério de inclusão possuir 60 anos ou mais; não ter participado de qualquer programa de exercício físico sistemático por pelo menos seis meses prévios ao início do estudo; possuir índice de massa corporal (IMC) entre 18,5 e 29,9 kg.m<sup>-2</sup>; apresentar eletrocardiograma de esforço (ECG) realizado com no máximo um ano precedente ao ingresso no estudo, contendo avaliação médica que autorize a prática de exercícios físicos. Os critérios de exclusão são apresentarem problemas articulares que impossibilitem a rotina de treinamento; apresentarem quadro recente de tabagismo; apresentarem alterações sugestivas de arritmia ou isquemia entre outras alterações sugestivas de cardiopatias que contraindiquem a realização do protocolo do presente estudo. Esse critério de exclusão será avaliado pelo médico cardiologista responsável no Laboratório de Pesquisa do Exercício da UFRGS; não participarem de pelo menos 30 sessões de treinamento ou faltarem duas sessões de treinamento consecutivas. A seleção da amostra ocorrerá por meio de anúncios em jornais e via internet. O desenho experimental do estudo envolve na primeira visita ao laboratório a avaliação antropométrica (estatura, massa corporal total), responderá um recordatório alimentar e o questionário internacional de atividade física, também será familiarizado com os testes funcionais, de força e potência muscular utilizados nos testes pré treinamento (PRÉ) e após 8 e 16 semanas de treinamento. Após esse período, aproximadamente duas semanas, os participantes serão submetidos a dois dias de avaliação (com um período mínimo de intervalo entre eles de 48h). No primeiro dia será realizado o teste de composição corporal (massa de tecido adiposo total e massa livre de gordura) por meio do DEXA; a avaliação da espessura dos músculos extensores de joelho por meio de equipamento de ultrassonografia, e testes de 1-RM. No segundo dia de testes será realizada a TPT, o VO<sub>2</sub> máximo usando um sistema de ergoespirometria de circuito aberto por analisador de gases utilizando o modo de coleta a cada respiração; e o desempenho nos testes funcionais.

Após a realização das avaliações os sujeitos serão submetidos a um período controle de quatro semanas onde serão orientados a não modificar as suas rotinas diárias ou engajarem-se em programas de exercício físico regular. Após esse período os sujeitos serão novamente recrutados ao laboratório para a realização dos testes anteriormente descritos e a partir de então randomizados em dois grupos experimentais, TCf e TCp. O programa de treinamento será iniciado 48h após o segundo dia de avaliações, e será constituído por 16 semanas de treinamento no total, com duas sessões de treino por semana (32 sessões de treinamento).

Após 8 semanas de treinamento e ao final das 16 semanas, os participantes comparecerão ao laboratório em dois dias diferentes, com intervalo mínimo de 48h entre eles, para passarem pelas avaliações anteriormente realizadas. Todos os participantes serão instruídos a não modificar sua rotina e hábitos alimentares ao longo do estudo e todas as avaliações e questionários serão novamente realizadas e aplicados pré e pós 8 e 16 semanas pelos mesmos avaliadores, cegos em relação aos grupos de treinamento que os participantes serão alocados.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos que seguem, ainda necessitavam de ajustes:

- Projeto completo:

- Ajustar os riscos e benefícios de forma que sejam os mesmos em todos os documentos apresentados - PENDÊNCIA ATENDIDA.

- Substituir o "Nome" nos anexos A e C por códigos alfanúmericos. PENDÊNCIA ATENDIDA.

- Formulário da Plataforma Brasil;

- Ajustar os riscos e benefícios de forma que sejam os mesmos em todos os documentos apresentados - PENDÊNCIA ATENDIDA.

- TCLE:

- Na descrição dos testes (ex. testes composição corporal por Densitometria por absorção de raios-X de dupla energia) utilizar uma linguagem mais simples. ESSA INFORMAÇÃO FOI RETIRADA DO TCLE. PORÉM, A LINGUAGEM DA DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS AINDA PERMANECEU MUITO COMPLEXA PARA COMPREENSÃO DE UM LEIGO - PENDÊNCIA ATENDIDA

- Ajustar os riscos e benefícios de forma que sejam os mesmos em todos os documentos apresentados - PENDÊNCIA ATENDIDA;

- Incluir espaço para assinatura do pesquisador responsável - PENDÊNCIA PARCIALMENTE ATENDIDA NA ÚLTIMA VERSÃO. FOI INFORMADO COMO PESQUISADOR RESPONSÁVEL A ALUNA ENVOLVIDA NA PESQUISA E NÃO O PROFESSOR PESQUISADOR. O PESQUISADOR RESPONSÁVEL É O PROFESSOR DA INSTITUIÇÃO E NÃO O ALUNO - NA VERSÃO ATUAL A PENDÊNCIA FOI ATENDIDA.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto em condições de aprovação

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Aprovado

.