

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

Daniel de Souza Teixeira

**EFEITO DA EDUCAÇÃO CRUZADA SOBRE A FUNÇÃO MUSCULAR DURANTE  
O DESTREINAMENTO EM MULHERES IDOSAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração “Esporte e Exercício” (Linha de pesquisa: Exercício Físico, Ajustes e Adaptações Neuromusculares, Cardiorrespiratórias e Endócrino-metabólicas), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Dr. Fábio Lera Orsatti

UBERABA

2018

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do  
Triângulo Mineiro**

T265e      Teixeira, Daniel de Souza  
              Efeito da educação cruzada sobre a função muscular durante o destreina-  
              mento em mulheres idosas / Daniel de Souza Teixeira. -- 2018.  
              52 f. : tab.

              Dissertação (Mestrado em Educação Física) -- Universidade Federal do  
              Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2018

              Orientador: Prof. Dr. Fábio Lera Orsatti

              1. Educação física para idosos. 2. Aptidão física em idosos. 3. Idosos - Saú-  
              de e higiene. 4. Exercícios físicos para idosos. I. Orsatti, Fábio Lera. II. Uni-  
              versidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 613.71-053.9

Daniel de Souza Teixeira

**EFEITO DA EDUCAÇÃO CRUZADA SOBRE A FUNÇÃO MUSCULAR DURANTE  
O DESTREINAMENTO EM MULHERES IDOSAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração “Esporte e Exercício” (Linha de pesquisa: Exercício Físico, Ajustes e Adaptações Neuromusculares, Cardiorrespiratórias e Endócrino-metabólicas.), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Aprovada em 31 de julho de 2018

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Fábio Lera Orsatti – Orientador  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciane Aparecida Pascucci Sande de Souza  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

---

Prof. Dr. Paulo Ricardo Prado Nunes  
Centro Universitário do Planalto de Araxá

Dedico este trabalho à memória do meu irmão Danilo e do meu pai Dasio. À minha mãe Denise, pelo apoio e incentivo e aos demais familiares que desejam meu sucesso. À minha querida esposa Lucilene que, sem seu apoio e conselhos, não conseguiria concluir essa etapa. Ao meu querido filho Rafael, que esse documento sirva de incentivo para que ele possa seguir o caminho da boa educação. E a DEUS pela força e inspiração para conclusão desse estudo.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor orientador Fábio Lera Orsatti, por ter permitido que eu participasse do grupo de pesquisa BioEX, pela convivência salutar, pelo conhecimento e experiência adquiridos ao longo desses anos, pela confiança no meu trabalho e principalmente pela generosidade e compreensão.

Aos membros do BioEX, Cristiane Maria de Castro Franco, Jairo de Freitas Rodrigues de Souza, Fernanda Maria Martins, Gersiel de Oliveira, Danyelle Cristina da Silva Pelet, Anselmo Alves de Oliveira, Gederson Kardec Gomes, Ana Alice Neves, pelo companheirismo e amizade e principalmente ao Marcelo Augusto da Silva Carneiro pela sincera amizade e essencial ajuda para a condução do estudo.

Às voluntárias da pesquisa, que foram imprescindíveis para o desenvolvimento deste trabalho.

Às funcionários do PPGEF, Angélica Fatureto e Ana Lúcia de Figueiredo, que, sempre disponíveis, auxiliaram nas demandas.

Aos funcionários da limpeza e portaria do PPGEF pela paciência e disponibilidade para colaborarem com a pesquisa.

No mais, a todos que de alguma forma contribuíram para a execução do estudo e de meu aprimoramento profissional.

## RESUMO

Idosos apresentam incapacidade de recuperar totalmente função muscular com o retorno das atividades após um período de inatividade física. Assim, evitar a inatividade física é uma estratégia importante para impedir a perda de função muscular. Porém, em certas situações, tal como lesões osteomusculares, uma parte do corpo (uma perna ou um braço) é forçada (*e.g.* dor) a inatividade física (ou baixa atividade física) para a recuperação. Neste sentido, a estratégia que parece ser a mais adequada é a educação cruzada, na qual o treinamento de um membro promove adaptações no membro contralateral não treinado, evitando a perda da função muscular do membro inativo. Porém, essa estratégia ainda não foi testada em idosos ativos. O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de quatro semanas de educação cruzada sobre a função do quadríceps durante o destreinamento. Foram selecionadas 19 idosas que passaram por um período de treinamento de 10 semanas conduzido previamente. Essas idosas foram randomizadas em grupo controle (CO),  $n= 8$ , ou transferência cruzada (TC),  $n= 11$ . Foram avaliados uma repetição máxima (1RM), força, torque, potência, velocidade e atividade mioelétrica (EMG) antes e após um período de quatro semanas de destreinamento e de educação cruzada na cadeira extensora unilateral. O grupo TC realizou exercício de extensão unilateral de joelho, sendo a primeira semana: três séries de dez repetições com carga de 70% de 1RM, segunda semana: três series de oito repetições com carga de 75% de 1RM, terceira semana: três series de oito repetições com carga de 80% de 1RM e quarta semana: três séries de seis repetições com carga de 85% de 1RM. Após quatro semanas, 1RM, a força (N) média em 40% e em 60% de 1RM, torques médios em 40% e 60% de 1RM reduziram em ambos os grupos ( $P<0,001$ ), sem interação entre eles ( $P>0,05$ ). Houve redução do pico de torque a 60% no grupo CO, mas não para o grupo TC ( $P=0,044$ ). Ocorreu redução da potência média e pico a 60% somente no grupo CO ( $P=0,003$  e  $P=0,022$ , respectivamente). No entanto, para a velocidade pico e médio em 60% de 1 RM, o grupo CO apresentou redução, enquanto o grupo TC apresentou manutenção ( $P = 0,039$  e  $P = 0,035$ , respectivamente). Para a EMG do teste de 1RM (RMS ou pico) corrigida pela a EMG do teste de CIVM (RMS ou pico), somente o grupo transferência mostrou aumento sobre essa variável no teste de 60% de 1RM (RMS/RMS da CIVM:  $P = 0,037$  e PICO/PICO CIVM:  $P = 0,027$ ). Portanto, o treinamento proporcionou respostas positivas para o grupo TC, sugerindo que a educação cruzada pode evitar os efeitos de quatro semanas de destreinamento sobre a força e a potência musculares em idosos. Além disso, as adaptações parecem estar associadas à

especificidade da carga de treinamento e por adaptações neurais verificadas através da atividade mioelétrica.

Palavras Chave: Educação Cruzada. Força Muscular. Exercício. Idoso.

## ABSTRACT

Elderly people are unable to fully recover muscle function with activities return after a period of physical inactivity. Thus, avoiding physical inactivity is an important strategy to prevent loss of muscle function. However, in certain situations, such as musculoskeletal injuries, a part of the body (a leg or arm) is forced (e.g. pain) to physical inactivity (or low physical activity) for recovery. In this sense, the strategy that seems to be the most adequate is cross-training, in which training of a limb promotes adaptations in the untrained contralateral limb, avoiding loss of muscle function of the inactive limb. However, this strategy has not yet been tested in the active elderly. The objective of this study was to verify the effect of four weeks of cross-training on quadriceps function during detraining. We selected 19 elderly women who underwent a 10-week training period previously conducted. These elderly women were randomized to control (CO),  $n = 8$ , or cross-transfer (CT),  $n = 11$ . A maximal repetition (1RM), strength, torque, power, speed and myoelectric activity after a four-week period of detraining and cross-training in the unilateral extensor chair. Group TC realized unilateral knee extension exercise, with the first week: three sets of ten repetitions with a load of 70% of 1RM, the second week: three sets of eight repetitions with a load of 75% of 1RM, the third week : three sets of eight replicates with 80% loading of 1RM and fourth week: three sets of six replicates with 85% loading of 1RM. After 4 weeks, 1RM, the mean (N) strength in 40% and in 60% of 1RM, mean 40% and 60% of 1RM reduced in both groups ( $P < 0.001$ ), with no interaction between them ( $P > 0.05$ ). There was a reduction of the torque peak at 60% in the CO group, but not for the TC group ( $P = 0.044$ ). There was reduction of mean and peak power at 60% in the CO group only ( $P = 0.003$  and  $P = 0.022$ , respectively). However, for the peak and average velocity at 60% of 1 RM, the CO group presented reduction, while the TC group presented maintenance ( $P = 0.039$  and  $P = 0.035$ , respectively). For the EMG of the 1RM (RMS or peak) test corrected for the EMG of the CIVM (RMS or peak) test, only the TC group showed increase over this variable in the 60% 1RM test (RMS / RMS of the CIVM:  $P = 0.037$  and PEAK / PEAK MIC:  $P = 0.027$ ). Therefore, the training provided positive responses to the TC group, suggesting that cross-training can avoid the effects of four weeks of detraining on muscle strength and potency in the elderly. In addition, the adaptations seem to be associated to the specificity of training load and neural adaptations verified through myoelectric activity.

**Key-words:** Cross-Training. Muscle Strength. Exercise. Aged.



## LISTA DE FIGURAS

### Figura

1 Randomização das idosas participantes do estudo .....	31
---	----

## LISTA DE TABELAS

### Tabela

1 Tabela adaptada de Rossato et al. (2017) para força muscular máxima em cadeira extensora e índice de massa muscular .....	32
2 Características da amostra pré-intervenção .....	37
3 Efeito do destreinamento sobre força 1RM, força (N), torque, potência, velocidade, amplitude, duração do movimento, eletromiografia de superfície .....	39

## LISTA DE SIGLAS

1RM - teste de uma repetição máxima  
CO - grupo controle  
CIVM - contração isométrica voluntária máxima  
TC - grupo transferência cruzada  
EMG – atividade mioelétrica  
EXT (Kg) - valor da cadeira extensora em quilos  
FP – força pico  
FM – força média  
KG - quilo  
IMC – índice de massa corporal  
IMM – índice de massa muscular  
m/s - metros por segundo  
mm – milímetro  
ms - milissegundo  
N - newton  
Nm – nanómetro  
 $\mu$ V - micro volts  
PP – potência pico  
PM – potência média  
RMS - amplitude quadrática média  
TP – torque pico  
TM – torque médio  
TR - todas voluntárias  
VL - músculo vasto lateral  
VP – velocidade pico  
VM – velocidade média  
W - watts

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.2 OBJETIVOS .....	16
<b>1.2.1 Objetivo geral</b> .....	16
<b>1.2.2 Objetivos específicos</b> .....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	17
2.1 EVIDÊNCIAS SOBRE A EDUCAÇÃO CRUZADA.....	17
2.2 MECANISMOS ENVOLVIDOS NA EDUCAÇÃO CRUZADA .....	22
2.3 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS ADVINDAS DO ENVELHECIMENTO E DO TREINAMENTO .....	28
<b>3 MÉTODOS</b> .....	30
3.1 DESENHO DO ESTUDO .....	30
3.2 SUJEITOS .....	31
3.3 TREINAMENTO .....	32
3.4 ANTROPOMETRIA .....	33
3.5 ATIVIDADE MIOELÉTRICA DE SUPERFÍCIE .....	33
3.6 TESTE DE CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA .....	34
3.7 FORÇA MUSCULAR MÁXIMA 1RM .....	35
3.8 TESTES DE TORQUE, POTENCIA, VELOCIDADE, AMPLITUDE DE MOVIMENTO E DURAÇÃO DE MOVIMENTO .....	35
4.10 ESTATÍSTICA .....	36
<b>4 RESULTADOS</b> .....	37
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	40
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	44
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	44

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de envelhecimento é acompanhado de alterações neuromusculares que levam à diminuição de função muscular (*e.g.* força e potência) com início aos 50 anos de idade e intensificado após os 70 anos (LARSSON; GRIMBY; KARLSSON, 1979; HUGHES et al., 1995). Essas mudanças decorrentes do envelhecimento envolvem diversos mecanismos neurais relacionados à diminuição das taxas de descarga da unidade motora (KAMEN et al., 1995; KLASS; BAUDRY; DUCHATEAU, 2008), aumento da co-ativação do músculo antagonista (HÄKKINEN et al., 1998; HAKKINEN et al., 2000; MACALUSO et al., 2002) e diminuição da ativação muscular voluntária máxima (HARRIDGE; KRYGER; STENSGAARD, 1999; SCAGLIONI et al., 2002; MAU-MOELLER et al., 2013); aumento da inibição intra-cortical e diminuição da facilitação intra-cortical (MCGINLEY et al., 2010); diminuição da excitabilidade das vias espinais excitatórias e inibitórias (KIDO; TANAKA; STEIN, 2004) e a diminuição da excitabilidade da via corticospinal (SALE, 2005). A diminuição da função muscular que acompanham o envelhecimento pode afetar negativamente a capacidade de realizar tarefas físicas diárias, levando a incapacidade funcional (KOZICKA; KOSTKA, 2016).

A manutenção da função muscular pelo exercício físico é uma estratégia amplamente usada para evitar a incapacidade funcional, que pode ocorrer por meio de quedas que podem levar a perda da independência e até a mortalidade (GINÉ-GARRIGA et al., 2014). Executando o treinamento de força, pode-se manter ou aumentar a resposta neuromuscular, minimizando os efeitos do envelhecimento (UNHJEM et al., 2015). As adaptações neurais advindas do treinamento de força em idosos incluem, além do já estabelecido aumento de força (HAKKINEN et al., 2000; LIU-AMBROSE et al., 2012; BEST et al., 2015; UNHJEM et al., 2015), aumentos da ativação muscular voluntária e padrões de co-ativação (HAKKINEN et al., 2000), aumentos de circulação de fator neurotrófico derivado do cérebro (FORTI et al., 2015), diminuições no processo de inibição cortical (LIU-AMBROSE et al., 2012), melhora do drive muscular (UNHJEM et al., 2015), aumento da massa branca no cérebro e melhoria da memória (BEST et al., 2015). Mesmo que o treinamento seja menos expressivo em idosos quando comparado aos indivíduos mais jovens (HINDER; CARROLL; SUMMERS, 2013), essas adaptações indicam que o simples e natural processo de envelhecimento não é fator limitante para ganhos neuromusculares provenientes do treinamento de força (DRAGERT; ZEHR, 2013a).

Por outro lado, várias condições, tais como doenças e acidentes, que podem provocar curtos períodos de inatividade física. Em indivíduos treinados, esse processo é chamado destreinamento. O destreinamento associado ao processo de envelhecimento pode levar a diminuição marcante das funções musculares (HÄKKINEN; ALÉN; KOMI, 1985; TAAFFE et al., 2009), aumentando o risco de incapacidade funcional, quedas e perda da independência (TEIXEIRA-SALMELA et al., 2005; VOGLER et al., 2012). Importante ressaltar que indivíduos idosos demonstram uma reduzida taxa de recuperação da função muscular comparado a indivíduos jovens (TORAMAN, 2005). Isso é relevante dado o fato que idosos podem apresentar uma capacidade funcional do músculo reduzida antes mesmo do período de destreinamento (VANDERVOORT, 2002).

Em situações clínicas que obriguem o indivíduo a permanecer com um dos membros imobilizados, como lesão osteo-muscular ou cirurgias, o destreinamento certamente acontecerá prejuízos físicos (SATTIN et al., 1990; MANDRYK, 1999; HORTOBAGYI et al., 2000; STEVENSON et al., 2003; CLARK et al., 2008; SUETTA et al., 2009; BARSS; PEARCEY; ZEHR, 2016). Entretanto, o treinamento unilateral pode ser uma ferramenta para minimizar o impacto dessas situações (FARTHING; KRENTZ; MAGNUS, 2009; MAGNUS et al., 2010a). Com o treinamento unilateral, os indivíduos que se encontrem nessas condições, nas quais não podem treinar normalmente o corpo todo, obterão benefícios não só no membro que se exercita, mas em ambos os membros (DRAGERT; ZEHR, 2013b; FARTHING; ZEHR, 2014). Esses benefícios serão advindos de um processo chamado educação cruzada.

A educação cruzada ou mais comumente chamada de transferência cruzada, descrita primariamente por Scripture; Smith; Brown (1894) pode ser definida como o aumento da força máxima do membro contralateral não treinado após período de treinamento de força no membro homólogo (FARTHING; CHILIBECK; BINSTED, 2005). Mais recentemente, adotou-se que não só a melhora da força, mas também no desempenho físico seriam característicos da educação cruzada (BARSS; PEARCEY; ZEHR, 2016). Uma metanálise sobre o assunto revelou aumento de 8% da força inicial do membro contralateral não treinado ou cerca de metade do aumento da força do membro treinado (CARROLL et al., 2006). Também já foram descritas que a educação cruzada proporciona melhoras no fluxo sanguíneo, implicando maior capacidade de *endurance* do membro contralateral não treinado (KANNUS et al., 1992; NAGEL; RICE, 2001). Evidências sugerem que a educação cruzada promove uma série de manifestações decorrentes de pequenas mudanças as quais ocorrem simultaneamente em vários níveis do sistema nervoso, incluindo corticais, vias reflexas sub-

corticais e espinais (BARSS; PEARCEY; ZEHR, 2016). Os mecanismos musculares como contribuintes para o aumento observado na força ou desempenho são praticamente descartados (LEE; CARROLL, 2007). As teorias mais robustas para os mecanismos da educação cruzada são as da interação entre os dois hemisférios cerebrais. Essas teorias são da ativação cruzada e do acesso bilateral (LEE et al., 2010; RUDDY; CARSON, 2013; BARSS; PEARCEY; ZEHR, 2016).

O treinamento envolvendo educação cruzada responde positivamente aos treinamentos isométrico, isotônico e isocinético, a contrações concêntrica e excêntrica, ocorre em grandes e em pequenos grupos musculares, em membros inferiores e nos superiores, no membro dominante e no não dominante, e já foi relatado efeitos da educação cruzada em músculos envolvidos com a articulação da mão, braço, joelho, tornozelo (HOUSH et al., 1992; PANZER et al., 2011; BEYER et al., 2016). Outra condição importante é a especificidade do treinamento e as variáveis do treinamento, como a complexidade de coordenação do treinamento, tipo de contração envolvida, o volume, a intensidade e a duração do exercício (HENDY; LAMON, 2017). O membro treinado apresenta resultados melhores nos testes quando são avaliados a mesma intensidade e movimento semelhantes aos do executado no treinamento. Assim, o treinamento contralateral produz a mesma resposta específica de movimento e velocidade nos membros não treinados relacionada aos membros treinados (BEHM; SALE, 1993).

Dessa forma, o treinamento do membro contralateral pode preservar os mecanismos neurais envolvidos com o domínio motor (ANDRUSHKO; GOULD; FARTHING, 2018) e pode evitar especialmente a diminuição de força (CARROLL et al., 2006). Essas adaptações já estão bem estabelecidas na literatura para indivíduos jovens, destreinados e do sexo masculino (WEIR et al., 1997; EVETOVICH et al., 1998; SHIMA et al., 2002). Porém pouco tem sido estudado sobre os efeitos funcionais de um programa de educação cruzada em idosos, especialmente em idosos treinados e o efeito do destreino nessa população. Para indivíduos que estejam impossibilitados de exercitarem o corpo todo, o treinamento unilateral, por meio da educação cruzada é capaz de produzir ganhos de força e desempenho e é capaz de manter as adaptações funcionais advindas do treinamento de força. A hipótese desse estudo é que a intervenção por meio do treinamento de educação cruzada proposto irá manter os ganhos funcionais adquiridos com treinamento de força.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Verificar os efeitos fisiológicos de quatro semanas de treinamento unilateral e do destreino sobre a função do quadríceps de idosas previamente treinadas.

### 1.2.2 Objetivo Específico

Verificar os efeitos da intervenção sobre as variáveis abaixo descritas:

- a) Força máxima (1RM) e da Força Média e PICO a 40% e 60% de 1 RM;
- b) Torque Médio e PICO a 40% e 60% de 1 RM;
- c) Potência Média e PICO a 40% e 60% de 1 RM;
- d) Velocidade Média e PICO a 40% e 60% de 1 RM;
- e) Amplitude de movimento a 40% e 60% de 1 RM;
- f) Duração do movimento a 40% e 60% de 1 RM;
- g) Atividade mioelétrica.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 EVIDÊNCIAS SOBRE A EDUCAÇÃO CRUZADA

O treinamento de um membro gera respostas específicas no membro contralateral homólogo em resposta a esse estímulo de treinamento. Esse fenômeno é chamado de educação cruzada ou treinamento contralateral ou, mais comumente, transferência cruzada (CARROLL et al., 2006; BARSS; PEARCEY; ZEHR, 2016). Essa forma de treinamento vem sendo estudada desde o século XIX, quando primeiramente Scripture; Smith; Brown (1894) realizaram estudo no qual Miss Brown apertou um bulbo de borracha, semelhante a do manguito de aferir pressão arterial, realizando 10 contrações máximas em 8 sessões com a mão direita. Já Miss Smith realizou um protocolo de treinamento de habilidade em passar uma agulha de costura em uma placa eletrificada com furos de diâmetro decrescente também com a mão direita, sendo que se a agulha tocasse a placa o teste terminava. Os resultados mostraram que Miss Smith aumentou sua porcentagem de testes bem sucedidos em aproximadamente 40% com o treinamento e Miss Brown aumentou em 70% a força da mão treinada. Para a mão não treinada, Miss Smith aumentou em 50% a precisão e Miss Brown aumentou cerca de 43% a força. Isso indicou que esses efeitos seriam concebidos devido a transferência cruzada.

A partir desses achados, vários estudos sobre educação cruzada vêm sendo realizados ao longo do tempo, e o que eles revalam é que o organismo responde positivamente a diferentes tipos de treinamento (isométrico, isotônico e isocinético) e tipos de contrações (concêntrica e excêntrica), em grandes ou pequenos grupos musculares, tanto em membros inferiores como nos superiores, assim como em membro dominante como não dominante, em músculos da mão, braço, joelho, tornozelo (HOUSH et al., 1992; PANZER et al. 2011; BEYER et al., 2016).

Estudos conduzidos da década de 1970 até o presente momento vêm reportando muitos achados promissores. Komi et al. (1978) em seu estudo, realizaram treinamento de força unilateral. O treinamento foi realizado 4 vezes por semana, durante 12 semanas com extensões isométricas máximas de joelho da perna direita. Os sujeitos exerceram contrações submáximas a 20%, 40%, 60% e 80%. Após um descanso de 10 min da última contração submáxima, o indivíduo foi instruído a manter uma carga isométrica de 60% o maior tempo possível como teste de fadiga. O treinamento foi realizado na mesma posição e com o mesmo aparato que todos os testes isométricos. Os resultados revelaram que, além de um aumento de 20% na força de extensão isométrica do joelho na perna treinada, um aumento médio de 11%

foi observado na força da perna não treinada. O controle não demonstrou qualquer alteração na força muscular.

Khouw; Herbert (1998) realizaram estudo verificando a força isométrica do flexor do cotovelo de indivíduos sedentários antes e após um período de treinamento. Os sujeitos foram aleatoriamente designados para direcionar intensidades de treinamento entre 0 e 100 por cento de uma contração voluntária máxima (2% para cada indivíduo), e realizaram treinamento isométrico supervisionado de flexores de cotovelo na intensidade alvo determinada 3 vezes por semana durante 6 semanas. O treino consistiu de 6 contrações realizadas no ângulo de 140° na intensidade alvo com intervalo de 1 minuto entre as contrações. Os aumentos de força no ângulo treinado do membro treinado foram linearmente relacionados à intensidade do treinamento, com os maiores aumentos de força ocorrendo em intensidades máximas ou perto das máximas. O aumento foi 19% maior para quem treinou perto do máximo quando comparado a quem treinou próximo de zero ( $P < 0,006$ ). Esses achados apontam para especificidade do treino de educação cruzada, no que diz respeito ao aumento de força no membro não treinado ocorrendo no mesmo ângulo que o membro treinado realizou o exercício.

Kannus et al. (1992) estudaram o desempenho do músculo extensor e flexor do joelho em voluntários que praticavam atividades físicas recreacionais. Alguns indivíduos treinaram usando uma perna 3 vezes por semana durante 7 semanas enquanto outro grupo serviu de controle. O treinamento teve características isocinéticas e isométricas. Ambos os músculos quadríceps e isquiotibiais dos indivíduos treinados mostraram efeito de educação cruzada do membro treinado para o lado não treinado. A mudança média no pico de torque do músculo quadríceps foi de +19% ( $P < 0,001$ ) no membro treinado, +11% ( $P < 0,01$ ) no membro destreinado e 0% nos membros controle e em músculos isquiotibiais, + 14% ( $P < 0,01$ ), + 5% e - 1%, respectivamente. Ainda, a potência aferida com o uso de dinamômetro isocinético a 60°/s revelou que o músculo quadríceps teve aumento médio de 11% ( $P < 0,01$ ) na perna treinada, 8% na perna não treinada ( $P < 0,01$ ) e diminuição de 2% na perna controle. Nos músculos isquiotibiais, as alterações foram semelhantes, mas menores: 7% ( $P < 0,05$ ), 2% e 0%, respectivamente. Para 240 °/s, o músculo quadríceps das pernas treinadas apresentou aumento de 11% ( $P < 0,001$ ), aumento de 8% nas pernas não treinadas ( $P < 0,05$ ) e queda nas pernas controle de 2%. Em relação ao músculo isquiotibial, os valores foram de 16% ( $P < 0,01$ ), 6% e - 1%, respectivamente. Esse estudo revelou que houve ganhos advindos dos efeitos da educação cruzada na força, torque e potência ocorrerem nos músculos do

quadríceps e isquiotibiais e diminuições no controle, apontando para eficiência do treinamento cruzado.

Evetovich et al. (2001) também investigaram os efeitos do treinamento isocinético unilateral concêntrico de extensão de perna no pico de torque em membros treinados e não treinados. O grupo treinamento realizou 6 séries de 10 extensões de perna do membro não dominante a uma velocidade de 90°/s, 3 dias por semana durante 12 semanas, enquanto o controle não realizou atividades. Os resultados revelaram aumento significativo ( $p < 0,05$ ) no pico de torque ao longo das 12 semanas no membro treinado e não treinado para o grupo treinamento, mas nenhuma mudança significativa em nenhum membro para o controle. Os dados de eletromiografia não indicaram alteração significativa na amplitude quadrática no membro treinado ou não treinado para o grupo treinamento ou controle. Esse estudo revelou que o aumento no pico de torque na ausência de alteração na eletromiografia pode ser resultante de fatores hipertróficos e/ou de alterações nos outros músculos ou grupos musculares envolvidos na extensão da perna. Ele ainda, apontou que o aumento da força não foi capaz de modificar a atividade mioelétrica. Interessante ressaltar que a explicação para esses achados reside apenas em fatores musculares, não levando em conta fatores neurais centrais e periféricos.

Já Shima et al. (2002) examinaram as mudanças na contração isométrica voluntária máxima no membro não treinado contralateral durante o treinamento com pesos unilateral e destreino. Eles recrutaram 9 homens destreinados com idade média de  $26,2 \pm 4,6$  anos, que treinaram seus músculos flexores plantares unilateralmente 4 dias por semana por um período de 6 semanas, realizando 3 séries de 10 a 12 repetições a 70-75% de uma repetição máxima por dia. O grupo controle foi composto por 6 homens. Após esse treinamento eles foram destreinados por 6 semanas. Após o treinamento, a contração voluntária máxima foi significativamente aumentada tanto no membro treinado ( $18,9 \pm 6,6\%$ ,  $P < 0,001$ ) quanto no membro contralateral ( $7,8 \pm 8,9\%$ ,  $P < 0,05$ ). Após o destreino, a contração voluntária máxima diminuiu no membro treinado comparado com o valor pós-treino ( $-6,2 \pm 3,7\%$ ,  $P < 0,01$ ), mas ainda era significativamente maior que o valor pré-treino ( $11,4 \pm 5,9\%$ ,  $P < 0,001$ ). Nesse sentido, o membro contralateral não foi significativamente alterado em relação ao valor pós 6 semanas de destreino ( $-3,9 \pm 7,4\%$ ,  $P > 0,05$ ). Treinamento e destreino não alteraram os valores de torques em nenhuma das medidas e em nenhum dos membros. Nesse mesmo estudo, os autores verificaram que a eletromiografia aumentou significativamente nos membros treinados ( $48,2 \pm 30,7\%$ ,  $P < 0,001$ ) e no membro contralateral ( $20,8 \pm 21,4\%$ ,  $P < 0,05$ ) após o treinamento. Após o destreino, aumentos na eletromiografia não foram

significativamente alterados no membro treinado ( $-10,4 \pm 11,8\%$ ,  $P > 0,05$ ) e no membro contralateral ( $-15,3 \pm 15,0\%$ ,  $P > 0,05$ ). Valores do destreino para a eletromiografia foram maiores que os valores do pré no membro treinado ( $30,4 \pm 17,3\%$ ,  $P < 0,01$ ), mas não no membro contralateral ( $2,0 \pm 24,1\%$ ,  $P > 0,05$ ). Esses achados apontaram para um aumento da atividade mioelétrica com o treinamento tanto no membro treinado quanto no membro não treinado e perdas insignificantes com o destreino, mostrando que a atividade elétrica aumentada pode ter relação direta com os ganhos observados para força e torque. Os achados ainda revelaram um possível efeito de conservação dos ganhos obtidos com as 6 semanas de treino cruzado no período pós 6 semanas de destreino.

Em outra linha de estudos, Tracy et al. (1999) examinaram o treinamento unilateral do quadríceps durante 9 semanas de treinamento com 5 séries progressivas 3 sessões por semana em homens e mulheres. Os autores verificaram que houve aumento de força semelhante no membro treinado para ambos os sexos, sendo que esse aumento foi de  $27 \pm 3\%$  para homens e  $29 \pm 4\%$  para mulheres. Eles encontraram também aumentos significativos de força nos quadríceps não treinados para ambos os sexos (homens:  $10 \pm 3\%$  e mulheres:  $12 \pm 4\%$ ). Os autores também observaram aumento significativo no pico de torque dos extensores do joelho para as pernas treinadas de homens ( $P < 0,05$ ), mas não em mulheres ( $P = 0,09$ ). Este aumento observado na perna treinada não foi significativamente diferente da perna não treinada para homens e mulheres. Esse estudo revelou que os ganhos advindos da educação cruzada independem do sexo.

Os efeitos da educação cruzada também foram examinados por Munn et al. (2005). Eles realizaram estudo com 115 indivíduos não treinados os quais foram submetidos a treinamento de flexão do cotovelo 3 vezes na semana por 6 semanas com uma carga máxima, de 6 a 8 repetições. Esses indivíduos foram aleatoriamente alocados para um grupo controle ou em um dos quatro grupos de treinamento sendo grupo 1: uma série em alta velocidade, grupo 2: uma série em baixa velocidade, grupo 3: três séries em alta velocidade, ou grupo 4: três séries em baixa velocidade. Os sujeitos do grupo controle participaram das sessões, mas não se exercitaram. O treinamento consistiu de flexão do cotovelo até a falha com carga de 80% de 1RM ou 6 a 8 repetições. O treinamento com uma série em velocidade lenta não produziu um aumento na força contralateral (efeito médio de  $-1\%$  ou  $-0,07$  kg; intervalo de confiança de 95%:  $-0,42$ - $0,28$  kg;  $P = 0,68$ ). No entanto, três séries aumentaram a força do braço não treinado em uma média de 7% da força inicial (efeito médio adicional de  $0,41$  kg; intervalo de confiança de 95%:  $0,06$ - $0,75$  kg;  $P = 0,022$ ). Houve uma tendência de o treinamento com contrações rápidas produzir um aumento maior na força contralateral do que

o treinamento lento (efeito médio adicional de 5% ou 0,31 kg; intervalo de confiança de 95%: -0,03-0,66 kg;  $P = 0,08$ ), mas não houve nenhuma interação entre o número de séries e a velocidade de treinamento. Com esses achados, os autores concluíram que três séries de exercícios resistidos unilaterais produzem pequenos, mas significativos aumentos de força contralaterais. Isso aponta para um dado importante já que uma série não produziu efeito e três séries produziram efeito.

Behm e Sale (1993) também treinaram voluntários com dorsiflexões balísticas unilaterais do tornozelo contra resistência que tornavam as contrações resultantes isométricas (em um membro) ou permitiam uma velocidade relativamente alta (5,23 rad/s em um dinamômetro isocinético) (noutro membro). As sessões de treinamento consistiram em cinco conjuntos de 10 contrações de cada tipo. O treinamento produziu a mesma resposta de treinamento específica de alta velocidade em ambos os membros ( $P < 0,001$ ). O pico de torque aumentou em 5,23 rad/s (38%) em comparação com velocidades mais baixas (0, 0,26, 0,52, 1,04, 1,55, 3,02 e 4,19 rad/s). Ambos os membros também mostraram aumentos semelhantes na taxa isométrica voluntária de desenvolvimento de torque (26%). Os autores sugeriram que as respostas de treinamento, anteriormente associadas especificamente ao treinamento com pesos de alta velocidade, foram produzidas por um regime de treinamento que impedia um movimento rápido real através de uma amplitude de movimento. Assim, os resultados sugerem que os principais estímulos para a resposta de treinamento de alta velocidade são as tentativas repetidas de se realizar contrações balísticas e a alta taxa de desenvolvimento de força da contração subsequente. Ou seja, para o aumento no torque sugere-se que a tentativa de executar o movimento que é responsável por gerar o aumento de torque. Em resumo, acredita-se que executar o movimento em alta velocidade gera aumento significativo no torque e, de forma interessante, a tentativa de executar o movimento gerou ganhos. Isso nos leva a crer que o componente neural esteve diretamente relacionado a esse ganho pós o fato de pensar o movimento foi atribuído ao ganho obtido.

Lee; Gandevia; Carroll (2008) investigaram os efeitos de 4 semanas de um treinamento de força com contrações isométricas voluntárias máximas de extensão do punho direito. Eles encontraram um aumento da contração voluntária máxima em ambos os punhos, no punho treinado ( $31,5 \pm 18\%$ ,  $p < 0,001$ ) o no punho destreinado ( $8,2 \pm 9,7\%$ ,  $p = 0,02$ ). A amplitude das contrações das contrações voluntárias máximas de extensão diminuiu em 35% ( $\pm 20\%$ ,  $p < 0,01$ ), o que contribuiu para um aumento significativo na ativação voluntária ( $2,9 \pm 3,5\%$ ,  $p < 0,01$ ). Respostas eletromiográficas à estimulação cortical e periférica permaneceram inalteradas pelo treinamento. Não houve mudanças significativas para o grupo

controle que não treinou. Esses autores observaram diminuição da amplitude das contrações voluntárias máximas, da ordem de 35%. Da mesma forma, Farthing; Chilibeck; Binsted (2005) realizaram treinamento de força foi de 6 semanas de desvio ulnar isométrico máximo, 4 vezes na semanas. No início, foram 2 séries com 8 repetições evoluindo para seis séries de 8 repetições. A alteração na força no membro destreinado foi maior no grupo da mão direita (39,2%;  $P < 0,01$ ), enquanto que nenhuma alteração significativa na força foi observada para o membro destreinado do grupo da mão esquerda (9,3%) ou para qualquer um dos grupos controle (10,4% e 12,2%). O treinamento de força também aumentou a força dos membros treinados nos grupos de mão esquerda (41,9%,  $P < 0,01$ ) e direita (25,9%;  $P < 0,01$ ). A ativação eletromiográfica do agonista de membro treinado aumentou com o treinamento ( $P < 0,05$ ) sem alteração do antagonista. Mudanças na EMG de membros não treinados não foram diferentes em comparação com o controle. Esses achados revelam que os ganhos ocorrem no membro treinado e do não treinado e ainda, sugerem que os ganhos podem ser maiores nos membros não dominantes.

Em metanálise conduzida por Carrol et al., 2006, houve análise de 16 estudos, sendo a maioria de flexores de cotovelo e extensores de joelho, isometricamente ou isocineticamente, usando contrações voluntárias máximas. O tempo dos estudos eram de 4 a 12 semanas, 15 a 48 sessões de treinamento, intensidades de 55 a 100% de uma contração máxima. O resultado revelou que a educação cruzada produz em média um aumento na força do membro contralateral da ordem de 8%, comparada a força inicial, e que esse aumento é de 52%, cerca da metade, do ganho de força do membro treinado.

## 2.2 MECANISMOS ENVOLVIDOS NA EDUCAÇÃO CRUZADA

Os mecanismos envolvidos no processo de educação cruzada parecem ainda não estarem totalmente claros e desvendados (CARROLL et al., 2006). Porém, indícios robustos existem sobre quais seriam os mais mecanismos mais prováveis. Em metanálise conduzida por Carroll et al. (2006), são abordados cinco possíveis mecanismos, que são os mecanismos musculares, mecanismos neurais, mecanismos da medula espinhal, mecanismos corticais, mecanismos subcorticais.

Os mecanismos musculares incluem a hipertrofia, mudanças nas concentrações das enzimas musculares e modificações na composição proteica contráctil, porém em estudos que envolviam medidas antropométricas, avaliações de imagem ou histológicas do tipo de fibra e ou transversais do músculo, mostraram que a área muscular não sofreu mudanças, revelando

ausência de adaptações musculares contralaterais com o treinamento cruzado (MEDICINE; 1979, ; HOUSTON et al., 1983; NARICI et al., 1989; PLOUTZ et al., 1994; HORTOBAGYI et al., 1996). As adaptações anabólicas parecem ter maior possibilidade de ocorrer, mas como os efeitos da educação cruzada são específicos do membro homólogo, parece não ser esse o caminho das adaptações ocorridas com a educação cruzada (CARROLL et al., 2006). Existem indícios que ocorre menor ativação da unidade motora no membro não treinado durante treinamento unilateral (FARTHING; CHILIBECK; BINSTED, 2005), fortalecendo a ideia que mudanças musculares significativas não ocorram sem a atividade da unidade motora (CARROLL et al., 2006). Sendo assim, a contribuição dos mecanismos musculares, para educação cruzada estão praticamente descartadas.

Os efeitos da educação cruzada estariam relacionados há uma mudança no sistema nervoso central, que poderia ocorrer por um aumento no drive neural para os músculos agonistas e sinérgicos ou redução para os músculos antagonistas. A mudança no padrão da atividade neural associada ao impulso motor e modificações adaptativas nos circuitos neurais envolvidos no planejamento e execuções motoras parece ser o principal mecanismo (CARROLL et al., 2006).

A educação cruzada também pode ter relação com mecanismos da medula espinhal, por meio de uma complexa rede de circuitos que exerce influência na execução motora. Ações reflexas nos motoneurônios e a modulação de comandos descendentes mediarão esse processo. Evidências sugerem que o circuito espinhal é modificado pelo treinamento de força (AAGAARD et al., 2002; CARROLL; RIEK; CARSON, 2002).

Seguindo essa linha, Lagerquist; Zehr; Docherty (2006) não encontraram alteração na amplitude do reflexo H (componente eletrofisiológico do reflexo monossimpático) no membro oposto, não treinado, após treinamento isométrico que aumentou a amplitude desse mesmo reflexo no membro treinado. Esses achados sugerem que as adaptações no circuito de reflexo de estiramento autogênico não são o principal contribuinte para o efeito de treinamento de força contralateral. Porém é possível que haja adaptações de outros circuitos espinhais, porque contração ou movimento unilateral resulta em modulação de ganho de circuitos espinhais contralaterais (CARROLL et al., 2006).

Os mecanismos corticais envolvem uma gama de circuitos distribuídos ao longo dos lobos frontais que são relacionados ao planejamento e a execução dos movimentos, além de conexões inter-hemisféricas através do corpo caloso entre a maioria áreas motoras corticais, bem como corticospinhais bilaterais e ipsilaterais que exercem projeções para muitos músculos proximais (CARSON, 2005). Também existem inúmeros locais de interação

cortical cruzada que poderia contribuir para o efeito de treinamento de força contralateral. Destes locais, motoneurônios ipsilaterais e fibras corticospinais ramificadas projetam para motoneurônios bilateralmente, mas parecem ter menor influência no treinamento de força contralateral. Isso ocorre porque essas projeções têm maior ação em músculos axiais, e podem até estar ausentes para os músculos dos membros distais. Isso pode ocorrer mesmo conhecendo que os efeitos de treinamento de força contralateral de pode ser proporcionado por todo o corpo, incluindo a mão (MUNN, J.; HERBERT, R.D.; GANDEVIA, 2004; HORTOBAGYI, 2005).

Algumas interações inter-hemisféricas fornecem base para a primeira classe de mecanismo que poderia mediar o efeito de treinamento de força contralateral. Sendo que a forte contração de um membro afeta o ganho do circuito cortical ipsilateral que, com a execução repetida, poderia induzir adaptações no sistema de controle do membro não treinado propiciando um acionamento motor mais eficaz quando o membro destreinado é contraído ao máximo. Contrações unilaterais moderadas a fortes (40% contração voluntária máxima) facilitam as respostas à estimulação magnética transcraniana no membro em repouso (MUELLBACHER et al., 2000; LIEPERT et al., 2001; HORTOBÁGYI et al., 2003). Isto pode ser devido, em parte, à existência de conexões hemisféricas tanto excitatórias quanto inibitórias (HANAJIMA et al., 2001; SOHN et al., 2003) e, possivelmente, conexões dorsais do córtex pré-motor e cortex motor primário (MOCHIZUKI; HUANG; ROTHWELL, 2004). Outra possibilidade é que a modulação da excitabilidade do cortex motor primário ipsilateral é devida a entradas comuns em ambos os cortex motores primários de áreas corticais de maior ordem envolvidas no planejamento motor. O treinamento unilateral poderia causar adaptações em áreas corticais envolvidas nas diferentes funções motoras, porque existem conexões calosas entre áreas motoras suplementares bilaterais, áreas motoras de cíngulo e áreas pré-frontais (IWAMURA; TAOKA; IRIKI, 2001), e dados de imagem sugerem que essas áreas são ativadas durante a contração unilateral (KAWASHIMA et al., 1993; DETTMERS et al., 1996). Com relação a segunda classe de mecanismo que poderia estar mediar o efeito de treinamento de força contralateral é que o processamento no hemisfério ipsilateral pode auxiliar na execução motora unilateral. Estudos de imagens (KAWASHIMA et al., 1993; HAALAND et al., 2004; VERSTYNEN et al., 2005), de lesões (HAALAND; HARRINGTON; KNIGHT, 2000) e de Tomografia computadorizada (CHEN et al., 1997; STRENS et al., 2003), sugerem essas hipóteses. O estudo de Strens et al. (2003) exemplifica conceitos associados a essa classe de mecanismo, embora não seja com o treinamento de força. Eles sugerem que a excitabilidade de ambos os córtices motores foi deprimida por



estimulação transcraniana repetitiva bilateral, os participantes perderam a capacidade de corresponder a uma força alvo durante o toque do dedo. No entanto, quando apenas o hemisfério contralateral ao membro móvel foi estimulado, a força de saída não foi afetada. Isso indica que o córtex ipsilateral é capaz de contribuir com a regulação da força quando o córtex contralateral não está disponível. Existem assimetrias inter-hemisféricas na capacidade do córtex ipsilateral contribuir para o controle motor unilateral. O hemisfério esquerdo (que projeta para o membro dominante de indivíduos destros) tem maior controle para o membro esquerdo do que o hemisfério direito em controlar o membro direito (FADIGA et al., 1998; HAALAND et al., 2004; VERSTYNEN et al., 2005). O fato de que o efeito de treinamento de força contralateral também é maior quando o membro direito é treinado (FARTHING; CHILIBECK; BINSTED, 2005) reforça segunda classe de mecanismo, sugerindo que circuitos no sistema de controle para o membro direito treinado (ou seja, hemisfério esquerdo) pode ser acessado para aumentar a força do membro esquerdo destreinado.

Sobre os mecanismos subcorticais tem se pouco conhecimento sobre o potencial de interação neural entre os centros subcorticais envolvidos no controle do movimento, dentre eles, os núcleos dos gânglios basais, cerebelo e do tronco encefálico (CARROLL et al., 2006). Porém, em casos de lesões unilaterais dos gânglios da base e dos circuitos cerebelares ocorrem déficits motores em ambos os lados do corpo (IMMISCH et al. 2004, ; YUE; COLE, 1992). Existem, também, conexões anatômicas inter-hemisféricas nas alças corticosubcorticais associadas a ambas as estruturas (SYSTEM; 1995). O envolvimento de interneurônios propriospinais nas interações bilaterais entre os hemicordos também são possíveis (PIERROT-DESEILLIGNY; BURKE, 2005). Atualmente não há evidências que circuitos subcorticais normalmente envolvidos na execução motora do membro contralateral contribuam para contrações unilaterais de força em humanos, a existência de substratos para interação entre membros sugere que possa existir (CARROLL et al., 2006). Acredita-se, assim que áreas cerebrais subcorticais possam participar do efeito de treinamento de força contralateral.

Uma outra possibilidade para mecanismo da educação cruzada é a atuação dos neurônios espelho. Este mecanismo pode exercer efeitos poupadores por meio das contrações associadas ou “espelhadas” do membro imobilizado durante o treinamento do membro oposto (FARTHING et al., 2011). Alguns autores observaram que, em quatro semanas de treinamento de força de baixa intensidade, cerca de 10% de 1-RM pode produzir aumentos na força (LAIDLAW et al., 1999) e que 12 semanas de treinamento de força há aumento no tamanho do músculo em 16% (HOLM et al., 2008). Sendo assim, baixos níveis de atividade

espelho poderiam ter influencia na força muscular ou o tamanho do membro imobilizado. Dois estudos que verificaram os efeitos poupadores da educação cruzada reportaram atividade espelho de 3-6% (MAGNUS et al., 2010b) e 5,6% (ANDRUSHKO; GOULD; FARTHING, 2018) no membro imobilizado durante o treinamento. Embora a atividade espelho relatada seja baixa, essas pequenas contrações geradas durante o treinamento unilateral devem ser consideradas como possíveis contribuintes para os efeitos poupadores. Os registros apontam que a quantidade de atividade do espelho é aparentemente insuficiente para fomentar aumentos na força ou hipertrofia muscular, eles podem desempenhar importante papel na compensação ou atenuação de atrofia e perda de força durante o desuso. Torna-se importante ressaltar que a atividade espelho medida nesses estudos foi de membros imobilizados saudáveis, e a quantidade de atividade do espelho em um membro imobilizado ferido poderia ser menor (ANDRUSHKO; GOULD; FARTHING, 2018).

Seguindo essa linha de estudo, parece claro que a educação cruzada ocorre devido pequenas contribuições do sistema nervoso, as quais participam as vias reflexas corticais, subcorticais e espinhais, que modulam o aumento da força ou do desempenho no membro contralateral (FARTHING et al., 2011; PEARCE et al., 2013; ANDRUSHKO; GOULD; FARTHING, 2018).

Acreditando-se que a contribuição seja exclusivamente neural, duas teorias, que não são mutuamente exclusivas, são mais aceitas para explicar as mudanças bilaterais no córtex cerebral advindas do treino unilateral. Essas teorias são a da ativação cruzada e a do acesso bilateral (RUDDY; CARSON, 2013). A teoria da ativação cruzada sugere que a ativação bilateral das vias motoras ocorre durante movimentos unilaterais que por sua vez produzem aumentos bilaterais na excitabilidade corticoespinhal. A hipótese de acesso bilateral propõe que engramas motores formados durante movimentos unilaterais podem ser usados bilateralmente durante movimentos futuros (BARSS; PEARCEY; ZEHR, 2016).

### 2.3 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS ADVINDAS DO ENVELHECIMENTO E DO TREINAMENTO

O processo natural de envelhecimento no ser humano acarreta adaptações fisiológicas no organismo, dentre as quais destacamos os diversos mecanismos neurais envolvidos, que se relacionam à diminuição das taxas de descarga da unidade motora (KAMEN et al., 1995; KLASS; BAUDRY; DUCHATEAU, 2008), alterações da excitabilidade reflexa (SCAGLIONI et al., 2002), aumento da co-ativação do músculo antagonista (HÄKKINEN et

al., 1998; HAKKINEN et al., 2000; MACALUSO et al., 2002), diminuição da ativação muscular voluntária máxima (HARRIDGE; KRYGER; STENSGAARD, 1999; SCAGLIONI et al., 2002; MAU-MOELLER et al., 2013).

As adaptações fisiológicas que ocorrem, em geral são naturais ao processo de envelhecimento, sendo que um pico da função músculo esquelética ocorre em torno dos 20 a 30 anos de idade, ocorre uma desaceleração da velocidade de contração muscular na meia idade, por volta dos 40 a 50 anos e mudanças mais profundas ocorrem após os 60 anos (MCCOMAS, 1996; PORTER; VANDERVOORT; LEXELL, 2007). Após essa sexta década ocorre principalmente diminuição da força chegando a ser em torno de 1 a 1,5% ao ano (VANDERVOORT; MCCOMAS, 1986). Pessoas saudáveis que estejam entre 70 e 80 anos podem apresentar cerca de 20 a 40% menor desempenho quando comparados a adultos jovens, podendo ser de 50% em idosos com maior idade (VANDERVOORT, 2002b). Isso se deve a perda de tecido muscular, ocorrendo em fibras do tipo I e do tipo II, além haver atrofia da fibra tipo II (JAN LEXELL, 2000). As células musculares e nervosas no ser humano são consideradas no estado pos-mitótico podem algumas ser muito longevas e outras nem tanto (MCCOMAS, 1996). Portanto, a perda neuronal pode ser mais sutil em indivíduos mais velhos se devidamente compensada com aumentos nos níveis de atividade. Esses indivíduos mais velhos podem até permanecer com o essas células anatomicamente perfeitas, porém é comum que elas sejam disfuncionais (MCCOMAS, 1996).

O movimento tem seu caminho determinado pela unidade motora, que consiste de um motoneurônio e suas células musculares inervadas. Com o envelhecimento, a unidade motora sofre processo de redução e adaptação que afetam a capacidade de produzir força (VANDERVOORT, 2002b). Em estudo de Tomlinson; Irving (1977), notou-se que houve perda média de neuronios motores da segunda para a décima década de vida de aproximadamente 25%, com vários sujeitos com mais de 60 anos de idade, mostrando apenas 50% do que pessoas no início da idade adulta ou média. Estudos como os de Roos et al. (1999) mostraram através de técnicas eletrimográficas que ocorrem mudanças na duração e na amplitude dos potenciais de ação da unidade motora. Ainda ocorre mais lentidão na velocidade de condução axonal, o que pode refletir em alterações na fibras nervosas, desmielinização segmentar e redução no comprimento internodal (WANG; DE PASQUA; DELWAIDE, 1999). Em estudo que verificou o musculo da coxa de jovens e idosos mostrou reduções significantes no tamanho ao longo do tempo, que são compatíveis a perda de força (PORTER; VANDERVOORT; LEXELL, 2007). O que parece robusto com o envelhecimento é a perda no número total de fibras, com redução no tamanho médio (SINGH et al., 1999).

Esses efeitos deletérios parecem ser maiores nos músculos distais da perna quando comparados aos superiores (VANDERVOORT, 2002b). Acredita-se que com esse processo ocorra à desinervação e reinervação, no qual motoneurônios capturam fibras vizinhas aumentando sua própria área (MCCOMAS, 1996). Apoiando essa teoria de remodelação das unidades motoras está documentado unidades motoras extragrandes em adultos mais velhos realizadas por meio de técnicas eletromiográficas e diminuições da atividade do retículo sarcoplasmático e a velocidade de deslizamento da actina e miosina parecem ocorrer com o envelhecimento (HÖÖK; SRIRAMOJU; LARSSON, 2001). Esses efeitos vão ao encontro aos efeitos da atrofia da fibra tipo II na qual ocorre mudança na qualidade muscular e perda de propriedades contráteis (VANDERVOORT, 2002b). Em se tratando de velocidade mais altas de movimento, a relação com a idade o déficit é maior e que a potência também é consideravelmente diminuída (HÄKKINEN et al., 1998).

Com o treinamento de força, pode-se manter ou aumentar a resposta neuromuscular, minimizando os efeitos do envelhecimento (UNHJEM et al., 2015). As adaptações neurais advindas do treinamento com pesos em idosos incluem, além do aumento de força (HAKKINEN et al., 2000; LIU-AMBROSE et al., 2012; BEST et al., 2015; UNHJEM et al., 2015), alterações da ativação muscular voluntária e padrões de co-ativação (HAKKINEN et al., 2000), aumentos de circulação de fator neurotrófico derivado do cérebro (FORTI et al., 2015), alterações no processa de inibição cortical (LIU-AMBROSE et al., 2012), alteração no drive muscular (UNHJEM et al., 2015), aumento da massa branca no cérebro e melhoria da memória (BEST et al., 2015). Em revisão conduzida por Vandervoort (2002) foi realizada análise de 13 estudos envolvendo exercícios resistidos para quadríceps em homens e mulheres mais velhos. Como resultados, ele encontrou mudanças variáveis na força, devido ao numero de semanas que variou de 10 a 12, das diferentes intensidades, dos diferentes níveis basais dos sujeitos, e das diferentes faixas etárias. Porém, a massa muscular foi medida (diferentes técnicas) antes e após os treinos combinadas com analise morfométricas da proporção de fibras. Aumentos da área de secção transversa mostraram efeitos de 5 a 10%, indicando que a maior parte do efeito no aumento da força foi procedente de adaptações neurais e das vias de controle motor (TRAPPE et al., 2000). Em estudo conduzido por Tracy et al. (1999) revelou aumentos no quadríceps na ordem de 12%. Além disso, estudos encontraram aumentos significativos na síntese de proteínas com exercícios moderados a pesados (WELLE; BHATT; THORNTON, 1999; PORTER, 2001).

Ao que parece, a melhor escolha para os idosos são exercícios que envolvam movimentos excêntricos de alta intensidade fornecem forte estímulo para adaptação do tecido

muscular na população idosa porque interveem na velocidade de contração e proporcionando maior capacidade do músculo atingir forças altas em condições de alongamento da fibra contráteis (VANDERVOORT, 2002b). Em resumo, tem-se claro que o exercício pode aumentar parâmetros físicos em idosos, melhorando principalmente a força. Porém esse público estando sujeito a efeitos deletérios naturais do envelhecimento que podem acarretar distúrbios e levar a morbidade e mortalidade, que associado a inatividade física podem ser ainda mais graves, o simples fato de intervenções com treinamento físico conseguirem evitar perdas já se torna bastante justificado e importante.

Estudo conduzido por Suetta et al. (2009) em que seu objetivo foi examinar o efeito do envelhecimento sobre as mudanças nas propriedades contráteis do músculo, força específica e características de massa muscular em 9 idosos (61-74 anos) e 11 jovens (21-27 anos) após 2 semanas de imobilização e 4 semanas de reeducação. Tanto jovens quanto idosos experimentaram diminuições na força muscular máxima, pico de torque, taxa de desenvolvimento de força, volume do músculo quadríceps, ângulo de penação e força específica após 2 semanas de imobilização ( $P < 0,05$ ). O declínio no volume do quadríceps e no ângulo de penação foi menor em idosos em comparação com o jovem ( $P < 0,05$ ). Em contraste, apenas homens idosos experimentaram uma diminuição na ativação do quadríceps. Após a retraining, tanto os jovens quanto os idosos recuperaram a força muscular inicial, mas os idosos tiveram ganhos menores volume do quadríceps em comparação com o jovem e ângulo de penação aumentado em jovens apenas ( $P < 0,05$ ). Dessa forma, o estudo demonstrou que o envelhecimento altera a resposta neuromuscular ao desuso e à recuperação em humanos a curto prazo. Este também revelou que a imobilização teve um impacto maior na função motora neuronal em indivíduos idosos, enquanto os indivíduos jovens foram mais afetados no nível muscular. Além disso, indivíduos idosos mostraram uma menor resposta ao treinamento após a imobilização em comparação com indivíduos jovens. Esses dados reforçam a teoria que as adaptações mais relevantes ao treinamento cruzado são neurais e que o destreino acarreta além das perdas funcionais do músculo a perdas neuronais que podem comprometer a qualidade de vida dos idosos.

### 3 MÉTODOS

#### 3.1 DESENHO DO ESTUDO

Trata-se de um estudo randomizado, controlado e longitudinal, em que as voluntárias concordaram com os termos do estudo e assinaram o consentimento livre e esclarecido aprovado pelo comitê de ética e pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) sob o número 451.081/2015 realizado durante quatro semanas de intervenção, utilizando exercício na cadeira extensora unilateral, entre agosto e setembro de 2016, nas instalações do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (PPGEF/UFTM). Para o presente estudo foi utilizada amostra de conveniência em que foram selecionadas 22 mulheres idosas que obrigatoriamente passaram pelo estudo conduzido por Rossato et al. (2017). Além disso, essas voluntárias para serem incluídas no presente estudo teriam que não fazer uso de terapia hormonal ou fitoestrógenos; ter pressão arterial e glicemia controlada; ausência de miopatias, artropatias e neuropatias; ausência de distúrbios musculares, tromboembólicos e gastrointestinais; ausência de doenças cardiovasculares e infecciosas; sem ingestão de álcool em sua dieta; não fumantes. Essas voluntárias foram randomizadas (figura 1) com ajuda do programa Microsoft Excel® e distribuídas em dois grupos: controle (CO) n=11 mulheres, porém durante o estudo ocorreram 3 desistências terminando o estudo com o grupo CO n=8 mulheres com as seguintes características: idade:  $63,1 \pm 7,2$  anos; massa corporal:  $71,9 \pm 20,0$  kg; estatura:  $1,55 \pm 0,1$  m; transferência cruzada (TC) n=11 mulheres; idade:  $60,7 \pm 6,0$  anos; massa corporal:  $65,3 \pm 15,6$  kg; estatura:  $1,53 \pm 0,1$  m. Ambas as pernas de cada voluntária foram avaliadas, resultando assim em 16 pernas (n=8) para o grupo CO e 22 pernas (n= 11) para o grupo TC. No grupo TC, as pernas foram randomizadas com ajuda do programa Microsoft Excel® e divididas em dois grupos: perna treinada (n = 11) e perna não treinada (perna transferência; n =11), além disso as pernas treinadas também foram randomizadas para a escolha de qual perna treinar, se direita ou esquerda.

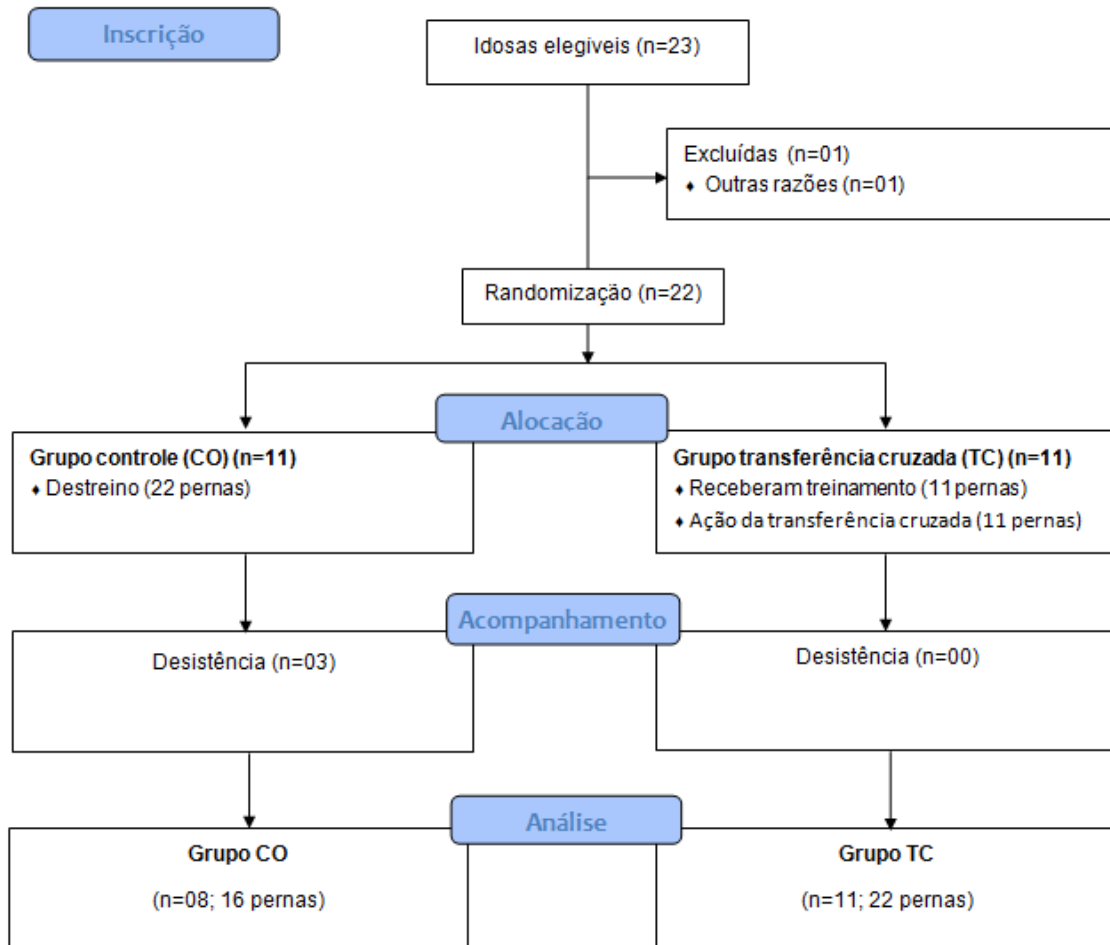


Figura 1. Randomização das idosas participantes do estudo.

### 3.2 SUJEITOS

As participantes desse presente estudo passaram anteriormente por um treinamento com pesos por 10 semanas, conduzido por Rossato et al. (2017), realizado nas instalações do Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) seguindo protocolo recomendado pelo American College Of Sports Medicine (2009), 3 vezes por semana com 48h de descanso entre as sessões. Esse treino consistia em 10 minutos de aquecimento dinâmico (caminhada de baixa-moderada intensidade, realizada abaixo de 60% da frequência cardíaca máxima) seguido por exercícios para membros superiores e inferiores: agachamento na barra guiada (45 graus), mesa flexora (bilateral), cadeira extensora (bilateral), supino reto, remada sentada, tríceps na polia e puxada na polia alta. Todas as voluntárias participaram de uma semana de familiarização com cargas leves. Após o período de familiarização, a carga de treinamento de 12 RM foi aplicada para

todos os exercícios do treinamento. As voluntárias iniciaram o treinamento realizando uma série de cada exercício na primeira semana. A cada semana foi aumentada uma série até atingir seis séries para todos os exercícios. Na sexta semana de treinamento, as voluntárias atingiram o objetivo do protocolo (seis séries em cada exercício) e elas mantiveram esse volume até a décima semana. O intervalo entre as séries e os exercícios foi de 60s. Além disso, na sexta semana, houve um reajuste de carga para todas as voluntárias que realizavam mais de 12 RM. A carga foi aumentada até a voluntária realizar 12 RM. Durante as sessões de treinamento, as mulheres foram instruídas a executarem 1s por ação muscular. Os exercícios foram supervisionados durante o todo protocolo de treinamento por profissionais de Educação Física.

Na tabela 1, estão descritos a força muscular máxima (1RM) e o índice de massa muscular (IMM) das idosas (n=19) selecionadas para o presente estudo antes e após o treinamento anterior de 10 semanas. Os dados indicam que o treinamento foi efetivo para melhora dessas variáveis.

Tabela 1. Tabela adaptada de Rossato et al. (2017) para força muscular máxima em cadeira extensora e índice de massa muscular.

	TR (n=19)		P valor
	Pré	Pós	
<b>EXT (kg)</b>	65,6±14,6	74,5±18,8	<b>&lt;0,001</b>
<b>IMM (kg/m<sup>2</sup>)</b>	6,7±1,1	6,9±1,1	<b>&lt;0,001</b>

Valores apresentados em média ± desvio-padrão. TR: todas as voluntárias treinadas por 10 semanas, EXT: cadeira extensora bilateral, IMM: índice de massa muscular. Teste t pareado.

### 3.3 TREINAMENTO

O protocolo de intervenção do presente estudo foi realizado duas vezes na semana com intervalo mínimo de 48hs entre as sessões e consistia de três séries de cadeira extensora unilateral para a perna definida na randomização prévia, com intervalo de 60s entre as séries, executado em velocidade rápida ( 1seg. fase concêntrica e 1 seg. fase excêntrica). Na primeira semana a voluntária executou 3 séries de 10 repetições com carga de 70% de 1 RM. Na segunda semana foram 3 séries de 8 repetições a 75% de 1 RM. Na terceira semana foram 3 séries de 8 repetições com carga de 80% de 1 RM. E na quarta e última semana foram 3 séries de 6 repetições com carga de 85% de 1 RM (ACSM, 2009). Essas voluntárias para o presente



estudo, realizaram os testes e avaliações bem como o processo de familiarização para início do novo protocolo de treino. Todas as voluntárias passaram por duas sessões de treinamento em dias alternado para familiarização com o equipamento e técnica de exercício (cadeira extensora unilateral) antes dos testes pré-treinamento. O grupo CO permaneceu por quatro semanas sem treinamento. Já para o grupo TC, uma das pernas das voluntárias recebeu treinamento, enquanto a outra perna não. Após as quatro semanas de treinamento, os testes foram aplicados 72h após a última sessão de treinamento para evitar o efeito residual do treinamento sobre as avaliações. A frequência das voluntárias foi de 100% tanto nos treinos quanto nas avaliações e testes. Os exercícios foram supervisionados por profissional de educação física. Os testes pré e pós foram aplicados por profissional treinado e experiente no uso dos equipamentos para evitar erros de medida. Na fig.1 pode ser visto o fluxograma da randomização dos participantes.

### 3.4 ANTROPOMETRIA

A massa corporal e estatura foram aferidos por uma balança digital (Lider®, Brasil) com estadiômetro fixo. Durante as aferições, os participantes trajaram roupas leves e estavam descalços. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado de acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2000).

### 3.5 ATIVIDADE MIOELÉTRICA DE SUPERFÍCIE

A atividade mioelétrica foi aferida antes e após as quatro semanas de intervenção. Os eletrodos de superfície bipolares Meditrace™ 200 (Ag / AgCl, Kendall Tyco Healthcare, Chicope, MA, Canadá) foram colocados no músculo vasto lateral (VL) de ambas as coxas. A pele foi raspada com lâmina de barbear, foi retirada as impurezas com lixa de 10mm e higienizada com álcool. Em seguida os eletrodos foram fixados e posicionados a 2/3 da linha da espinha ilíaca Antero superior ao lado lateral da patela. A orientação para o posicionamento de eletrodos no VL ficou na direção das fibras musculares (HERMENS et al., 1999). Um eletrodo foi utilizado como terra sendo posicionado no maléolo lateral da perna contralateral para referência.

Os sinais de atividade mioelétrica foram registrados durante os testes de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) e uma repetição máxima (1RM) pelo (MioToolUro 200/400, Miotec, Porto Alegre, RS, Brasil). Um canal do MioToolUro foi utilizado para a

coleta dos dados. O sensor do canal foi calibrado pré e pós-intervenção antes da coleta de dados. Durante cada avaliação, os sinais de atividade mioelétrica foram coletados simultaneamente a 1 kHz e transferidos off-line pelo software (MioGraph MiotecSuite v. 1.0, Miotec, Porto Alegre, RS, Brasil) e armazenados no computador de um pesquisador (Aspire E5-574, Acer, New Taipei City, BD, Taiwan). Todos os sinais de atividade mioelétrica foram filtrados com um filtro Butterworth de quarta ordem, de mudança de fase com uma passagem de banda de 20 Hz (alta passagem) e 500 Hz (passagem baixa). As medidas de atividade mioelétrica foram calculadas para cada intervalo de tempo para amplitude quadrática média (RMS) e amplitude (PICO) no teste de CIVM e 1RM.

### 3.6 TESTE DE CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA

A contração voluntária máxima isométrica (CIVM) rápida dos impulsos de força de extensão unilateral do joelho foram aferidos pelo aparelho (Metrolog SD20-LVDT, São Carlos / SP, Brasil) em ambas as pernas. Todas as voluntárias foram familiarizadas com os procedimentos do experimento. Para o teste, cada voluntária realizou três CIVMs (tempo de contração:3s) separados por intervalos de repouso de 30s de cada perna, na seguinte ordem: perna direita e perna esquerda. Antes de cada medida, as voluntárias foram instruídas a realizar o CIVM "o mais rápido e o mais forte possível" após o estímulo verbal. Em primeiro lugar, a voluntária foi acomodada no aparelho para ajuste individual da perna (fixado ao braço de alavanca do dinamômetro imediatamente acima do maléolo mediano sem fixação estática da articulação do tornozelo) e a flexão de 90 graus do quadril e do joelho. Em seguida, o procedimento foi explicado e o teste realizado. Ao longo dos testes, o mesmo examinador experiente verificou as gravações da CIVM e deu um estímulo verbal para garantir o desempenho ótimo do teste. Quando necessário, as voluntárias receberam instruções corretivas. O momento da força (torque) foi calculado multiplicando-se o CIVM pelo comprimento da perna (distância entre o maléolo medial e o espaço intra-articular do joelho). A TDF foi considerada como a inclinação média da curva momento-tempo ( $\Delta$ força/ $\Delta$ tempo) ao longo de intervalos de tempo de 0-50, 0-100 e 0-200 ms em relação ao início da contração. O intervalo de tempo 0-50 ms, 0-100 e ms 0- 200 ms foi escolhido para análise porque reflete características de força explosiva (TDF) tanto na fase inicial (0-50 ms) como na fase tardia (0-200 ms) da contração muscular (FINK et al., 2016; GURJAO et al., 2012). O início da contração muscular foi definido como o ponto de tempo em que a curva do momento excedeu o momento basal em 7,5 N.m (TDF absoluto) (AAGAARD, P. et al., 2002). Todos os dados

coletados foram registrados e analisados com o software SD20 DataLogger v2.40 (São Carlos/SP-Brasil).

### 3.7 FORÇA MUSCULAR MÁXIMA 1RM

A avaliação da força muscular máxima (1RM) foi realizada duas vezes durante o estudo: pré-treinamento e após quatro semanas de treinamento. O teste de 1RM foi realizado na cadeira extensora (Buick Fitness®, Taquara, RJ, Brasil) de forma unilateral. Inicialmente, um aquecimento foi realizado usando uma carga, determinada durante o período de familiarização, para 15 repetições utilizando de 30-40% de 1RM. Após 1,5 minuto de intervalo, a carga foi aumentada e foram realizadas de oito a doze repetições de 50-60% de 1RM. Após 1,5 minuto de repouso, a carga foi aumentada e foram realizadas de três a cinco repetições com uma carga de 80-90% de 1RM. Após 3 minutos de repouso, a carga foi aumentada, e as voluntárias foram encorajadas a superar a carga realizando o movimento total. Quando a carga foi superestimada ou subestimada, os indivíduos descansaram de 3 a 5 minutos, antes que uma nova tentativa fosse realizada com uma carga menor ou maior, respectivamente. A carga que foi adotada como máxima foi a utilizada para a última execução do exercício que foi realizada com apenas uma repetição pelo indivíduo (FLECK; KRAEMER, 1999). O teste de 1RM foi realizado para determinar a carga de treinamento para prescrição e para determinar os ganhos ou perda de força muscular máxima com o protocolo de treinamento.

### 3.8 TESTES DE TORQUE, POTENCIA, VELOCIDADE, AMPLITUDE DE MOVIMENTO E DURAÇÃO DE MOVIMENTO

Os testes de foram realizados na cadeira (Buick Fitness®, Taquara, RJ, Brasil) de forma unilateral pré e pós quatro semanas de intervenção. O torque pico (TP), torque médio (TM), potência pico (PP), potência média (PM), velocidade pico (VP) e velocidade média (VM) para 40% e 60%, amplitude de movimento 40% e 60% e duração do movimento 40% e 60%, de 1RM foram mensurados utilizando o aparelho Peak Power 4.0\_w10 (Cefise, Nova Odessa, SP, Brasil). Este equipamento mensurou os marcadores citados anteriormente através de um software com interface eletrônica (Peak Power 4.0, Cefise, Nova Odessa, SP) que afere o deslocamento de qualquer corpo em amplitude de até 2,5 metros. Ele trabalha registrando, convertendo digitalmente e realizando a transferência para o computador. A velocidade é

medida através de temporizador de precisão conectado a um fio, que pode ser conectado à coluna do equipamento de musculação, em um halter ou em uma anilha. O deslocamento é registrado em milímetros e um cronômetro registra o tempo em pequenos escores. O software analisa as informações de acordo com a carga previamente estabelecida para o teste, tempo de execução, deslocamento exercido e tamanho da perna da voluntária. Assim, o software calcula as medidas de velocidade, aceleração, potência e torque. Os dados coletados no presente estudo foram aferidos na fase concêntrica e excêntrica, porém utilizados para análise apenas na fase concêntrica do movimento. Antes das medidas de cada voluntária, o equipamento foi calibrado utilizando uma distância conhecida (1m) para o deslocamento no sensor do equipamento e o comprimento da perna (distância entre o maléolo medial e o espaço intra-articular do joelho) também foi registrado para os cálculos.

As medições do teste foram realizadas após cada voluntária ter realizado o teste de 1RM na cadeira extensora unilateral. Após de 3 a 5 minutos de intervalo do teste de 1RM, as medidas de potência foram coletadas. Os indivíduos realizaram uma série de cinco repetições usando 40% de 1RM em alta velocidade para fase concêntrica e excêntrica. Após o intervalo de 1,5 min, os indivíduos realizaram uma série de 5 repetições com carga de 60% de 1RM em alta velocidade na fase concêntrica e excêntrica. Antes de cada medida, as voluntárias foram instruídas a realizar o movimento o mais rápido e o mais forte possível" após o estímulo verbal.

### 3.9 ESTATÍSTICA

A distribuição dos dados foi determinada utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Todos os dados tiveram a normalidade aceita. Os dados foram apresentados com média e desvio-padrão. Teste t independente foi utilizado para comparar as características iniciais entre os grupos (CO vs. TC). As variáveis categóricas foram testadas utilizando o teste qui-quadrado. Teste t pareado foi utilizado para comparar as funções musculares entre os momentos (Pré vs. Pós) da perna que se manteve treinamento durante o estudo. ANOVA de medidas repetidas foi usado para comparação entre grupos (CO vs. TC), momento (pré e pós-intervenção) e interação (momento vs. grupos). ANCOVA foi utilizado para confirmar os resultados da ANOVA (interação), ajustando para o valor pré. O teste Post Roc utilizado foi de Bonferroni. Além disso, tamanho do efeito entre grupos foi mensurado através do eta parcial ( $\eta_p^2$ ). O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ .

## 4 RESULTADOS

Na tabela 2 estão descritas as características antropométricas, consumo de medicamentos, idade e tempo de menopausa de ambos os grupos. Não houve diferença estatística entre os grupos para estas variáveis.

Tabela 2. Características das voluntárias pré-intervenção.

	<b>CO (n=8)</b>	<b>TC (n=11)</b>	<b>P valor</b>
<b>Idade (anos)</b>	63,1±7,2	60,7±6,0	0,448
<b>Massa corporal (kg)</b>	71,9±20,0	65,3±15,6	0,432
<b>Estatura (cm)</b>	1,55±0,1	1,53±0,1	0,503
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	29,5±6,4	27,9±6,1	0,578
<b>Tempo de menopausa (anos)</b>	14,6±8,2	17,5±8,5	0,479
Número de indivíduos que usavam medicamentos			
<b>Metabolismo da glicose</b>	0	3	0,331
<b>Metabolismo lipídico</b>	4	4	0,788
<b>Anti-hipertensivos</b>	3	7	0,508
<b>Drogas não-esteroidais anti-inflamatórias</b>	0	2	0,604

Valores apresentados em média ± desvio-padrão. CO: grupo controle, TC: grupo transferência cruzada, IMC: índice de massa corporal. Dados contínuos: Teste t independente. Dados categóricos: Teste qui-quadrado.

Após o período de quatro semanas de destreinamento, a perna que se manteve treinada preservou a força muscular (RM: Pré = 30,5±9,2 kg vs. Pós = 32,3±10,5 kg; P = 0,318), a potência média muscular a 60% de 1RM (Pré = 146,2±122,8 w vs. Pós = 138,6±88,7 w; P = 0,532), o pico de potência a 60% de 1 RM (Pré = 165,6±130,6 w vs. Pós = 160,8±105,2 w; P = 0,647), o pico de potência a 40% de 1 RM (Pré = 121,7±73,4 w vs. Pós = 138,0±92,2 w; P = 0,068) e aumentou a potência média a 40% de 1 RM (Pré = 106,6±70,8 w vs. Pós = 122,9±80,3 w; P = 0,006).

Após o período de destreinamento de quatro semanas, a força muscular máxima (1RM), a força (N) média em 40% de 1RM, força picos e média em 60% de 1RM, torques médios em 40% e 60% de 1RM reduziram em ambos os grupos (P momento <0,001), sem interação entre eles (P interação > 0,05).

Considerando-se ainda o torque, houve redução do pico de torque a 60% no grupo controle, mas não para o grupo transferência (P interação = 0,044) e isso se confirmou na ANCOVA ajustada para o valor pré (P < 0,001).

Referente à potência muscular, não houve redução da potência pico e média em 40% de 1RM. Ocorreu redução da potência média e pico a 60% somente no grupo controle (P interação = 0,003 e P interação = 0,022, respectivamente). Isso foi confirmado após o ajuste para o valor pré (ANCOVA ajustando pelo valor pré,  $P < 0,001$ ).

Não houve redução na velocidade média e pico em 40% de 1RM (P momento  $> 0,05$ ). No entanto, para a velocidade pico e médio em 60% de 1 RM, o grupo controle apresentou redução, enquanto o grupo transferência apresentou manutenção (P interação = 0,039 e P interação = 0,035). Isso foi confirmado após ajuste para o valor pré (ANCOVA ajustando pelo valor pré,  $P < 0,001$ ).

A amplitude aumentou em ambos os grupos, tanto em 40% como em 60% de 1RM, sem diferença entre eles.

Foi observado aumento no tempo de execução do movimento em 60% de 1 RM para o grupo controle (P interação  $< 0,044$ ). Isso foi confirmado após ajuste para o valor pré (ANCOVA ajustando pelo valor pré,  $P < 0,001$ ).

Para a atividade mioelétrica da CIVM, o grupo controle mostrou redução dessa variável (P interação = 0,038). Para a atividade mioelétrica do teste de 1RM (RMS ou pico) corrigida pela atividade mioelétrica no teste de CIVM (RMS ou pico), somente o grupo transferência mostrou aumento sobre essa variável no teste de 60% de 1RM, para RMS/RMS da CIVM (P interação = 0,037) e PICO/PICO CIVM (P interação = 0,027).

Tabela 3. Efeito do destreino sobre força 1RM, força (N), torque, potência, velocidade, amplitude, duração do movimento, eletromiografia de superfície.

	CO (n=16)		TC (n=11)		P Grupo	P Momento	P Interação	$\eta_p^2$	P Ancova
	Pré	Pós	Pré	Pós					
<b>Força (kg)</b>									
<b>1RM</b>	39,4±11,3	35,6±11,3	29,5±10,1	26,1±8,7	<b>0,024</b>	<b>0,001</b>	0,849	-	-
<b>Força (N)</b>									
<b>FP40%</b>	226,6±72,5	208,6±73,3	166,0±75,7	158,5±93,2	0,074	0,078	0,456	-	-
<b>FM40%</b>	195,8±61,5	178,8±59,8	144,5±58,3	135,1±70,2	0,056	<b>0,027</b>	0,507	-	-
<b>FP60%</b>	324,9±105,4	279,7±98,7	227,8±95,6	206,3±92,4	<b>0,034</b>	<b>0,000</b>	0,111	-	-
<b>FM60%</b>	286,4±88,9	249,9±84,9	204,1±79,0	183,1±73,9	<b>0,027</b>	<b>0,000</b>	0,253	-	-
<b>Torque (N.m)</b>									
<b>TP40%</b>	89,4±30,7	88,3±32,3	71,28±41,3	62,8±45,9	0,169	0,145	0,804	-	-
<b>TM40%</b>	69,8±24,5	63,7±23,7	49,5±22,7	46,4±28,1	0,058	<b>0,032</b>	0,464	-	-
<b>TP60%</b>	128,3±45,6	107,4±43,8*	88,0±49,2	78,2±45,6	0,062	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,044</b>	<b>0,15-</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>TM60%</b>	101,9±34,6	89,1±33,7	69,8±30,9	62,5±29,9	<b>0,029</b>	<b>0,000</b>	0,233	-	-
<b>Potência (W)</b>									
<b>PP40%</b>	173,2±63,1	163,0±67,4	126,6±84,9	118,1±95,8	0,120	0,324	0,927	-	-
<b>PM40%</b>	147,6±55,9	140,4±58,2	95,0±60,5	98,8±74,2	0,056	0,751	0,315	-	-
<b>PP60%</b>	225,2±82,2	179,3±77,8*	132,3±92,3	130,7±100,9	<b>0,044</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,27</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>PM60%</b>	191,0±75,0	156,2±65,1*	112,4±68,0	109,8±77,2	<b>0,030</b>	<b>0,009</b>	<b>0,022</b>	<b>0,19</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>Velocidade (m/s)</b>									
<b>VP40%</b>	1,2±0,1	1,2±0,2	1,0±0,2	1,1±0,2	<b>0,013</b>	0,430	0,173	-	-
<b>VM40%</b>	0,7±0,1	0,8±0,1	0,6±0,1	0,7±0,1	0,013	<b>0,003</b>	0,134	-	-
<b>VP60%</b>	1,1±0,1	0,9±0,1*	0,9±0,2	0,9±0,2	<b>0,031</b>	<b>0,039</b>	<b>0,048</b>	<b>0,15</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>VM60%</b>	0,7±0,1	0,6±0,1*	0,5±0,1	0,6±0,1	<b>0,017</b>	0,845	<b>0,035</b>	<b>0,17</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>Amplitude (mm)</b>									
<b>40%</b>	439,6±26,6	460,1±44,4	406,7±71,8	451,3±65,7	0,245	<b>0,004</b>	0,252	-	-
<b>60%</b>	373,7±41,7	404,3±42,2	356,5±54,4	398,3±65,7	0,507	<b>0,001</b>	0,554	-	-
<b>Duração do movimento (ms)</b>									
<b>40%</b>	609,7±57,0	610,4±46,6	674,3±95,2	666,4±70,7	<b>0,016</b>	0,760	0,714	-	-
<b>60%</b>	587,8±51,4	670,5±42,0*	695,9±114,8	728,7±100,5	<b>0,006</b>	<b>0,000</b>	<b>0,044</b>	<b>0,15</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>EMG VL, <math>\mu</math>V</b>									
<b>PICO CIVM</b>	363,8±147,8	251,6±80,0*	383,0±204,5	395,8±185,2	0,145	0,094	<b>0,038</b>		
<b>40% de 1 RM</b>									
<b>RMS</b>	188,4±70,7	174,7±88,0	202,7±101,7	219,8±109,8	0,378	0,899	0,253	-	-
<b>PICO</b>	474,2±223,5	426,0±241,9	450,2±217,9	527,8±279,1	0,657	0,694	0,100	-	-
<b>RMS/ PICO CIVM</b>	0,5±0,1	0,5±0,2	0,6±0,2	0,7±0,3	0,265	0,370	0,109	-	-
<b>PICO/PICO CIVM</b>	1,3±0,3	1,2±0,6	1,3±0,5	1,6±0,8	0,427	0,365	0,108	-	-
<b>60% de 1 RM</b>									
<b>RMS</b>	223,7±80,6	212,9±103,4	224,9±115,8	260,8±129,0	0,535	0,384	0,112	-	-
<b>PICO</b>	494,7±206,1	455,0±266,8	489,4±248,2	574,8±306,0	0,540	0,559	0,118	-	-
<b>RMS/RMS CIVM</b>	0,6±0,2	0,6±0,3	0,6±0,2	0,8±0,4*	0,485	0,107	<b>0,037</b>	<b>0,16</b>	-
<b>PICO/PICO CIVM</b>	1,4±0,3	1,3±0,7	1,4±0,5	1,8±0,9*	0,329	0,174	<b>0,027</b>	<b>0,18</b>	-

Valores apresentados em média  $\pm$  desvio-padrão. CO: grupo controle, TC: grupo transferência cruzada. <sup>1</sup> referente às pernas do grupo controle (n=8); <sup>2</sup> referente às pernas que sofreram transferência cruzada (n=11). FP (Força Pico), FM (Força Média); TP (Torque Pico), TM (torque médio); PP (Potência Pico), PM (Potência Média); VP (Velocidade Pico), VM (velocidade Média); EMG VL ( $\mu$ V) (eletromiografia do vasto lateral em micro volts); RMS (amplitude quadrática média); PICO (amplitude); CIVM (contração isométrica voluntária máxima). ANOVA de medidas repetidas, teste de Bonferroni e ANCOVA, \*p<0,05.

## 5 DISCUSSÃO

Após uma vasta revisão da literatura, observamos que os efeitos da educação cruzada sobre o destreinamento não foram investigados, principalmente em pessoas idosas. Nesse sentido, este trabalho investigou o efeito da educação cruzada sobre a função muscular do quadríceps durante o destreinamento em mulheres idosas. Como o principal e novo achado, o presente estudo mostrou que a educação cruzada foi eficiente para evitar a redução do torque pico, potência, velocidade e atividade elétrica do músculo quadríceps a 60% de 1 RM.

Estudos sobre educação cruzada mostram aumento, especialmente de força, no membro contralateral, da ordem de 8% (CARROLL et al., 2006). Esse efeito parece ser independente do sexo (TRACY et al., 1999) e da idade (HORTOBAGYI, 2005). Porém, no presente estudo, a redução da força (1RM e FM e FP em 60% e 40% de 1 RM) ocorreu tanto no grupo controle quanto no grupo treinado, sem diferença entre eles (Tabela 3). Portanto, não observamos efeitos da educação cruzada na força muscular após 4 semanas de destreinamento. Uma possível explicação para essa discrepância entre o nosso e demais estudos é que em todos os estudos citados acima os indivíduos partiram de uma condição sedentária para a condição treinada, enquanto no nosso estudo as mulheres partiram de uma condição treinada para o destreinamento. Isso sugere que os mecanismos subjacentes do aumento da força muscular com o treinamento podem ser diferentes, ou mesmo ocorrer em diferentes tempos, dos mecanismos subjacentes da redução da função muscular com o destreinamento. Os efeitos da educação cruzada sobre a função muscular são principalmente atribuídos à fatores neurais (HORTOBAGYI, 2005; CARROLL et al., 2006; FIMLAND et al., 2009; BARSS; PEARCEY; ZEHR, 2016), porém vários mecanismos subjacentes atribuídos aos efeitos do destreinamento sobre a redução da força muscular são independentes dos fatores neurais, tais como atrofia das fibras musculares, redução do ângulo de penação, redução do comprimento do fascículo e mioesteatose (BLAZEVICH, 2006; TAAFFE et al., 2009).

Os resultados do presente trabalho também apontaram para diminuição no torque médio a 40% e a 60% em ambos os grupos sem diferenças entre eles. Porém, para o torque pico, houve redução no grupo controle em 40% e 60% de 1 RM, mas não no grupo transferência a 60% de 1 RM. Esses achados indicaram que o treinamento



evitou a perdas no pico de torque apenas a 60% de 1 RM. Esse efeito de transferência carga-específica (60% de 1 RM) foi observado também para PM, PP, VM e VP no presente estudo. O treinamento com pesos é capaz de provocar adaptações que dependem da especificidade do exercício, como, por exemplo, a carga imposta durante o treinamento (FLECK; KRAEMER, 1999; RHEA et al., 2003; WOLFE; LEMURA; COLE, 2004). Interessantemente, vem sendo observado que a educação cruzada é específica ao tipo de contração e velocidade do movimento, ou seja, a magnitude do ganho de desempenho tende a ser maior quando o músculo é alongado em comparação com o encurtamento ou em contrações isométricas, e maior, especialmente, quando realizadas contrações de alta velocidade (FARTHING; CHILIBECK, 2003). Confirmando a especificidade do treinamento de educação cruzada, Behm; Sale (1993) realizaram um treinamento de dorsiflexões balísticas unilaterais do tornozelo com características de alta velocidade, no qual gerou velocidade de 5,23 rad/s em um dinamômetro isocinético. Esse treino produziu a mesma resposta de treinamento específica de alta velocidade no membro oposto não treinado. O pico de torque aumentou no membro contralateral em velocidade de 5,23 rad/s (38%) em comparação com testes em velocidades mais baixas (0, 0,26, 0,52, 1,04, 1,55, 3,02 e 4,19 rad/s). Seguindo essa linha, Zhou; Oakman; Davie (2002) encontraram aumento médio de 21% ( $P < 0,05$ ) na perna não treinada após treinamento unilateral isométrico de extensão de joelho a 65% de 1 RM, porém não encontraram efeito da educação cruzada nesse grupo ao realizar um teste isocinético em um dinamômetro. Esses achados fortalecem a ideia da especificidade do treino para a efetividade da educação cruzada.

Os ganhos adaptativos parecem estar associados ao componente neural, o qual pode ser mais responsivo às variações de carga que exercem influência direta na frequência de disparo e no padrão de recrutamento das unidades motoras (HURLEY et al., 1995; BLOOMER; IVES, 2000). Por exemplo, atividade eletromiográfica de superfície pode aumentar até 15% do máximo obtido no músculo contralateral (HORTOBÁGYI; LAMBERT; HILL, 1997). No presente estudo, observamos que a RMS e PICO tanto a 40% quanto a 60%, a RMS40%/ PICO CIVM e a PICO 40%/PICO CIVM não sofreram alterações significativas. Mas, a RMS60%/ PICO CIVM e a PICO 60%/PICO CIVM apresentaram aumentos no grupo transferência. Estes resultados corroboram com a ideia de educação cruzada (adaptações neurais) específica ao estímulo utilizado no membro homólogo. Nossos achados corroboram os

do Shima et al. (2002) que verificaram que a eletromiografia aumentou significativamente no membro contralateral após o treinamento. O estímulo causado pelo exercício contralateral geraria em resposta um aumento no drive neural por meio de maior estímulo motoneuronal, que por sua vez, acarretaria em aumento no sinal da eletromiografia de superfície que é definida como resultado do recrutamento de unidades motoras e a codificação da taxa de descarga (AAGAARD, 2003). Portanto, o aumento da atividade mioelétrica no membro contralateral não treinado reflete o impulso neural aumentado para o músculo (FIMLAND et al., 2009). Isso reforça a ideia de que as adaptações advindas da educação cruzada são específicas e devido a fatores neurais (VILA-CHÃ et al., 2012).

## 6 CONCLUSÃO

O treinamento do membro contralateral proporcionou respostas positivas para o grupo transferência, sugerindo que o efeito da educação cruzada pode evitar os efeitos de quatro semanas de destreinamento sobre a força e a potência musculares em idosos. Além disso, as adaptações parecem estar associadas à especificidade do treino e adaptações neurais. Assim, em situações onde uma parte do corpo (uma perna ou um braço) é forçada (*e.g.* dor) a inatividade física (ou baixa atividade física) para a recuperação, a manutenção do treinamento no membro contralateral pode ser indicada para evitar perda de função muscular, principalmente para indivíduos fisicamente ativos.

## REFERÊNCIAS

AAGAARD, P. Training-Induced Changes in Neural Function. **Exerc. Sport Sci. Rev.**, v. 31, n. 2, p. 61–67, 2003.

AAGAARD, P.; SIMONSEN, E. B.; ANDERSEN, J. L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 6, p. 2309–2318, jun. 2002.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, 2009.

ANDRUSHKO, J. W.; GOULD, L. A.; FARTHING, J. P. Contralateral effects of unilateral training: sparing of muscle strength and size after immobilization. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, p. apnm-2018-0073, 25 maio 2018.

BARSS, T. S.; PEARCEY, G. E. P.; ZEHR, E. P. Cross-education of strength and skill: An old idea with applications in the aging nervous system. **Yale Journal of Biology and Medicine**, v. 89, n. 1, p. 81–86, 2016.

BEHM, D. G.; SALE, D. G. Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. **Journal of Applied Physiology**, v. 74, n. 1, p. 359–368, 1993.

BEST, J. R.; CHIU, B. K.; LIANG HSU, C.; NAGAMATSU, L. S.; LIU-AMBROSE, T. Long-Term Effects of Resistance Exercise Training on Cognition and Brain Volume in Older Women: Results from a Randomized Controlled Trial. **Journal of the International Neuropsychological Society**, v. 21, n. 10, p. 745–756, 2015.

BEYER, K. S.; FUKUDA, D. H.; BOONE, C. H.; WELLS, A. J.; TOWNSEND, J. R.; JAJTNER, A. R.; GONZALEZ, A. M.; FRAGALA, M. S.; HOFFMAN, J. R.; STOUT, J. R. Short-Term Unilateral Resistance Training Results in Cross Education of Strength Without Changes in Muscle Size, Activation, or Endocrine Response. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1213–1223, maio 2016.

BLAZEVOICH, A. J. Effects of Physical Training and Detraining, Immobilisation, Growth and Aging on Human Fascicle Geometry. **Sports Medicine**, v. 36, n. 12, p. 1003–1017, 2006.

BLOOMER, R. J.; IVES, J. C. Varying Neural and Hypertrophic Influences in a Strength Program. **Strength and Conditioning Journal**, v. 22, n. 2, p. 30, 2000.

CARROLL, T. J.; HERBERT, R. D.; MUNN, J.; LEE, M.; GANDEVIA, S. C.; TIMOTHY, J. Contralateral effects of unilateral strength training : evidence and possible mechanisms. **Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 5, p. 1514–1522, 2006.

CARROLL, T. J.; RIEK, S.; CARSON, R. G. The sites of neural adaptation induced by

resistance training in humans. **The Journal of Physiology**, v. 544, n. 2, p. 641–652, out. 2002.

CARSON, R. G. Neural pathways mediating bilateral interactions between the upper limbs. 2005.

CHEN, R.; GERLOFF, C.; HALLETT, M.; COHEN, L. G. Involvement of the ipsilateral motor cortex in finger movements of different complexities. **Annals of Neurology**, v. 41, n. 2, p. 247–254, fev. 1997.

CLARK, B. C.; ISSAC, L. C.; LANE, J. L.; DAMRON, L. A.; HOFFMAN, R. L. Neuromuscular plasticity during and following 3 wk of human forearm cast immobilization. **Journal of Applied Physiology**, v. 105, n. 3, p. 868–878, 2008.

DETTMERS, C.; RIDDING, M. C.; STEPHAN, K. M.; LEMON, R. N.; ROTHWELL, J. C.; FRACKOWIAK, R. S. Comparison of regional cerebral blood flow with transcranial magnetic stimulation at different forces. **Journal of Applied Physiology**, v. 81, n. 2, p. 596–603, ago. 1996.

DRAGERT, K.; ZEHR, E. P. High-intensity unilateral dorsiflexor resistance training results in bilateral neuromuscular plasticity after stroke. **Experimental Brain Research**, v. 225, n. 1, p. 93–104, 30 mar. 2013a.

DRAGERT, K.; ZEHR, E. P. High-intensity unilateral dorsiflexor resistance training results in bilateral neuromuscular plasticity after stroke. **Experimental Brain Research**, v. 225, n. 1, p. 93–104, 30 mar. 2013b.

EVETOVICH, T. K.; HOUSH, T. J.; HOUSH, D. J.; JOHNSON, G. O.; SMITH, D. B.; EBERSOLE, K. T. The effect of concentric isokinetic strength training of the quadriceps femoris on electromyography and muscle strength in the trained and untrained limb. **Journal of strength and conditioning research**, v. 15, n. 4, p. 439–45, nov. 2001.

EVETOVICH, T. K.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O.; HOUSH, D. J.; EBERSOLE, K. T.; SMITH, D. B. The effects of concentric isokinetic strength training of the quadriceps femoris on mechanomyography and muscle strength. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 7, n. 3, p. 123–128, 1998.

FADIGA, L.; BUCCINO, G.; CRAIGHERO, L.; FOGASSI, L.; GALLESE, V.; PAVESI, G. Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study. **Neuropsychologia**, v. 37, n. 2, p. 147–158, 1 nov. 1998.

FARTHING, J. P.; CHILIBECK, P. D. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 6, p. 578–586, 1 ago. 2003.

FARTHING, J. P.; CHILIBECK, P. D.; BINSTED, G. Cross-education of arm muscular strength is unidirectional in right-handed individuals. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n. 9, p. 1594–1600, 2005.

FARTHING, J. P.; KRENTZ, J. R.; A MAGNUS, C. R.; BARSS, T. S.; LANOVAZ, J. L.; CUMMINE, J.; ESOPENKO, C.; SARTY, G. E.; BOROWSKY, R.; KRENTZ, J.

R.; MAGNUS, C. R.; BARSS, T. S.; LANOVAZ, J. L.; CUMMINE, J.; ESOPENKO, C.; SARTY, G. E.; BOROWSKY, R. Changes in Functional Magnetic Resonance Imaging Cortical Activation with Cross Education to an Immobilized Limb Changes in Functional Magnetic Resonance Imaging Cortical Activation with Cross Education to an Immobilized. **Limb. Med. Sci. Sports Exerc**, v. 43, n. 8, p. 1394–1405, 2011.

FARTHING, J. P.; KRENTZ, J. R.; MAGNUS, C. R. A. Strength training the free limb attenuates strength loss during unilateral immobilization. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 3, p. 830–836, mar. 2009.

FARTHING, J. P.; ZEHR, E. P. Restoring Symmetry. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 42, n. 2, p. 70–75, abr. 2014.

FIMLAND, M. S.; HELGERUD, J.; SOLSTAD, G. M.; IVERSEN, V. M.; LEIVSETH, G.; HOFF, J. Neural adaptations underlying cross-education after unilateral strength training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 6, p. 723–730, 2009.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. Porto Alegre: Artmed; 1999.

FORTI, L. N.; VAN ROIE, E.; NJEMINI, R.; COUDYZER, W.; BEYER, I.; DELECLUSE, C.; BAUTMANS, I. Dose-and gender-specific effects of resistance training on circulating levels of brain derived neurotrophic factor (BDNF) in community-dwelling older adults. **Experimental Gerontology**, v. 70, p. 144–149, 2015.

GINÉ-GARRIGA, M.; ROQUÉ-FÍGULS, M.; COLL-PLANAS, L.; SITJÀ-RABERT, M.; SALVÀ, A. Physical Exercise Interventions for Improving Performance-Based Measures of Physical Function in Community-Dwelling, Frail Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 95, n. 4, p. 753–769.e3, 1 abr. 2014.

HAALAND, K. Y.; ELSINGER, C. L.; MAYER, A. R.; DURGERIAN, S.; RAO, S. M. Motor Sequence Complexity and Performing Hand Produce Differential Patterns of Hemispheric Lateralization. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 16, n. 4, p. 621–636, maio 2004.

HAALAND, K. Y.; HARRINGTON, D. L.; KNIGHT, R. T. Neural representations of skilled movement. **Brain**, v. 123, n. 11, p. 2306–2313, 1 nov. 2000.

HAKKINEN, K.; ALEN, M.; KALLINEN, M.; NEWTON, R. U.; KRAEMER, W. J. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. **European Journal of Applied Physiology**, v. 83, n. 1, p. 51–62, 2000.

HÄKKINEN, K.; ALÉN, 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 Physiologica Scandinavica**, v. 125, n. 4, p. 573–585, dez. 1985.

HÄKKINEN, K.; KALLINEN, M.; IZQUIERDO, M.; JOKELAINEN, K.; LASSILA, H.; MÄLKIÄ, E.; KRAEMER, W. J.; NEWTON, R. U.; ALEN, M. Changes in agonist-

antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. **Journal of Applied Physiology**, v. 84, n. 4, p. 1341–1349, 1998.

HANAJIMA, R.; UGAWA, Y.; MACHII, K.; MOCHIZUKI, H.; TERAOKA, Y.; ENOMOTO, H.; FURUBAYASHI, T.; SHIIO, Y.; UESUGI, H.; KANAZAWA, I. Interhemispheric facilitation of the hand motor area in humans. **The Journal of Physiology**, v. 531, n. 3, p. 849–859, mar. 2001.

HARRIDGE, S. D. R.; KRYGER, A.; STENSGAARD, A. Knee extensor strength, activation, and size in very elderly people following strength training. **Muscle and Nerve**, v. 22, n. 7, p. 831–839, 1999.

HENDY, A. M.; LAMON, S. The Cross-Education Phenomenon: Brain and Beyond. **Frontiers in Physiology**, v. 8, 10 maio 2017.

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; MERLETTI, R.; STEGEMAN, D.; BLOK, J.; RAU, G.; DISSELHORST-KLUG, C.; HÄGG, G. European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy Results of the SENIAM project. [s.d.]

HINDER, M. R.; CARROLL, T. J.; SUMMERS, J. J. Inter-limb transfer of ballistic motor skill following non-dominant limb training in young and older adults. **Experimental Brain Research**, v. 227, n. 1, p. 19–29, 2013.

HOLM, L.; REITELSEDER, S.; PEDERSEN, T. G.; DOESSING, S.; PETERSEN, S. G.; FLYVBJERG, A.; ANDERSEN, J. L.; AAGAARD, P.; KJAER, M. Changes in muscle size and MHC composition in response to resistance exercise with heavy and light loading intensity. **Journal of Applied Physiology**, v. 105, n. 5, p. 1454–1461, nov. 2008.

HÖÖK, P.; SRIRAMOJU, V.; LARSSON, L. Effects of aging on actin sliding speed on myosin from single skeletal muscle cells of mice, rats, and humans. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 280, n. 4, p. C782–C788, abr. 2001.

HORTOBAGYI, T. Cross education and the human central nervous system. **IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine**, v. 24, n. 1, p. 22–28, jan. 2005.

HORTOBAGYI, T.; DEMPSEY, L.; FRASER, D.; ZHENG, D.; HAMILTON, G. Changes in muscle strength, muscle fibre size and myofibrillar gene expression after immobilisation and retraining in humans. **Journal of Physiology**, v. 524.1, p. 293–304, 2000.

HORTOBAGYI, T.; HILL, J. P.; HOUMARD, J. A.; FRASER, D. D.; LAMBERT, N. J.; ISRAEL, R. G. Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 80, n. 3, p. 765–772, mar. 1996.

HORTOBÁGYI, T.; LAMBERT, N. J.; HILL, J. P. Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 29, n. 1, p. 107–112, jan. 1997.

HORTOBÁGYI, T.; TAYLOR, J. L.; PETERSEN, N. T.; RUSSELL, G.; GANDEVIA, S. C. Changes in Segmental and Motor Cortical Output With Contralateral Muscle Contractions and Altered Sensory Inputs in Humans. **Journal of Neurophysiology**, v.

90, n. 4, p. 2451–2459, out. 2003.

HOUSH, D. J.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O.; CHU, W. K. Hypertrophic response to unilateral concentric isokinetic resistance training. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 73, n. 1, p. 65–70, jul. 1992.

HOUSTON, M. E.; FROESE, E. A.; VALERIOTE, S. P.; GREEN, H. J.; RANNEY, D. A. Muscle performance, morphology and metabolic capacity during strength training and detraining: A one leg model. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 51, n. 1, p. 25–35, 1983.

HUGHES, V. A.; FRONTERA, W. R.; DALLAL, G. E.; LUTZ, K. J.; FISHER, E. C.; EVANS, W. J. Muscle strength and body composition: associations with bone density in older subjects. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 27, n. 7, p. 967–74, jul. 1995.

HURLEY, B.; REDMOND, R.; PRATLEY, R.; TREUTH, M.; ROGERS, M.; GOLDBERG, A. Effects of Strength Training on Muscle Hypertrophy and Muscle Cell Disruption in Older Men. **International Journal of Sports Medicine**, v. 16, n. 06, p. 378–384, 9 ago. 1995.

IMMISCH, I.; QUINTERN, J.; NEUROREPORT, A. S.-; 2003, undefined. Unilateral cerebellar lesions influence arm movements bilaterally. **journals.lww.com**, [s.d.]

IWAMURA, Y.; TAOKA, M.; IRIKI, A. Book Review: Bilateral Activity and Callosal Connections in the Somatosensory Cortex. **The Neuroscientist**, v. 7, n. 5, p. 419–429, 29 out. 2001.

JAN LEXELL. **Strength Training and Muscle Hypertrophy in Older Men and Women**. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/topics-geriatric-rehabilitation/TGERE/2000/03/000/strength-training-muscle-hypertrophy-older-men/7/00013614>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

KAMEN, G.; SISON, S. V; DU, C. C.; PATTEN, C. Motor unit discharge behavior in older adults during maximal-effort contractions. **J.Appl.Physiol.**, v. 79, n. 6, p. 1908–1913, 1995.

KANNUS, P.; ALOSA, D.; COOK, L.; JOHNSON, R. J.; RENSTRÖM, P.; POPE, M.; BEYNNON, B.; YASUDA, K.; NICHOLS, C.; KAPLAN, M. Effect of one-legged exercise on the strength, power and endurance of the contralateral leg - A randomized, controlled study using isometric and concentric isokinetic training. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 64, n. 2, p. 117–126, 1992.

KAWASHIMA, R.; YAMADA, K.; KINOMURA, S.; YAMAGUCHI, T.; MATSUI, H.; YOSHIOKA, S.; FUKUDA, H. Regional cerebral blood flow changes of cortical motor areas and prefrontal areas in humans related to ipsilateral and contralateral hand movement. **Brain Research**, v. 623, n. 1, p. 33–40, 24 set. 1993.

KHOUW, W.; HERBERT, R. Optimisation of isometric strength training intensity. **Australian Journal of Physiotherapy**, v. 44, n. 1, p. 43–46, 1998.

KIDO, A.; TANAKA, N.; STEIN, R. B. Spinal excitation and inhibition decrease as



humans age. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 82, n. 4, p. 238–248, 2004.

KLASS, M.; BAUDRY, S.; DUCHATEAU, J. Age-related decline in rate of torque development is accompanied by lower maximal motor unit discharge frequency during fast contractions. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 3, p. 739–746, 2008.

KOMI, P. V.; VIITASALO, J. T.; RAURAMAA, R.; VIHKO, V.; KOMI, P. V. Effect of isometric strength training of mechanical, electrical, and metabolic aspects of muscle function. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 40, n. 1, p. 45–55, 1978.

KOZICKA, I.; KOSTKA, T. Handgrip strength, quadriceps muscle power, and optimal shortening velocity roles in maintaining functional abilities in older adults living in a long-term care home: a 1-year follow-up study. **Clinical interventions in aging**, v. 11, p. 739–47, 2016.

LAGERQUIST, O.; ZEHR, E. P.; DOCHERTY, D. Increased spinal reflex excitability is not associated with neural plasticity underlying the cross-education effect. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 1, p. 83–90, jan. 2006.

LAIDLAW, D. H.; KORNAZ, K. W.; KEEN, D. A.; SUZUKI, S.; ENOKA, R. M. Strength training improves the steadiness of slow lengthening contractions performed by old adults. **Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 5, p. 1786–1795, nov. 1999.

LARSSON, L.; GRIMBY, G.; KARLSSON, J. Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. **Journal of Applied Physiology**, v. 46, n. 3, p. 451–456, 1979.

LEE, M.; CARROLL, T. J. Cross Education. **Sports Medicine**, v. 37, n. 1, p. 1–14, 2007.

LEE, M.; GANDEVIA, S. C.; CARROLL, T. J. Cortical voluntary activation can be reliably measured in human wrist extensors using transcranial magnetic stimulation. **Clinical Neurophysiology**, v. 119, n. 5, p. 1130–1138, 2008.

LEE, M.; HINDER, M. R.; GANDEVIA, S. C.; CARROLL, T. J. The ipsilateral motor cortex contributes to cross-limb transfer of performance gains after ballistic motor practice. **The Journal of Physiology**, v. 588, n. 1, p. 201–212, 1 jan. 2010.

LIEPERT, J.; DETTMERS, C.; TERBORG, C.; WEILLER, C. Inhibition of ipsilateral motor cortex during phasic generation of low force. **Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology**, v. 112, n. 1, p. 114–21, 1 jan. 2001.

LIU-AMBROSE, T.; NAGAMATSU, L. S.; VOSS, M. W.; KHAN, K. M.; HANDY, T. C. Resistance training and functional plasticity of the aging brain: A 12-month randomized controlled trial. **Neurobiology of Aging**, v. 33, n. 8, p. 1690–1698, 2012.

MACALUSO, A.; NIMMO, M. A.; FOSTER, J. E.; COCKBURN, M.; MCMILLAN, N. C.; DE VITO, G. Contractile muscle volume and agonist-antagonist coactivation account for differences in torque between young and older women. **Muscle and Nerve**,

v. 25, n. 6, p. 858–863, 2002.

MAGNUS, C. R. A.; BARSS, T. S.; LANOVAZ, J. L.; FARTHING, J. P. Effects of cross-education on the muscle after a period of unilateral limb immobilization using a shoulder sling and swathe. **J Appl Physiol**, v. 109, p. 1887–1894, 2010a.

MAGNUS, C. R. A.; BARSS, T. S.; LANOVAZ, J. L.; FARTHING, J. P. Effects of cross-education on the muscle after a period of unilateral limb immobilization using a shoulder sling and swathe. **Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 6, p. 1887–1894, dez. 2010b.

MANDRYK, J. L. P. M. E. K. J. **GLOBAL BURDEN OF DISEASE AND INJURY DUE TO OCCUPATIONAL FACTORS**, 1999. .

MAU-MOELLER, A.; BEHRENS, M.; LINDNER, T.; BADER, R.; BRUHN, S. Age-related changes in neuromuscular function of the quadriceps muscle in physically active adults. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 23, n. 3, p. 640–648, 2013.

MCCOMAS, A. Skeletal muscle: form and function. **HUMAN KINETICS**, 1996.  
Disponível em: <[https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=McComas+AJ.+Skeletal+muscle.+Champaign%2C+IL%3A+Human+Kinetics%3B+1996&btnG=>](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=McComas+AJ.+Skeletal+muscle.+Champaign%2C+IL%3A+Human+Kinetics%3B+1996&btnG=>)>. Acesso em: 21 jun. 2018.

MCGINLEY, M.; HOFFMAN, R. L.; RUSS, D. W.; THOMAS, J. S.; CLARK, B. C. Older adults exhibit more intracortical inhibition and less intracortical facilitation than young adults. **Experimental Gerontology**, v. 45, n. 9, p. 671–678, 2010.

MEDICINE, T. M.-A. journal of physical; 1979, undefined. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. **europemc.org**, [s.d.]Disponível em: <<http://europemc.org/abstract/med/453338>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

MOCHIZUKI, H.; HUANG, Y.-Z.; ROTHWELL, J. C. Interhemispheric interaction between human dorsal premotor and contralateral primary motor cortex. **The Journal of Physiology**, v. 561, n. 1, p. 331–338, nov. 2004.

MUELLBACHER, W.; FACCHINI, S.; BOROOJERDI, B.; HALLETT, M. Changes in motor cortex excitability during ipsilateral hand muscle activation in humans. **Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology**, v. 111, n. 2, p. 344–9, 1 fev. 2000.

MUNN, J.; HEBERT, R.D.; HANCOCK, M.J.; GANDEVIA, S. C. Training with unilateral resistance exercise increases contralateral strength. **Journal of Applied Physiology**, v. 99, n. 5, p. 1880–1884, 2005.

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

NAGEL, M. J.; RICE, M. S. Cross-Transfer Effects in the Upper Extremity during an Occupationally Embedded Exercise. **American Journal of Occupational Therapy**, v. 55, n. 3, p. 317–323, 2001.

NARICI, M. V.; ROI, G. S.; LANDONI, L.; MINETTI, A. E.; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 59, n. 4, p. 310–319, 1989.

PANZER, S.; SCHINOWSKI, D.; KINETICS, D. K.-J. of H.; 2011, U. Cross-Education and contralateral irradiation. **degruyter.com**, 2011.

PEARCE, A. J.; HENDY, A.; BOWEN, W. A.; KIDGELL, D. J. Corticospinal adaptations and strength maintenance in the immobilized arm following 3 weeks unilateral strength training. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 23, n. 6, p. 740–748, dez. 2013.

PIERROT-DESEILLIGNY, E.; BURKE, D. The circuitry of the human spinal cord: its role in motor control and movement disorders. 2005.

PLOUTZ, L. L.; TESCH, P. A.; BIRO, R. L.; DUDLEY, G. A. Effect of resistance training on muscle use during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 76, n. 4, p. 1675–1681, abr. 1994.

PORTER, M. M. The Effects of Strength Training on Sarcopenia. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 26, n. 1, p. 123–141, fev. 2001.

PORTER, M. M.; VANDERVOORT, A. A.; LEXELL, J. Aging of human muscle: structure, function and adaptability. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 5, n. 3, p. 129–142, 30 jan. 2007.

RHEA, M. R.; ALVAR, B. A.; BURKETT, L. N.; BALL, S. D. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 35, n. 3, p. 456–64, mar. 2003.

ROOS, M. R.; RICE, C. L.; CONNELLY, D. M.; VANDERVOORT, A. A. Quadriceps muscle strength, contractile properties, and motor unit firing rates in young and old men. **Muscle & Nerve**, v. 22, n. 8, p. 1094–1103, ago. 1999.

ROSSATO, L.; NAHAS, P.; DE BRANCO, F.; MARTINS, F.; SOUZA, A.; CARNEIRO, M.; ORSATTI, F.; DE OLIVEIRA, E. Higher Protein Intake Does Not Improve Lean Mass Gain When Compared with RDA Recommendation in Postmenopausal Women Following Resistance Exercise Protocol: A Randomized Clinical Trial. **Nutrients**, v. 9, n. 9, p. 1007, 2017. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-6643/9/9/1007>>.

RUDDY, K. L.; CARSON, R. G. Neural pathways mediating cross education of motor function. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 7, p. 397, 29 jul. 2013. Disponível em: <<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2013.00397/abstract>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

SALE, M. V. Age-related differences in corticospinal control during functional isometric contractions in left and right hands. **Journal of Applied Physiology**, v. 99, n. 4, p. 1483–1493, 2005..

SATTIN, R. W.; LAMBERT HUBER, D. A.; DEVITO, C. A.; RODRIGUEZ, J. G.;

ROS, A.; BACCHELLI, S.; STEVENS, J. A.; WAXWEILER, R. J. The incidence of fall injury events among the elderly in a defined population. **American Journal of Epidemiology**, v. 131, n. 6, p. 1028–1037, 1990.

SCAGLIONI, G.; FERRI, A.; MINETTI, A. E.; MARTIN, A.; VAN HOECKE, J.; CAPODAGLIO, P.; SARTORIO, A.; NARICI, M. V. Plantar flexor activation capacity and H reflex in older adults: adaptations to strength training. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 6, p. 2292–2302, 2002.

SCRIPTURE, E. W.; SMITH, T. L.; BROWN, E. M. On the education of muscular control and power. **Stud Yale Psychol Lab**, v. 2, p. 114–119, 1894.

SHIMA, N.; ISHIDA, K.; KATAYAMA, K.; MOROTOME, Y.; SATO, Y.; MIYAMURA, M. Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining. **European Journal of Applied Physiology**, v. 86, n. 4, p. 287–294, 2002.

SINGH, M. A. F.; DING, W.; MANFREDI, T. J.; SOLARES, G. S.; O'NEILL, E. F.; CLEMENTS, K. M.; RYAN, N. D.; KEHAYIAS, J. J.; FIELDING, R. A.; EVANS, W. J. Insulin-like growth factor I in skeletal muscle after weight-lifting exercise in frail elders. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 277, n. 1, p. E135–E143, jul. 1999.

SOHN, Y. H.; JUNG, H. Y.; KAELIN-LANG, A.; HALLETT, M. Excitability of the ipsilateral motor cortex during phasic voluntary hand movement. **Experimental Brain Research**, v. 148, n. 2, p. 176–185, jan. 2003.

STEVENSON, M.; FINCH, C.; HAMER, P.; ELLIOTT, B. THE WESTERN AUSTRALIAN SPORTS INJURY STUDY. **J SPORTS MED**, v. 37, p. 380–381, 2003.

STRENS, L. H. A.; FOGELSON, N.; SHANAHAN, P.; ROTHWELL, J. C.; BROWN, P. The Ipsilateral Human Motor Cortex Can Functionally Compensate for Acute Contralateral Motor Cortex Dysfunction. **Current Biology**, v. 13, n. 14, p. 1201–1205, 15 jul. 2003.

SUETTA, C.; HVID, L. G.; JUSTESEN, L.; CHRISTENSEN, U.; NEERGAARD, K.; SIMONSEN, L.; ORTENBLAD, N.; MAGNUSSON, S. P.; KJAER, M.; AAGAARD, P. Effects of aging on human skeletal muscle after immobilization and retraining. **J Appl Physiol**, v. 107, p. 1172–1180, 2009a.

SUETTA, C.; HVID, L. G.; JUSTESEN, L.; CHRISTENSEN, U.; NEERGAARD, K.; SIMONSEN, L.; ORTENBLAD, N.; MAGNUSSON, S. P.; KJAER, M.; AAGAARD, P. Effects of aging on human skeletal muscle after immobilization and retraining. **Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 4, p. 1172–1180, out. 2009b.

SYSTEM, J. F.-T. rat nervous; 1995, undefined. Substantia nigra. **ci.nii.ac.jp**, [s.d.]Disponível em: <<https://ci.nii.ac.jp/naid/10005826794/>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

TAAFFE, D. R.; HENWOOD, T. R.; NALLS, M. A.; WALKER, D. G.; LANG, T. F.; HARRIS, T. B. Alterations in muscle attenuation following detraining and retraining in resistance-trained older adults. **Gerontology**, v. 55, n. 2, p. 217–23, 2009.

TEIXEIRA-SALMELA, L. F.; SANTIAGO, L.; LIMA, R. C. M.; LANA, D. M.; CAMARGOS, F. F. O.; CASSIANO, J. G. Functional performance and quality of life related to training and detraining of community-dwelling elderly. **Disability and Rehabilitation**, v. 27, n. 17, p. 1007–1012, 2 set. 2005.

TOMLINSON, B.; IRVING, D.-J. of the neurological; 1977, U. The numbers of limb motor neurons in the human lumbosacral cord throughout life. **Elsevier**, 1977.

TORAMAN, N. F. Short term and long term detraining: is there any difference between young-old and old people? **British journal of sports medicine**, v. 39, n. 8, p. 561–4, 1 ago. 2005.

TRACY, B. L.; IVEY, F. M.; HURLBUT, D.; MARTEL, G. F.; LEMMER, J. T.; SIEGEL, E. L.; FOZARD, J. L.; FLEG, J. L.; HURLEY, B. F.; ZHANG, T.; CHOI, S. J.; WANG, Z.; BIRBRAIR, A.; MESSI, M. L.; JIN, J.; MARSH, A. P.; NICKLAS, B.; DELBONO, O.; BIOL, J. G. A.; MED, S.; STRAIGHT, C. R.; BRADY, A. O.; EVANS, E. M.; LEENDERS, M.; VERDIJK, L. B.; HOEVEN, L. Van Der; KRANENBURG, J. Van; NILWIK, R.; LOON, L. J. C. Van; STELLEFSON, M.; YANNESSA, J. F.; MARTEL, G. F. Muscle quality . II . Effects of strength training in 65- to 75-yr-old men and women Muscle quality . II . Effects of strength training in 65- to 75-yr-old men and women. **J Appl Physiol**, v. 86, n. 1, p. 195–201, 1999.

TRAPPE, S.; WILLIAMSON, D.; GODARD, M.; PORTER, D.; ROWDEN, G.; COSTILL, D. Effect of resistance training on single muscle fiber contractile function in older men. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 1, p. 143–152, jul. 2000.

UNHJEM, R.; LUNDESTAD, R.; FIMLAND, M. S.; MOSTI, M. P.; WANG, E. Strength training-induced responses in older adults: attenuation of descending neural drive with age. **Age**, v. 37, n. 3, 2015.

VANDERVOORT, A. A. Aging of the human neuromuscular system. **Muscle & Nerve**, v. 25, n. 1, p. 17–25, jan. 2002a.

VANDERVOORT, A. A. Aging of the human neuromuscular system. **Muscle & nerve**, v. 25, n. 1, p. 17–25, jan. 2002b.

VANDERVOORT, A. A.; MCCOMAS, A. J. Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. **Journal of Applied Physiology**, v. 61, n. 1, p. 361–367, jul. 1986.

VERSTYNEN, T.; DIEDRICHSEN, J.; ALBERT, N.; APARICIO, P.; IVRY, R. B. Ipsilateral Motor Cortex Activity During Unimanual Hand Movements Relates to Task Complexity. **Journal of Neurophysiology**, v. 93, n. 3, p. 1209–1222, mar. 2005.

VILA-CHÃ, C.; FALLA, D.; CORREIA, M. V.; FARINA, D. Changes in H reflex and V wave following short-term endurance and strength training. **Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 1, p. 54–63, jan. 2012.

VOGLER, C. M.; MENANT, J. C.; SHERRINGTON, C.; OGLE, S. J.; LORD, S. R. Evidence of Detraining After 12-Week Home-Based Exercise Programs Designed to Reduce Fall-Risk Factors in Older People Recently Discharged From Hospital. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 93, n. 10, p. 1685–1691, 1 out.

2012.

WANG, F.-C.; DE PASQUA, V.; DELWAIDE, P. J. Age-related changes in fastest and slowest conducting axons of thenar motor units. **Muscle & Nerve**, v. 22, n. 8, p. 1022–1029, ago. 1999

WEIR, J. P.; HOUSH, D. J.; HOUSH, T. J.; WEIR, L. L. The Effect of Unilateral Concentric Weight Training and Detraining on Joint Angle Specificity, Cross-Training, and the Bilateral Deficit. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 25, n. 4, p. 264–270, 1997.

WELLE, S.; BHATT, K.; THORNTON, C. A. Stimulation of myofibrillar synthesis by exercise is mediated by more efficient translation of mRNA. **Journal of Applied Physiology**, v. 86, n. 4, p. 1220–1225, abr. 1999.

WHO. **Obesity: Preventing and managing the global epidemic - Technical Report Series 894** Technical Report Series 894. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO\\_TRS\\_894/en/](http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_894/en/)>.

WOLFE, B. L.; LEMURA, L. M.; COLE, P. J. Quantitative analysis of single- vs. multiple-set programs in resistance training. **Journal of strength and conditioning research**, v. 18, n. 1, p. 35–47, fev. 2004.

YUE, G.; COLE, K. J. Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. **Journal of neurophysiology**, v. 67, n. 5, p. 1114–23, maio 1992.