

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA  
LABORATÓRIO DE PESQUISA DO EXERCÍCIO

ESTUDO DE CASO: EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA UTILIZANDO  
EXERCÍCIOS MONOARTICULARES *VERSUS* MULTIARTICULARES NA  
FORÇA, MASSA MUSCULAR E RAZÕES DE TORQUE CONVENCIONAL E  
FUNCIONAL DE JOELHO

Mayver Rosa Ollerman

Profº Dr. Ronei Silveira Pinto

Porto Alegre, agosto de 2024

## Resumo

**Introdução:** O treinamento de força (TF) também conhecido como treinamento com pesos, tem sido largamente reportado na literatura, como estratégia para incrementar o desempenho físico, assim como para melhorar níveis de saúde geral. O controle de algumas variáveis é fundamental para prescrição do TF, sendo que a seleção dos exercícios se destaca como uma das principais. **Objetivo:** Tendo como foco esta variável o objetivo do estudo foi comparar os efeitos de dois diferentes protocolos de TF, compostos pela execução de exercícios em configuração monoarticular (flexão de joelho e extensão de joelho) e multiarticular (*leg press*), nos ganhos de força, massa muscular e razões convencional e funcional de joelho. **Métodos:** A amostra foi voluntária, composta por homens destreinados (no mínimo 4 meses sem realizar treinamento de força) com idades entre 18 e 35 anos. O programa de treino teve duração de 12 semanas com frequência bissemanal. A periodização foi realizada da seguinte forma: semanas 1 a 3: 2 X 12-15 RM; semanas 4 a 6: 3 X 10-12 RM; semanas 7 a 9: 4 X 8-10 RM; e semanas 10 a 12: 4X 6-8 RM. O tempo de execução dos exercícios foi de dois segundos para cada uma das fases concêntrica e excêntrica. Um a três minutos de intervalo foram respeitados entre as séries. A intensidade do treinamento progrediu de acordo com as faixas de RM's. Para isso, os participantes realizaram o treino monoarticular em um membro (direito e/ou esquerdo) e o treino multiarticular no membro contralateral, o que foi determinado por randomização prévia. Foram avaliadas as seguintes variáveis dependentes: a) torque dinâmico a 60°/s de forma concêntrica de extensores e flexores de joelho; b) torque dinâmico a 60°/s de força excêntrica de flexores de joelho; c) espessura muscular dos músculos: Vasto Lateral, Vasto Intermédio, Reto Femoral e Bíceps Femoral f) razão de força entre Isquiotibiais (I) e Quadríceps (Q) (I:Q), avaliada de forma convencional (I concêntrica:Q concêntrica) e funcional (I excêntrica:Q concêntrica). Para comparação entre os momentos (pré e pós- treinamento) e entre as condições (treino multiarticular ou monoarticular) uma ANOVA *two-way* seria utilizada. Com há interação tempo-grupo, o procedimento de desdobramento foi realizado para localizar as diferenças significativas. O *post hoc* utilizado foi o de Bonferroni e o nível de significância considerado de  $p < 0,05$ . O tamanho de efeito através do *d* de Cohen foi reportado.

No entanto, como o estudo não foi concluído, nenhuma análise inferencial foi ainda realizada. Apenas dados descritivos são apresentados

**Palavras-chave:** hipertrofia muscular; razão de força I:Q; ultrassonografia muscular.

## Lista de Figuras:

<b>Figura 1:</b> Quadro resumo dos estudos encontrados na literatura consultada que investigaram o efeito crônico do exercício nas condições multi <i>versus</i> monoarticular .....	15
<b>Figura 2:</b> Desenho experimental simplificado do estudo .....	24
<b>Figura 3:</b> Representação do exercício multiarticular “leg press”: A: posição inicial da primeira fase (concêntrica); B: posição final da primeira fase (concêntrica) .....	27
<b>Figura 4:</b> Representação do exercício monoarticular extensão de joelho. A: posição inicial da primeira fase (concêntrica); B: posição final da primeira fase (concêntrica).....	27
<b>Figura 5:</b> Representação do exercício monoarticular flexão de joelho. A: posição inicial da primeira fase (concêntrica); B: posição final da primeira fase concêntrica .....	28
<b>Figura 6:</b> Valores de massa magra (em gramas) avaliada pela DXA de dois participantes (*P1: participante 1; P2: participante 2.) que realizaram os exercícios multiarticulares.....	36
<b>Figura 7:</b> Valores de massa magra (em gramas) avaliada pela DXA de dois participantes (*P1: participante 1; P2: participante 2.) que realizaram os exercícios monoarticulares.....	37
<b>Figura 8:</b> Valores das cargas (em quilos) avaliados através do 1-RM de dois participantes (*P1: participante 1; P2: participante 2.) que realizaram os exercícios executados no treinamento. ....	39

## **Siglas**

TF- Treinamento de força

MONO- monoarticular

MULTI- multiarticular

(I:Q): Isquiotibiais: Quadriceps

CIVMe- contração voluntária máxima de extensores de joelho

CVMC60f- contração voluntária máxima concêntrica a 60°/s de flexores de joelho

CVMC60e - contração voluntária máxima concêntrica a 60 °/s de extensores do joelho

CVME60f - contração voluntária máxima excêntrica a 60°/s de flexores de joelho

EMbf - espessura muscular do Bíceps Femoral

EMvl - espessura muscular do Vasto Latera

EMvi - espessura muscular Vasto Intermédio

EMrt - espessura muscular Reto Femoral;RMs - repetições máximas

1-RM - uma repetição máxima

RML – resistência muscular localizada

I:Qcon: Relação Isquiotibiais/concêntrico: Quadríceps/concêntrico

I:Qexc:Relação Isquiotibiais/excêntrico: Quadríceps/concêntrico

ESEFID- Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança

UFRGS- Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LAPEX- Laboratório de Pesquisa do Exercício

VASTO LATERAL- VL

VASTO INTERMÉDIO- VI

RETO FEMORAL- RT

BÍCEPS FEMORAL- BF

## Sumário

<b>Sumário</b> .....	6
Introdução .....	8
Revisão de literatura .....	11
ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES AO TREINAMENTO DE FORÇA.....	11
COMPARAÇÃO DE EXERCÍCIOS MULTIARTICULARES <i>VERSUS</i> MONOARTICULARES .....	12
EFEITO AGUDO DE EXERCÍCIOS MULTIARTICULARES <i>VERSUS</i> MONOARTICULARES .....	14
EFEITO CRÔNICO DE EXERCÍCIOS MULTIARTICULARES <i>VERSUS</i> MONOARTICULARES .....	15
RAZÕES MUSCULARES E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE FORÇA MÁXIMA .....	16
Objetivo Geral .....	19
Objetivos Específicos .....	19
Problema de pesquisa.....	20
Características da Amostra .....	20
Cálculo amostral.....	20
Critérios de Inclusão.....	20
Critérios de Exclusão .....	21
Procedimentos Éticos.....	21
Delineamento do Estudo e Definição Operacional das Variáveis .....	21
Variável independente.....	22
Variáveis dependentes.....	22
Instrumentos.....	22
Procedimentos Metodológicos .....	23
Procedimentos para seleção de amostra .....	23
Protocolos de avaliação .....	24
Protocolo dos exercícios de força.....	26
Exercício Multiarticular .....	26
Exercícios Monoarticulares .....	27
Programa de Treinamento.....	28

Familiarização com os Exercícios .....	29
Controle do tempo de execução.....	30
Procedimentos de Avaliação.....	30
Teste de 1 repetição máxima (1-RM) .....	31
Força resistente (RML).....	31
Dinamometria Isocinética .....	31
Ultrassonografia .....	32
Composição corporal (DXA).....	33
Análise estatística .....	34
RESULTADOS.....	35
DISCUSSÃO.....	39
CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

## Introdução

O treinamento de força (TF), também conhecido como treinamento com pesos (FLECK; KRAEMER, 1999), tornou-se uma das formas mais conhecidas de exercício, tanto para aprimorar o desempenho físico de atletas como para melhorar a aptidão física de pessoas não-atletas. Esse tipo de treinamento é um dos métodos mais eficazes para incrementos de força e massa muscular. Tem sido largamente reportada na literatura a importância de cada tipo de manifestação da força, como: força máxima, força explosiva e força resistente e como elas afetam a qualidade de vida e melhoram a saúde dos indivíduos (HAIRI et al., 2010, KRAEMER; RATAMESS, 2002). Os benefícios do TF são diretamente influenciados por variáveis que podem ser manipuladas ao longo do treinamento. Entre elas estão: intensidade, volume, intervalo entre as séries e as sessões, ordem dos exercícios e seleção de exercícios.

Em um programa de treinamento de força a seleção de exercícios tem grande importância na estruturação do programa de treino. De uma maneira geral, os exercícios podem ser divididos em multiarticulares ou monoarticulares (KRAEMER; RATAMESS, 2004). Exercícios multiarticulares envolvem mais de uma articulação e vários grupos musculares simultaneamente, enquanto que exercícios monoarticulares envolvem apenas uma articulação e a ativação de um grupo muscular específico. Assim, poderia se pensar que uma sessão de treino composta por exercícios multiarticulares seria mais eficiente, pois envolveria um número maior de músculos em menos tempo. Porém, não é clara na literatura a afirmação de que as respostas do TF multiarticular quando comparadas ao monoarticular, tem maior eficácia no ganho de força e massa muscular. Em uma revisão recente de Gentil *et al.*, (2016), foram selecionados 23 estudos que compararam exercícios multi e monoarticulares, e a combinação de um exercício multi com um mono. Os autores referem não haver diferença entre a utilização destes exercícios relativamente à força e hipertrofia muscular. No entanto, o resultado é contrastante quando se considera a musculatura extensora de tronco, uma vez que exercícios realizados de forma mono tendem a trazer maiores ganhos de força e hipertrofia muscular e servem para corrigir desequilíbrios musculares e fortalecer os músculos extensores



de tronco. Estudos longitudinais citados anteriormente, não encontraram diferenças na força e na hipertrofia dos músculos em resposta à realização de exercício multi e monoarticular e nenhum efeito quando adicionado um exercício mono em um programa de treino multiarticular, o que impossibilita a afirmação da superioridade de um destes modelos de treino.

Os estudos de Rutherford e Jones (1986) e Chilibeck *et al.*, (1998) propõem que os exercícios monoarticulares promovem uma hipertrofia muscular relativamente maior pelo fato de exigirem, do ponto de vista neuromuscular, uma menor coordenação. Porém, alguns estudos descrevem maior hipertrofia muscular e incrementos mais expressivos de força após a realização de exercícios multiarticulares, pelo fato de que estes possibilitam o deslocamento de cargas maiores em comparação aos exercícios monoarticulares (KRAEMER *et al.*, 2012). Nesta lógica, Fleck & Kraemer (2006), ressaltam que em exercícios multiarticulares existe maior quantidade de estímulos neurais para os músculos quando comparado ao exercício monoarticular.

Gentil *et al.* (2013) realizaram um estudo com homens jovens destreinados, em que foi comparado o ganho de força e de hipertrofia muscular de flexores de cotovelo entre um grupo que realizou o exercício de forma multiarticular e outro grupo que realizou o exercício de forma multiarticular com o acréscimo de um exercício monoarticular (multi + mono). Não houve diferença entre os grupos após o período de treino nas variáveis avaliadas (força e hipertrofia), o que indica que exercícios multiarticulares apresentam estímulos suficientes para desencadear adaptações neuromusculares, sem a adição de um exercício monoarticular. Em outro estudo de Gentil *et al.* (2015) foram comparados os efeitos de exercícios multiarticulares versus monoarticulares sobre a hipertrofia muscular e a força muscular em homens jovens não treinados em força. Da mesma forma que no estudo anterior dos mesmos autores, não foi observada diferença entre os grupos relativamente às duas variáveis avaliadas (força e hipertrofia) após 10 semanas de treinamento.

Ao ser elaborado um programa de treinamento de força, a seleção de exercícios deve considerar os músculos-alvo e articulações visadas por este

programa de treino. Fleck & Kraemer (2006) ressaltam que as regiões/articulações mais suscetíveis à lesão e o equilíbrio de força entre músculos antagonistas nestas articulações devem nortear a seleção dos exercícios. Nesta lógica, especificamente associada à articulação do joelho, a relação de força entre os Isquiotibiais e o Quadríceps (razão I:Q – convencional e funcional) tem sido investigada (DVIR Z., 2002), e desequilíbrios nesta relação têm sido associados a maior risco de lesões nesta articulação (IGA J *et al.*, 2008; GREIG M., 2008).

Na literatura consultada não foi identificado nenhum estudo que tenha comparado o efeito de treinos realizados em condições multiarticular *versus* monoarticular nas razões convencional e funcional de joelho. Considerando-se a importância da manutenção do equilíbrio de força entre os músculos Isquiotibiais e Quadríceps na saúde e proteção da articulação do joelho, parece ser importante para treinadores, preparadores físicos e fisioterapeutas o conhecimento de qual estratégia de treino é mais adequada para a organização de um programa de treino de força.

Assim, com base na literatura consultada e na divergência dos resultados nela encontrada, há impossibilidade de afirmar com precisão qual tipo de exercício é mais eficaz na indução de adaptações neuromusculares, assim como no aprimoramento das razões convencional e funcional da articulação do joelho, sobretudo em indivíduos destreinados.

## Revisão de literatura

### ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES AO TREINAMENTO DE FORÇA

O treinamento de força (TF) é uma das mais populares formas de treinamento, pois é um método efetivo para melhorar a aptidão física, sobretudo através de aumentos na força e na massa muscular (BAECHLE e EARLE, 2008). As melhoras na força muscular decorrentes do TF estão ligadas, principalmente, a adaptações neurais e morfológicas. O movimento humano é uma ação voluntária e controlada pelo sistema nervoso somático, que envia um sinal elétrico para o cérebro e desencadeia uma contração muscular que percorre todo sistema central e periférico até o músculo. (CHANDLER, T., 2009). As adaptações neurais estão ligadas ao sistema nervoso central e acontecem nas fases iniciais do treinamento, e compreendem o aumento da capacidade de recrutamento de unidades motoras - melhor sincronia e maior taxa de disparo de unidades motoras - redução da coativação da musculatura antagonista, inibição de mecanismos reflexos protetores e melhoria na coordenação intermuscular e intramuscular durante a execução do exercício (AAGAARD, 2003). Estas adaptações permitem um incremento rápido na sobrecarga movimentada no decorrer do treinamento, principalmente entre as primeiras 8-10 semanas de treinamento (SALE, 1988). Com isso os ganhos de força são associados às adaptações neurais e atribuídos à aprendizagem do recrutamento dessas unidades. Assim, após esse período inicial as adaptações morfológicas contribuiriam mais para os incrementos subsequentes de força (FOLLAND; WILLIAMS, 2007). No entanto, estudos recentes têm demonstrado que as adaptações morfológicas podem já ocorrer em períodos curtos- 3-4 semanas (SEYNNES, de BOER e NARICI, 2007) após o início de uma rotina de treinamento. As adaptações morfológicas incluem, principalmente, aumento da área de secção transversa das miofibrilas resultante do acréscimo de proteínas miofibrilares (BADILLO e AYESTARÁN, 2001). Outras adaptações comuns que ocorrem são as alterações na arquitetura muscular, como aumento do ângulo de penação (FOLLAND e WILLIAMS, 2007).

No TF existem algumas variáveis que interferem diretamente nas adaptações neurais e morfológicas. As principais variáveis são: intensidade, volume, intervalo, ordem e seleção dos exercícios (KRAEMER e RATAMESS, 2004). A intensidade tem relação com a sobrecarga proposta. O volume refere-se à quantidade de séries e repetições, número de sessões e à carga utilizada, podendo ser expressa de forma numérica pela multiplicação do número de séries, repetições e carga. Intervalo refere-se ao intervalo entre as séries e as sessões de treino. A ordem tem relação aos exercícios que devem ser seguidos na rotina de treino. E por fim, seleção de exercícios que se refere aos tipos de exercícios, os quais podem ser multiarticulares e monoarticulares. Os exercícios multiarticulares caracterizam-se por serem exercícios que envolvem mais de um grupo muscular simultaneamente, enquanto que exercícios monoarticulares, envolvem apenas um grupo muscular. Devido às características individuais, diversos pesquisadores se propuseram a avaliar o impacto que cada tipo de exercício tem em determinado grupo muscular. Essas características associadas a cada tipo de exercício podem induzir estresse em diferentes magnitudes em um mesmo músculo, o que pode levar a respostas adaptativas diferentes. Ainda não é claro na literatura como as adaptações neuromusculares acontecem a longo prazo nas condições multi *versus* mono.

## **COMPARAÇÃO DE EXERCÍCIOS MULTIARTICULARES *VERSUS* MONOARTICULARES**

As características biomecânicas de cada articulação predispõem a ativação específica dos músculos que nela agem, assim como as características mecânicas de cada exercício exigem também a ação específica de músculos que a movimentam. Neste contexto, a EMG de superfície possibilita avaliar a ativação de músculos esqueléticos em diferentes exercícios de força. Entender a ativação de diferentes músculos em determinados exercícios ajudará a entender efeitos crônicos advindos dos exercícios.

Não há um consenso na literatura sobre o ganho de força e hipertrofia em diferentes tipos de exercícios, já que alguns estudos demonstram que não há diferença significativa entre multi e mono, e que por questões como duração da sessão de treino, é preferível que se utilize apenas exercícios multiarticulares. Um estudo avaliou a atividade eletromiográfica dos músculos da coxa e observou que não há diferença de ativação dos músculos Vasto Lateral e Vasto Medial no exercício agachamento, porém quando comparado o agachamento com a “extensão de joelho”, a ativação de Vasto Lateral e Vasto Medial foi bem maior, porém não foi avaliada a ativação do Reto Femoral (SIGNORILE, 1994). Escamilla *et al.* (1998) avaliaram a ativação dos músculos Reto Femoral, Vasto Lateral e Vasto Medial, separadamente ao realizar exercícios de agachamento comparado com a extensão de joelho e demonstraram que o exercício monoarticular parece ser mais eficaz para a ativação do músculo reto femoral, enquanto os vastos lateral e medial foram mais ativados no agachamento. Nesta lógica um exercício monoarticular seria responsável pela ativação de músculos que não foram tão ativados durante a realização do multiarticular.

Outro estudo que comparou o efeito em ambas as condições (mono e multi) na força dos Isquiotibiais, demonstrou que para maior ativação deste grupo muscular o ideal é que se realize o exercício de forma mono, pois quando comparado o agachamento com a mesa flexora e o *stiff*, observou-se que o agachamento produzia metade da ativação registrada nos exercícios da condição monoarticular (WRIGHT *et al.*, 1999). Um dos motivos que explica a maior ativação nesse grupo muscular em exercícios monoarticulares, em que o Bíceps Femoral é considerado motor primário, está argumentado por Yamashita (1988), que sugere que a ativação entre agonista e antagonistas simultaneamente vista em exercícios multiarticulares, pode gerar uma inibição dos músculos que não são motores primários.

## **EFEITO AGUDO DE EXERCÍCIOS MULTIARTICULARES VERSUS MONOARTICULARES**

O dano muscular induzido pela realização de exercícios de força ocorre quando há um alongamento excessivo das fibras musculares danificando a estrutura e alterando a capacidade de produzir tensão, reduzindo assim a capacidade de produzir força.

O dano muscular é dependente do nível de treinamento de cada indivíduo, sendo que indivíduos mais treinados têm níveis menores de dano (NEWTON *et al.*, 2008). Alguns estudos demonstram que o dano muscular que ocorre pelo estresse mecânico induzidos pelo exercício é o mecanismo responsável pelo ganho de massa muscular a longo prazo.

Um único estudo foi encontrado na literatura em que foram comparados exercícios multiarticulares (remada) e monoarticulares (flexão de cotovelo) nos músculos flexores de cotovelo em homens altamente treinados. O protocolo avaliado consistiu em oito séries de 10 RMs, foram mensurados o pico de torque (PT) e dor muscular tardia (DMT) no pré exercício, 10 minutos após, 24, 48, 72 e 96 horas depois de cada exercício. Os resultados mostram que houve uma diminuição no PT após 10 minutos em ambos os tipos de exercícios, no entanto, a diminuição foi maior após 24 horas em exercícios monoarticulares, enquanto em exercícios multiarticulares o PT voltou aos valores da sessão inicial. A dor muscular tardia também foi maior em exercícios monoarticulares (SOARES *et al.*, 2015).

Ainda que o desfecho agudo do exercício multiarticular *versus* monoarticular não tenha sido avaliado neste trabalho, as lacunas encontradas na literatura não respondem de que forma o dano muscular influencia o ganho de massa muscular a longo prazo. Entretanto, o dano muscular gerado ao longo do processo de TF pode ser um agente influenciador dependendo do tipo de exercício proposto.

## EFEITO CRÔNICO DE EXERCÍCIOS MULTIARTICULARES VERSUS MONOARTICULARES

Em condições crônicas, as melhoras induzidas pelo TF estão associadas ao incremento do desempenho neural, bem como às adaptações morfológicas, sendo que ambas as adaptações são possíveis pelo fato da musculatura esquelética ser extremamente plástica e adaptável às demandas impostas pelo TF. De forma crônica, espera-se que ocorra um aumento na área de secção transversa do músculo e alteração nas características contráteis das fibras musculares. Abaixo, um quadro resumo com os estudos encontrados na literatura consultada que investigaram o exercício nas condições multiarticular *versus* monoarticular.

Autor	Método de Análise	Amostra	Séries e repetições	Resultados
Gentil <i>et al.</i> , 2013	Multi <i>versus</i> Multi+mono Espessura muscular Força muscular- flexores de cotovelo	Homens destreinados	3 séries- 10 repetições 10 semanas	Ambos os grupos obtiveram ganhos, porém não houve diferença entre os eles.
Gentil <i>et al.</i> , 2015	Multi <i>versus</i> Mono Espessura musculares Força muscular flexores de cotovelo	Homens destreinados	3 séries – 10 repetições 10 semanas	Ambos os grupos obtiveram ganhos, porém não houve diferença entre os eles.
França <i>et al.</i> , 2015	Multi <i>versus</i> Multi + mono 1RM Circunferência do braço Flexores decotovelo	Homens treinados	8 semanas Periodização linear	Ambos os grupos obtiveram melhores, porém sem diferença entre eles.

**Figura 1:** Quadro resumo dos estudos encontrados na literatura consultada que investigaram o efeito crônico do exercício nas condições multiarticular *versus* monoarticular.

Com base nos poucos estudos encontrados na literatura (Figura 1) e nas lacunas que a literatura apresenta, em que é inconsistente afirmar que determinado tipo de exercício é mais eficaz que outro, o presente estudo tem como proposta comparar exercícios multiarticulares *versus* monoarticulares envolvendo os grupos musculares citados anteriormente, (i.e. extensores e flexores de joelho). Além disso, propõe uma periodização linear frequentemente utilizada em rotinas de treinamento em academias e, como isso, pretende ainda comparar o efeito de dois modelos de treino (i.e. mono e multiarticular) nas razões convencional (Icon:Qcon) e funcional (Iexc:Qcon) do joelho.

## **RAZÕES MUSCULARES E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE FORÇA MÁXIMA**

Os desequilíbrios relacionados a músculos que movimentam a articulação do joelho vêm sendo avaliados a partir da razão convencional (PT concêntrico dos flexores/PT concêntrico dos extensores) em que valores entre 0,5 e 0,7 são considerados dentro da normalidade (DVIR Z., 2002). Porém, o uso somente dessa razão, como indicadora de desequilíbrios apresenta limitações, pois a contração concêntrica dos Isquiotibiais simultânea à contração concêntrica do Quadríceps é uma situação que não ocorre durante a execução de movimentos funcionais. Como os flexores de joelho se contraem de forma excêntrica para controlar a ação concêntrica dos extensores de joelho, há de se considerar também a razão funcional, que é a razão do torque máximo excêntrico dos flexores de joelho pelo torque máximo concêntrico dos seus extensores (AAGAARD *et al.*, 1995, 1998; DVIR *et al.*, 1989). Uma das formas de avaliar essas razões articulares pode ser a partir do teste realizado em um dinamômetro isocinético. A dinamometria isocinética, padrão ouro para avaliação de força muscular, fornece valores fidedignos sobre o torque gerado e subsequentemente a razão de força entre flexores e extensores (SIQUEIRA *et al.*, 2002) vem sendo utilizada no diagnóstico de disfunções neuromusculares, na reabilitação, no treino, e na investigação, como indicador da função e desempenho de certos grupos musculares, sendo a sua medição feita a partir do pico de torque (PT) (DVIR, 2002).

Os músculos flexores de joelho são os responsáveis por manter o equilíbrio



articular do joelho e evitar o movimento de translação da tíbia sobre o fêmur, sendo que a fadiga destes músculos parece prejudicar estas funções. Assim, parece plausível afirmar que quando o indivíduo é submetido a uma elevada demanda física, levando os músculos à fadiga, o risco de lesão é aumentado. Conceitualmente, fadiga é a falha na manutenção de força ou potência requerida ou esperada (SANGNIER; TOURNY-CHOLLET, 2007).

Tem sido demonstrado que o grupo muscular Isquiotibiais é constituído por um elevado número de fibras rápidas (i.e. Tipo II), o que o torna mais suscetível à fadiga muscular, quando comparado ao Quadríceps. Testes de flexão e extensão de joelho realizados em dinamômetro isocinético em condições de fadiga têm reportado maior índice de fadiga dos Isquiotibiais (SANGNIER; TOURNY-CHOLLET, 2007).

Assim, devido à maior queda do pico do torque dos flexores de joelho em condições de fadiga, pode-se especular que é possível ocorrer um desequilíbrio muscular entre flexores e extensores de joelho durante atividades que necessitam da ativação destes músculos em condições de fadiga. .

Em um estudo recente de Pinto *et al.*, (2017) foi realizado um protocolo de fadiga no dinamômetro isocinético em que, após 30 repetições a 300°/s, e foi observada uma queda na razão Isquiotibias/Quadriceps (I:Q) a partir da 6ª repetição. Este resultado ressalta a interferência negativa da fadiga muscular (maior nos Isquiotibiais) nos valores da razão I:Q. Assim, a avaliação da razão I:Q em condição de fadiga, condição esta presente em alguns esportes e rotinas de treino em geral, parece ser a estratégia mais adequada a ser utilizada em testes que objetivam a prevenção de algumas lesões, entre as quais a distensão de Isquiotibiais e ruptura de LCA.

Na literatura consultada não foi encontrado nenhum estudo que comparou os efeitos da utilização de exercícios para os músculos Isquiotibiais e Quadríceps, executados em condições multi versus monoarticulares, na razão I:Q, fato que prejudica a escolha da melhor estratégia de treino a ser adotada em situações de desequilíbrio na razão I:Q.

Com base nas lacunas que a literatura demonstra em relação à seleção de

exercícios e os principais efeitos que as condições multi e monoarticular promovem relativamente ao ganho de massa muscular, força muscular e razões articulares do joelho, este estudo justifica-se pela escassez de estudos e falta de consenso observada na literatura sobre o tema. Assim, o estudo propõe a realização de um programa de treinamento para indivíduos destreinados, com o intuito de verificar qual das duas estratégias de treino promove mudanças mais expressivas em variáveis neuromusculares, como a força máxima, massa muscular e razão I:Q. Ademais, a escolha dos exercícios propostos no presente estudo representa aqueles frequentemente utilizados em academias e clubes desportivos. O “*leg press*” é um exercício que consiste na extensão de quadril combinada com a extensão de joelho e envolve os músculos: Vasto Lateral, Vasto Medial, Vasto Intermédio, Reto Femoral (Quadríceps Femoral), Bíceps Femoral, Semimembráceo, Semitendíneo (Isquiotibiais) e Glúteos (Máximo e Médio). Os exercícios “flexor de joelho” e “extensor de joelho”, exercícios comumente utilizados em programas de treinamento de força e ativam, respectivamente, os músculos Bíceps Femoral, Semimembráceo e Semitendíneo (Isquiotibiais), e Vasto Lateral, Vasto Medial, Vasto Intermédio e Reto Femoral (Quadríceps Femoral). Assim, considerando-se os aspectos acima referidos, a questão que se coloca é: há diferença entre a realização de exercícios monoarticulares *versus* multiarticulares prescritos para os músculos Quadríceps Femoral e Isquiotibiais, em parâmetros neuromusculares e razão I:Q?

## **Objetivo Geral**

Comparar as possíveis alterações na força máxima, massa muscular e razões convencional e funcional (I:Q) induzidas por um programa de treinamento de força composto por exercícios multiarticulares *versus* monoarticulares em homens jovens destreinados.

## **Objetivos Específicos**

Comparar as alterações na força dinâmica de extensores de joelho em homens jovens destreinados submetidos a um programa de TF composto por exercícios multiarticulares *versus* monoarticulares.

Comparar as alterações na força dinâmica de flexores de joelho em homens jovens destreinados submetidos a um programa de TF composto por exercícios multiarticulares *versus* monoarticulares.

Comparar as alterações na força dinâmica (1 RM) de extensores e flexores de joelho em homens jovens destreinados submetidos a um programa de TF composto por exercícios multiarticulares *versus* monoarticulares.

Comparar as alterações na espessura dos músculos Vasto Intermédio, Vasto Lateral e Reto Femoral de homens jovens destreinados submetidos a um programa de TF composto por exercícios multiarticulares *versus* monoarticulares.

Comparar as alterações na espessura do músculo Bíceps Femoral de homens jovens destreinados submetidos a um programa de TF composto por exercícios multiarticulares *versus* monoarticulares.

Comparar as alterações nas razões funcional e convencional de joelho (razão I:Q) de jovens destreinados submetidos a um programa de TF composto por exercícios multiarticulares *versus* monoarticulares.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Problema de pesquisa**

Quais são os efeitos crônicos de um programa de treinamento de força (TF) realizado de forma multiarticular *versus* monoarticular sobre a força e a massa muscular, além da razão Isquiotibiais:Quadríceps (I:Q)?

### **Características da Amostra**

A amostra foi voluntária, composta por homens saudáveis com idades entre 18 e 35 anos, sem experiência em TF ou que não pratique a modalidade há, no mínimo, quatro meses.

### **Cálculo amostral**

O cálculo amostral foi realizado com base no estudo de Bottaro *et al.* (2012), devido às semelhanças nas avaliações de força (CIVM) e massa muscular (espessura muscular). O cálculo foi realizado através do *software* PEPI versão 4.0, com nível de significância de  $p < 0,05$  e poder de 90%. Com base nos desvios-padrão e nas diferenças entre as médias obtidas nas variáveis dependentes, o *software* revelou a necessidade de uma amostra de 11 sujeitos. Assim, 15 indivíduos participariam do presente estudo, considerando uma possível perda amostral nãodecorrer do estudo. No entanto, o estudo não foi concluído, tendo até o momento apenas 2 participantes concluído o estudo, devido a calamidade pública que afetou o estado do Rio Grande do Sul, a pesquisa teve que ser interrompida.

### **Crítérios de Inclusão**

- Indivíduos do sexo masculino com idades entre 18 e 35 anos;
- Saudáveis (sem limitações físicas ou problemas musculoesqueléticos que impossibilitem a realização de exercícios de força);
- Sem realizar treinamento de força por, no mínimo, quatro meses;
- Índice de massa corporal (IMC) até 29,9 kg/m<sup>2</sup>;

- Valores de razão convencional acima de 0,5;

### **Crêterios de Exclusão**

- Sujeitos que não forem capazes de concluir os protocolos de avalia o e de treinamento;
- Sujeitos que se ausentem por mais duas sessões consecutivas ou excedam o limite de quatro faltas durante o treinamento.

### **Procedimentos  ticos**

Os sujeitos assinarão um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido atendendo as Normas para Realiza o de Pesquisa em Seres Humanos.

Os riscos dos participantes do projeto foram mínimos. Podendo ocorrer desconfortos durante os testes e dor muscular tardia após a realiza o dos mesmos.

Eventuais riscos de ocorrência de lesão durante as sessões de treinamento foram minimizados, tendo em visto que os profissionais envolvidos no treinamento dos participantes foram previamente treinados pelo pesquisador responsável, devendo-se sublinhar que as cargas de treinamento foramm progressivamente incrementadas ao longo do programa de treinamento, o que reduz a chance de lesão. Cabe ressaltar que, ainda assim, caso ocorre-se alguma lesão durante as sessões de treinamento, os pesquisadores ficarão responsáveis pelo atendimento imediato do participante.

Como benefícios, os indivíduos receberão um laudo com desempenho neuromuscular e composi o corporal, informa es estas que poderão ser utilizadas como referência para prescri o de treinamento após o período de interven o.

O projeto de pesquisa foi aprovado no Comit  de  tica em Pesquisa (CEP) em seres humanos da UFRGS, sob o n  6.439.900.

### **Delineamento do Estudo e Defini o Operacional das Variáveis**

O presente estudo foi do tipo quase experimental e teve o objetivo de comparar

as alterações na força e massa muscular, bem como na razão I:Q decorrentes de um programa de treinamento de força composto por exercícios multiarticulares *versus* monoarticulares.

**Variável independente:**

- Condição de treino (multiarticular e monoarticular)

**Variáveis dependentes:**

- Contração voluntária máxima concêntrica a 60 °/s de flexores do joelho (CVMC60f)
- Contração voluntária máxima concêntrica a 60°/s de extensores do joelho (CVMC60e)
- Contração voluntária máxima excêntrica a 60°/s de flexores de joelho (CVME60f)
- Espessura muscular do Bíceps Femoral (EMbf);
- Espessura muscular do Vasto Lateral (EMvl);
- Espessura muscular do Vasto Intermédio (EMvi);
- Espessura muscular do Reto Femoral (Emrf);
- Razão convencional e funcional de joelhos (I:Q);
- 1-RM de extensão de joelho, flexão de joelho e *leg press*.
- RML (n° máximo de repetições realizadas com 60% de 1RM) nos exercícios extensão de joelho, flexão de joelho e *leg press*;

**Instrumentos**

- Equipamento *Leg Press* da marca Konnen Gym (PortoAlegre, RS, Brasil);
- Equipamento de Extensão de joelho Konnen da marca Gym (Porto Alegre, RS, Brasil);
- Equipamento de Flexão de joelho da marca Konnen Gym (Porto Alegre, RS,

Brasil);

- Dinamômetro isocinético, marca Cybex Norm (Ronkokoma, NY);
- Fita métrica;
- Ultrassom: marca Toshiba/G&E (Tóquio, Japão);
- Caneta dermatográfica;
- Absorciometria de Raios-X de Dupla Emissão (DXA).

### **Procedimentos Metodológicos**

O treinamento de força (TF) foi realizado para ambos os grupos de forma unilateral, sendo que, com um dos membros o sujeito realizou um tipo de treino (i.e. monoarticular ou multiarticular) e com o membro contralateral, o outro tipo de treino. Houve uma randomização para determinar o tipo de treinamento (multiarticular ou monoarticular) que foi realizado com cada um dos membros. As variáveis dependentes deste estudo foram avaliadas antes e após o programa de treinamento, que consistiu de 12 semanas.

No estudo atual não foi realizado nenhum exercício enfatizando a fase excêntrica, o volume do treinamento foi linear e os intervalos foram moderados. O efeito cruzado reportado na meta-análise acima referida parece ocorrer quando um membro é submetido ao treinamento e outro não e, em nenhum momento o autor reporta exemplos de protocolos diferentes para ambos os membros, que é o caso do presente estudo.

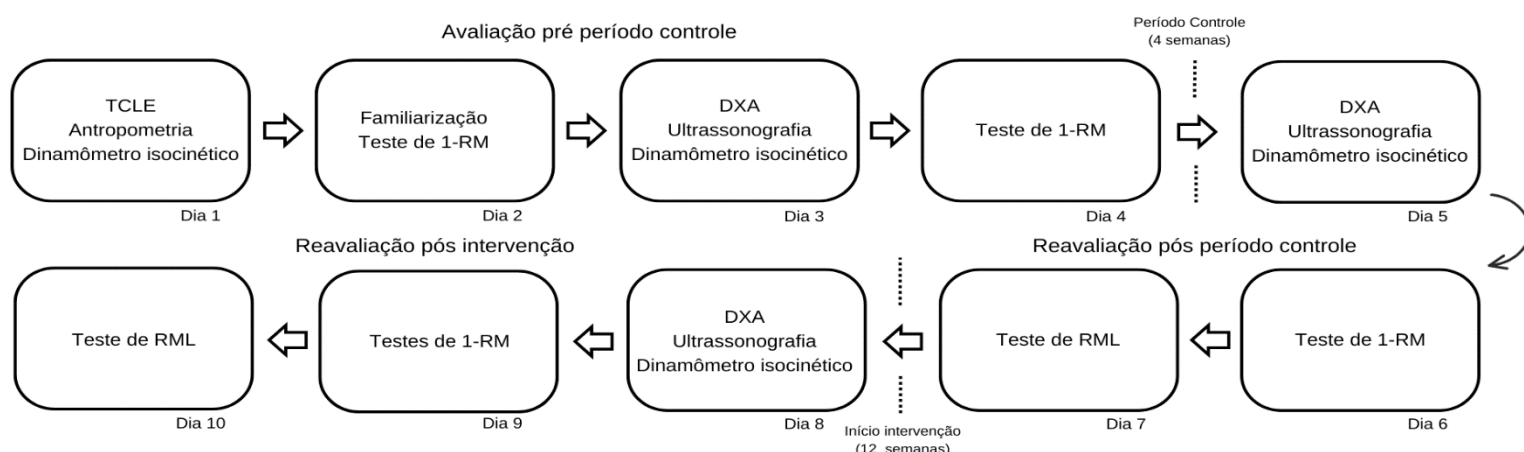
### **Procedimentos para seleção de amostra**

A amostra foi selecionada por voluntariedade. A divulgação desse projeto de pesquisa ocorreu por meio de redes sociais e cartazes. Os voluntários compareceram ao Campus Olímpico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

## Protocolos de avaliação

Os sujeitos que participaram do estudo se dirigiram ao Campus Olímpica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As avaliações iniciais e finais ocorreram no Setor Neuromuscular do LAPEX (i.e., ultrassonografia musculoesquelética, dinamometria e composição corporal) e no Centro de Treinamento de Força (familiarização com os exercícios e avaliação de 1-RM). As sessões de treino foram realizadas no Centro de Treinamento de Força (prédio do Centro Natatório da ESEFID).

Foram realizadas dez avaliações no total, sendo cinco antes e cinco após o período de treinamento. Antes de iniciar os testes de 1-RM, foi realizada uma sessão de familiarização com os exercícios que compõem o programa de TF, conforme desenho experimental resumido (figura 2).



**Figura 2.** Desenho experimental simplificado do estudo.

Especificamente, os seguintes protocolos foram seguidos:

**1º dia:** Os objetivos do projeto foram apresentados aos participantes, assim como os procedimentos de avaliação. Concordando, o sujeito assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A primeira avaliação dos sujeitos ocorreu no Lapex no Setor Neuromuscular. Foi avaliada a produção de torque máximo utilizando-se o dinamômetro isocinético, e a composição corporal através de antropometria, em que foi avaliada a massa corporal e estatura para caracterização da amostra.



**2º dia:** A segunda avaliação ocorreu 48h após o dia 1. Cada participante foi até o Centro de Treinamento de Força, dentro do Centro Natatório da UFRGS, para realizar a sessão de familiarização do teste de 1-RM dos exercícios que fizeram parte da rotina de treinamento.

**3º dia:** Na semana seguinte os participantes voltaram ao Lapex para realizar uma bateria de avaliações, começando com a avaliação de composição corporal dos membros inferiores através do equipamento DXA, na sequência avaliaram a espessura muscular por meio da ultrassonografia dos músculos selecionados para estudo e por fim avaliaram a produção de torque máximo através do dinamômetro isocinético.

**4º dia:** Após 48h do dia 3, realizaram o teste de 1-RM no Centro de Treinamento de Força.

**5º dia:** As próximas avaliações ocorreram após 4 semanas. Essas 4 semanas representaram o período controle do estudo. Neste quinto dia todas as avaliações foram realizadas no Setor Neuromuscular, ocorreu a avaliação de composição corporal dos membros inferiores através do equipamento DXA, a espessura muscular por meio da ultrassonografia dos músculos selecionados para estudo e por fim avaliaram a produção de torque máximo através do dinamômetro isocinético.

**6º dia:** Após 48h do dia 5, realizaram o teste de 1-RM no Centro de Treinamento de Força.

**7º dia:** Na semana seguinte, iniciamos as 12 semanas de treinamento, e logo antes de iniciar a primeira sessão de treinamento foi realizado o teste de RML no Centro de Treinamento de Força.

**8º dia:** Ao final das 12 semanas de TF e com, no mínimo, 96h de intervalo após a última sessão de treino, os sujeitos fizeram a avaliação final da produção de torque máximo (no dinamômetro isocinético), de espessura muscular (através de ultrassonografia) e composição corporal no Setor Neuromuscular.

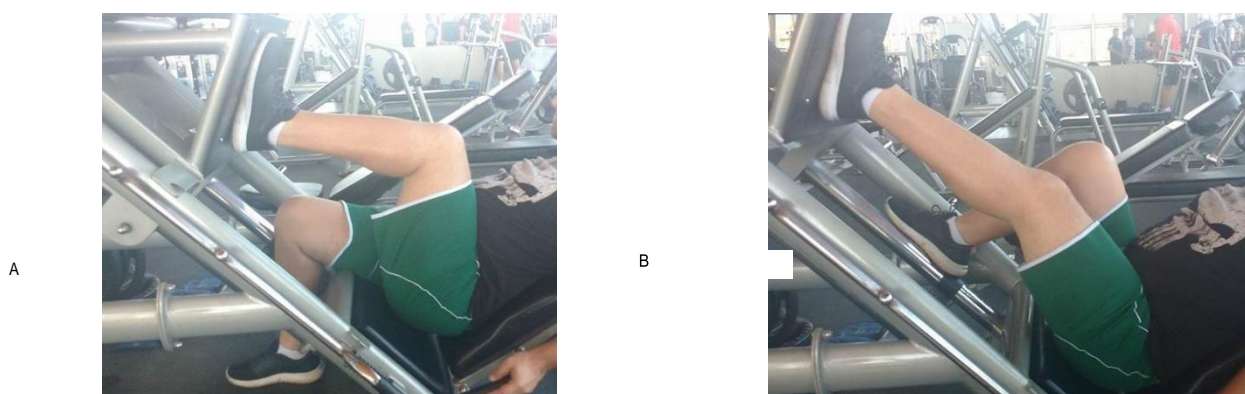
**9º dia:** Com, no mínimo, 48h de intervalo após a avaliação no Setor Neuromuscular, os sujeitos retornarão ao Centro de Treinamento de Força para realização do teste de 1-RM.

**10º dia:** Após 48h do teste de 1-RM foi realizado o teste de RML. Ao término do período de treinamento foi oferecido o mesmoperíodo de treino (12 semanas) para sujeitos que apresentarem possíveis desequilíbrios causados pelo protocolo proposto (i.e. abaixo dos valores normativos: razão I:Q convencional abaixo de 0,5 e razão funcional abaixo de 0,8).

### **Protocolo dos exercícios de força**

#### **Exercício multiarticular**

O exercício multiarticular utilizado foi o “*leg press*” (figura 3), realizado de forma unilateral com o hemilado de execução do movimento determinado através de randomização. A posição inicial do exercício foi deitada em 45º graus com os joelhos a 90º (0º = extensão completa de joelhos). A primeira fase do movimento consistiu na contração concêntrica simultânea dos músculos extensores de joelho e de quadril até a amplitude completa de extensão articular do movimento. A segunda fase consistiu na realização de uma contração excêntrica das mesmas musculaturas até o retorno à posição inicial. O *feedback* verbal foi fornecido para garantir que os sujeitos sigam as instruções e executem os exercícios da maneira descrita.



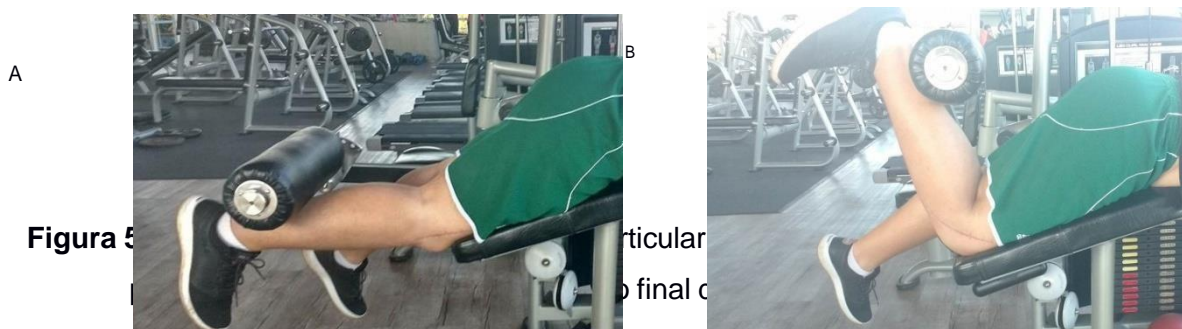
**Figura 3:** Representação do exercício multiarticular “*leg press*”: A: posição inicial da primeira fase (concêntrica); B posição final da primeira fase (concêntrica).

## Exercícios Monoarticulares

Os exercícios utilizados foram “extensão de joelhos” (Figura 4) e “flexão de joelho” (Figura 5). O exercício “extensão de joelho” foi realizado na posição sentada com o joelho flexionado a 90°. A primeira fase consistiu na realização de uma contração concêntrica dos músculos extensores do joelho em amplitude máxima. A segunda fase consistiu na realização de uma contração excêntrica do mesmo grupo muscular até a posição inicial. No exercício “flexor de joelho” (Figura 4), a posição inicial foi em decúbito ventral com a articulação do joelho em completa extensão (correspondente a 0°). A primeira fase consistiu na realização de uma contração concêntrica dos músculos flexores de joelho a uma amplitude de aproximadamente 90°. A segunda fase consistiu na realização de uma contração excêntrica do mesmo grupo muscular até a posição inicial. O *feedback* verbal foi fornecido para garantir que os sujeitos sigam as instruções e executem os exercícios da maneira descrita.



**Figura 4.** Representação do exercício monoarticular extensão de joelho. A: posição inicial da primeira fase (concêntrica); B: posição final da primeira fase (concêntrica)



**Figura 5.** Representação do exercício monoarticular flexão de joelho. A: posição inicial da primeira fase (concêntrica); B: posição final da primeira fase (concêntrica)

## Programa de Treinamento

O programa de TF foi desenvolvido durante um período de 12 semanas. A periodização foi realizada da seguinte forma: semanas 1 a 3: 2 X 12-15 RM (repetições máximas); semanas 4 a 6: 3 X 10-12 RM; semanas 7 a 9: 4 X 8-10 RM; e semanas 10 a 12: 4 X 6-8 RM. O tempo de execução dos exercícios foi de dois segundos para a fase concêntrica e dois segundos para a fase excêntrica, conforme familiarização prévia. Um a três minutos de intervalo foram respeitados entre as séries. A intensidade do treinamento progrediu de acordo com as faixas de RM's.

No estudo aplicou-se o modelo de periodização linear, conforme apresentado na tabela 1.

Semanas	Séries	Repetições	Intensidade	Intervalos
1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup>	2	12-15	15RM	30s - 1min
4 <sup>a</sup> , 5 <sup>a</sup> e 6 <sup>a</sup>	3	10-12	12RM	1min - 3min
7 <sup>a</sup> , 8 <sup>a</sup> e 9 <sup>a</sup>	4	8-10	10RM	1min - 3min
10 <sup>a</sup> , 11 <sup>a</sup> e 12 <sup>a</sup>	4	6-8	8RM	1min - 3min

Tabela 1. Organização dos microciclos semanais.

## Familiarização com os Exercícios

A familiarização com os exercícios que fizeram parte da rotina de treinamento ocorreu após a realização das duas avaliações do primeiro dia no Setor Neuromuscular. Os participantes foram encaminhados até o Centro de Treinamento de Força para aprendizado dos movimentos nos três exercícios que fizeram parte do treino, bem como do tempo de execução dos mesmos, da amplitude que deverá ser utilizada e das demais informações acerca da rotina de treinamento. Para controle do

tempo de execução do movimento foi utilizado um metrônomo eletrônico para garantir a cadência de dois segundos para a fase concêntrica e dois segundos para a fase excêntrica. A amplitude do movimento (ADM) foi controlada respeitando-se as angulações estabelecidas através de um goniômetro, sendo que para o “extensão de joelho” será delimitada a amplitude completa do exercício partindo de 90° até 0° de extensão completa e para o “flexão de joelho” a amplitude será máxima partindo de 0° até 90°(0= extensão completa de joelho). No exercício “*leg press*” os participantes foram orientados a realizar o movimento até a extensão máxima de joelho, partindo de uma posição inicial de 90°. O goniômetro foi utilizado apenas na sessão de familiarização para que os sujeitos aprendessem a executar o exercício dentro das amplitudes estabelecidas. No entanto, um profissional treinado acompanhou todas as sessões de treinamento e, nas situações em que o exercício não estava sendo executado conforme o padrão, foi enfatizada a necessidade de execução da ADM correta do exercício. Os exercícios foram realizados na ordem de execução multiarticular primeiramente seguidos dos exercícios monoarticulares, isto em todos os treinos.

### **Controle do tempo de execução**

Os participantes foram instruídos a realizar os exercícios com uma cadência de 2:2 (i.e. dois segundos para a fase concêntrica e dois segundos para a fase excêntrica). Foi utilizado um metrônomo durante todas as repetições na sessão de familiarização, até que os sujeitos estivessem habituados à cadência determinada. Durante as sessões de treinamento, o metrônomo não foi utilizado, porém, sendo a execução observada por um profissional previamente treinado. Caso o exercício estivesse sendo desempenhado fora do padrão anteriormente definido, o metrônomo seria utilizado para reajuste.

### **Procedimentos de Avaliação**

Primeiramente foram randomizados os membros inferiores dos participantes para determinar qual membro realizaria o treino multiarticular e o monoarticular. Essa randomização ocorreu por sorteio. Então, a estatura e a massa corporal foram avaliadas através de medidas antropométricas para caracterização da amostra.

Posteriormente, as medidas de espessura muscular do músculo flexor de joelho (Bíceps Femoral) e extensores de joelho (i.e. Vasto Intermédio, Vasto Lateral e Reto Femoral) foram realizadas utilizando-se a técnica de ultrassonografia musculoesquelética. Um mapa de avaliação com a utilização de folhas transparentes foi realizado para garantir o mesmo local de avaliação nos períodos pré e pós-treinamento. Por fim, os participantes realizaram os testes de força máxima, compostos pelo teste isocinético dinâmico (concêntrico) para extensores e flexores de joelho (a 60°/s) com 5RM e um teste isocinético dinâmico (excêntrico) para flexores de joelho com 5RM. Em outra sessão a familiarização do teste de 1-RM foi realizada nos exercícios de extensão e flexão de joelho, e *leg press* para as pernas já sorteadas e posteriormente o teste de 1-RM para a perna contrária do sorteio. Por fim o teste de RML foi realizado no dia do primeiro treino, antes de começá-lo.

### **Teste de 1 repetição máxima (1-RM)**

Os testes foram realizados de forma unilateral com o membro (direito ou esquerdo) correspondente ao tipo de exercício (multiarticular ou monoarticular) previamente determinado por randomização. Em todos os exercícios, a maior carga que o participante conseguir realizar uma repetição máxima (1-RM) nas amplitudes e cadências determinadas, foi o valor estabelecido como resultado do teste. Os exercícios foram realizados nas amplitudes e cadências descritas anteriormente. Foi utilizado o critério de tentativa e erro para a determinação da carga relativa a 1-RM, sendo realizados no máximo cinco tentativas para cada teste, com um intervalo de três minutos entre cada tentativa utilizado para verificar alterações na força máxima decorrente do período de treino realizado.

### **Força resistente (RML)**

A força resistente (resistência muscular) representa a melhor medida da capacidade funcional para um músculo ou grupamento muscular, e ela é um importante parâmetro da função neuromuscular que chama pouca atenção da literatura (BEMBEN, 1998), mas que pode fornecer uma medida prática da função



muscular relacionada às atividades do cotidiano. O teste consistiu em realizar o maior número de repetições com uma carga pré-determinada e uma cadência estipulada. Neste caso, a carga determinada foi 60% de 1-RM do indivíduo, e a cadência foi de 2:2 como mencionado anteriormente. Eles realizaram o teste de RML unilateral para as pernas já randomizadas.

### **Dinamometria Isocinética**

O dinamômetro isocinético foi ajustado para que o eixo de rotação do joelho (epicôndilo lateral do fêmur) seja alinhado ao eixo de rotação do dinamômetro isocinético e o braço de alavanca seja ajustado de acordo com cada participante, para estabilização do mesmo, um cinto foi colocado no peito, e um velcro fixou a coxa de cada membro durante o teste. Os sujeitos realizaram um aquecimento global na bicicleta ergonômica por 5 minutos, sendo realizado um aquecimento específico no dinamômetro isocinético que consistiu de uma série de 10 repetições a 180°/s realizada de forma submáxima. Após o posicionamento adequado do participante, iniciou-se a instrução para a realização dos testes. Os participantes foram instruídos a realizar “o máximo de força, o mais rápido possível”. Alguns estudos (SAHALY *et al.* 2001; MAFIULETTI *et al.* 2016) demonstraram que o efeito da instrução correta sobre o teste interfere diretamente sobre os resultados encontrados, sobretudo relativo à Taxa de Produção de Força (TPF). Antes da primeira tentativa para cada grupo muscular (flexores e extensores de joelho), um pré-teste foi realizado, simulando a condição de teste, exceto com relação à força imposta pelo sujeito, que deveria ser submáxima no pré-teste e máxima no teste. Um intervalo de 90s foi respeitado entre cada teste e um intervalo de 30s foi respeitado após o pré-teste. O primeiro teste consistiu de cinco repetições máximas de extensão de joelho (CVM60fc) e flexão de joelho (CVM60ec) a 60°/s ambos de forma concêntrica. O segundo teste consistiu em cinco repetições máximas de flexores de joelho de forma excêntrica (CVM60fe). Antes de cada teste dinâmico, os sujeitos realizaram um pré-teste. Os picos de torque nos testes dinâmicos foram utilizados para as análises.

### **Ultrassonografia musculoesquelética**

A avaliação da espessura muscular foi por meio de imagem obtida com aparelho de ultrassonografia através do aparelho da marca Toshiba (Tóquio, Japão). Durante a avaliação da espessura muscular, os sujeitos permaneceram deitados com o membro avaliado estendido e relaxado. As imagens foram obtidas usando B-modo e um transdutor com frequência de 9.0 MHz foi posicionado de forma perpendicular sobre os músculos avaliados. Para aquisição da imagem, foi utilizado um gel à base de água, que promove um contato acústico sem necessidade de causar pressão sobre a pele. Durante o teste foi evitado qualquer tipo de pressão sobre a pele. O tecido adiposo subcutâneo ou aponeurose do músculo e tecido ósseo foram identificados pela imagem da ultrassonografia, e a distância entre esses dois pontos foi definida como espessura muscular.

Uma folha transparente foi utilizada para mapear os pontos de avaliação a fim de reproduzir fielmente estes pontos no momento pós-treinamento. Esta estratégia tem sido utilizada na literatura para assegurar um mesmo posicionamento do transdutor nas avaliações realizadas em dias diferentes (RADAELLI *et al.* 2014). Uma vez posicionada, os pontos foram marcados na folha, assim como possíveis pontos cutâneos (i.e. sinais de pele, pintas, marcas de vacina, cicatrizes).

Imagens transversais do Vasto Lateral (VL), Reto Femoral (RF), Vasto Intermédio (VI) foram obtidas. As imagens dos músculos VL, RFe VI foram obtidas a uma distância de 50% do epicôndilo lateral do fêmur do trocânter maior. Os sujeitos foram posicionados em decúbito dorsal para aquisição dessas imagens. Para Bíceps Femoral (BF) a sonda foi posicionada de forma perpendicular à pele no eixo longitudinal do músculo. A imagem de BF foi obtida a uma distância de 50% de distância da tuberosidade isquiática e a borda superior da cabeça da fíbula. Para este músculo da cadeia posterior da coxa, os sujeitos serão posicionados em decúbito ventral.

Foram obtidas 3 imagens de US de cada músculo de interesse, e a média das três imagens foi utilizada nas análises. As análises foram efetuadas no *software* Image-J, sendo que o valor utilizado para quantificação da massa muscular foi a espessura muscular (EM), que consiste na distância entre o tecido a aponeurose localizada logo abaixo do tecido de gordura subcutânea e o tecido ósseo e/ou aponeurose profunda.



Antes de cada avaliação, os participantes repousaram na posição de decúbito (dorsal e ventral) durante, no mínimo 15 minutos, para a redistribuição de fluídos corporais (ARROYO *et al.* 2016; LOPEZ, PINTO & PINTO, 2019). Foi utilizado um transdutor de 9.0 MHz e as configurações adotadas durante as coletas das imagens de US foram: ganho de 90 dB, profundidade de 70 mm e TCG na posição neutra.

### **Composição corporal (DXA)**

Absorciometria de Raios-X de Dupla Emissão:

O conteúdo e densidade mineral óssea (kg), a massa gorda (kg) e massa livre de gordura (kg) total e regional foram avaliados por meio do equipamento Absorciometria de Raios-X de Dupla Emissão (Discovery Wi, Hologic, Estados Unidos da América). Durante o teste, os participantes foram posicionados em decúbito lateral, primeiro em decúbito lateral esquerdo para avaliar a perna direita e depois decúbito lateral direito para avaliar a perna esquerda, com os pés no início da área de varredura. A perna escaneada foi mantida reta ao longo da linha central da mesa do equipamento, enquanto o joelho do outro membro foi flexionado, sendo o segmento para fora do campo de varredura. O membro escaneado foi elevado usando-se almofadas de espuma no tornozelo e no joelho, facilitado assim a estabilidade do membro durante a varredura e garantindo o conforto do participante. Os mesmos foram instruídos a vestirem roupas leves no momento da avaliação, as quais permitam o adequado escaneamento corporal, além de não portarem adereços de metal. A radiação que o participante foi exposto durante a avaliação é segura e menor do que  $1\mu\text{Sv}$  (BOLANOWSKI; NILSSON, 2001). O equipamento foi calibrado antes de cada escaneamento de acordo com as especificações do fabricante. As imagens obtidas foram avaliadas posteriormente com a utilização do *software* (Encore versão 41.1, Lunar Prodigy Madison, USA).

### **Análise estatística**

A análise estatística será realizada ao final da coleta total dos dados, da seguinte forma: os dados serão testados para verificar se há distribuição normal através do teste de Shapiro-Wilk. Caso apresentem normalidade, os dados serão

apresentados de forma descritiva através da média  $\pm$  desvio padrão. Caso não apresentem normalidade, os dados serão apresentados de forma descritiva através da mediana e interquartil. A homogeneidade dos dados será testada através do teste de Levene. Para comparação das variáveis dependentes no tempo (pré x pós-treinamento) e entre condições (multi x mono), um ANOVA *two-way* (2 x 2) de medidas repetidas será utilizada. Havendo interação tempo-grupo, será realizado o procedimento de desdobramento através do teste t para amostras dependentes para comparar as condições e os momentos. Adicionalmente, os resultados pós-treinamento serão relativizados pelos dados pré-treinamento, para verificar se haverá diferença - em termos percentuais - entre os grupos; para a comparação, será utilizado um teste t para amostras dependentes. O *post hoc* será o de Bonferroni. O tamanho de efeito através do d de Cohen será reportado. O nível de significância adotado será de  $p < 0,05$ . As análises serão realizadas no *software* SPSS, versão 20.0 para Windows.

## RESULTADOS

Este estudo está atualmente em andamento, e até o momento foram coletados dados preliminares de apenas dois participantes.

O desfecho multiarticular *versus* monoarticular, apresentou os resultados a seguir.

A composição corporal dos membros inferiores, avaliada através da absorciometria de Raios-X de Dupla Emissão (DXA) (Figura 6 e 7), sugere ganhos superiores de massa magra na porção anterior da coxa na perna que executou o exercício monoarticular ( $232,5 \pm 286,3$  vs  $82,5 \pm 85,6$ ) comparados a o exercício multiarticular. Na porção posterior da coxa, sugere ganhos superiores de massa magra na perna que executou o exercício monoarticular ( $168,0 \pm 207,9$  vs  $-368,0 \pm 77,8$ ) comparados a o exercício multiarticular.

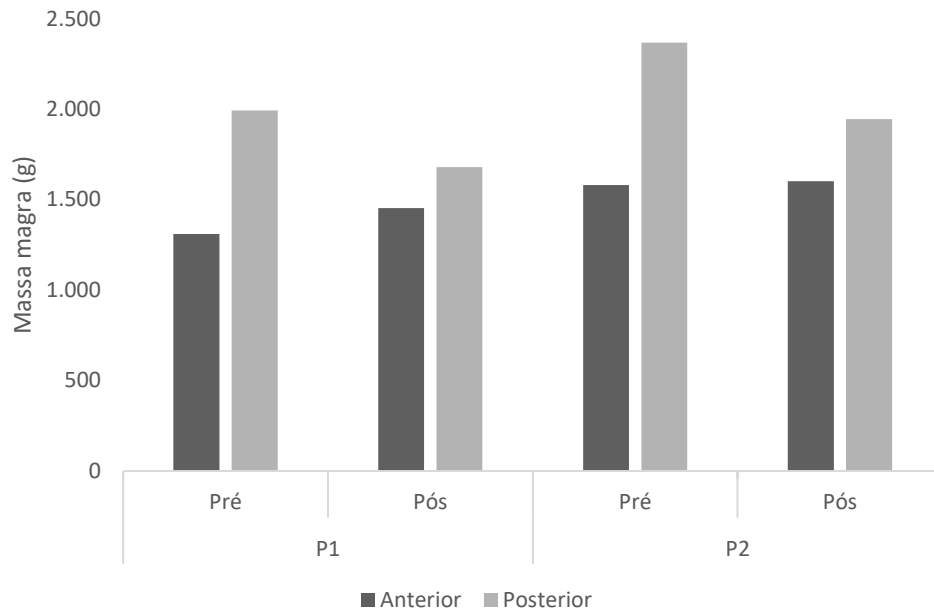


Figura 6. Valores de massa magra (em gramas) avaliada pela DXA de dois participantes (\*P1: participante 1; P2: participante 2.) que realizaram os exercícios multiarticulares.

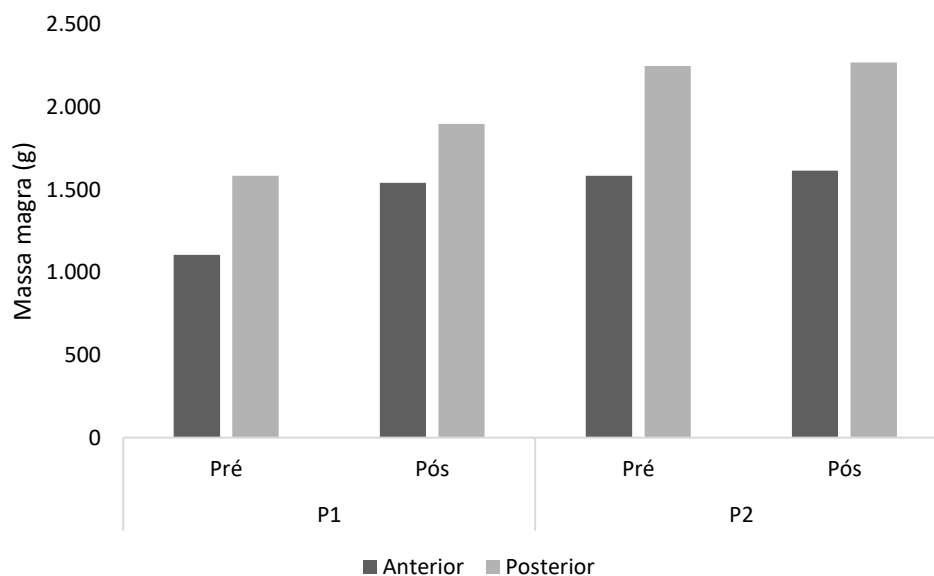


Figura 7. Valores de massa magra (em gramas) avaliada pela DXA de dois participantes (\*P1: participante 1; P2: participante 2.) que realizaram os exercícios monoarticulares.

A espessura muscular do músculo Vasto Lateral apresentou incrementos semelhantes em ambos os exercícios (multiarticular *versus* monoarticular) de 9,7% e

6,8%, respectivamente.

A espessura muscular do músculo Reto Femoral apresentou incrementos em ambos os exercícios (multiarticular *versus* monoarticular) de 0,5% e 11,2%, respectivamente.

A espessura muscular do músculo Vasto Intermédio apresentou incrementos semelhantes em ambos os exercícios (multiarticular *versus* monoarticular) de 17,4% e 23,3%, respectivamente.

A espessura muscular do músculo Bíceps Femoral (cabeça longa) apresentou incrementos semelhantes em ambos os exercícios (multiarticular *versus* monoarticular) de -1,9% e 3,5%, respectivamente.

A avaliação da força muscular com o dinamômetro isocinético não pôde ser realizada ao final do treinamento desta amostra, devido a problemas no funcionamento do equipamento, e à calamidade pública que ocorreu no estado do Rio Grande do Sul no mês de maio de 2024. Portanto as alterações na força dinâmica de extensores e flexores de joelho não puderam ser mensuradas.

A força máxima muscular avaliada através do teste de 1 repetição máxima (1-RM) só pode ser avaliada, ao final da intervenção, na perna randomizada para o treino, ou seja, não foi possível realizar o teste em condições opostas à randomização das pernas do treinamento. (Perna contrária do treino). Portanto, não será apresentado o defecho multiarticular *versus* monoarticular destes resultados, e somente os valores referentes ao ganho de força de cada exercício dos participantes serão reportados. (figura 8).

A seguir, são apresentados os valores de 1RM nos exercícios Leg Press, Extensão e Flexão de Joelhos, de cada participante.

Participante 1: No exercício *Leg Press* 45° o participante levantou a carga máxima de 120kg pré intervenção, e pós intervenção ele levantou a carga máxima de 165kg, resultando em um ganho de 37,5% de força máxima.

No exercício Extensão do Joelho o participante levantou a carga máxima de 76kg pré intervenção, e pós intervenção ele levantou a carga máxima de 88kg, resultando em um ganho de 15,78% de força máxima.

No exercício Flexão de Joelho o participante levantou a carga máxima de 64kg pré intervenção, e pós intervenção ele levantou a carga máxima de 85kg, resultando em um ganho de 32,81% de força máxima.

Participante 2: No exercício *Leg Press 45°* o participante levantou a carga máxima de 140kg pré intervenção, e pós intervenção ele levantou a carga máxima de 172,5kg, resultando em um ganho de 23,21% de força máxima.

No exercício Extensão do Joelho o participante levantou a carga máxima de 100kg pré intervenção, e pós intervenção ele levantou a carga máxima de 107kg, resultando em um ganho de 7% de força máxima.

No exercício Flexão de Joelho o participante levantou a carga máxima de 73kg pré intervenção, e pós intervenção ele levantou a carga máxima de 78kg, resultando em um ganho de 6,8% de força máxima.

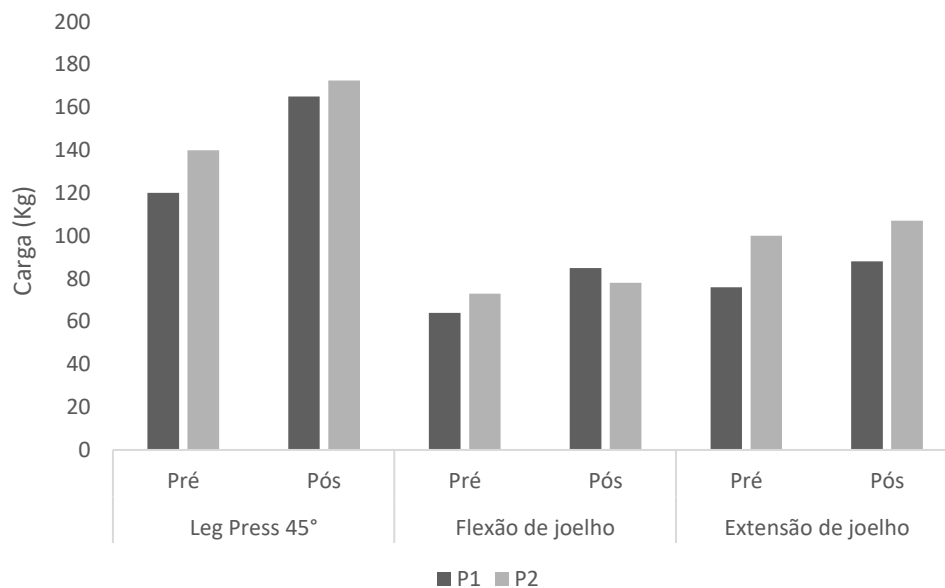


Figura 8. Valores das cargas (em quilogramas) avaliados através do 1-RM de dois participantes (\*P1: participante 1; P2: participante 2.) que realizaram os exercícios executados no treinamento.

A resistência muscular avaliada através do Teste de Resistência Muscular Localizada (RML) foi realizado na perna randomizada ao treinamento.

Participante 1: No exercício *Leg Press 45°* o participante realizou 7 repetições máximas pré intervenção, e pós intervenção ele realizou 11 repetições máximas,

resultando em um ganho de 57,1% de força resistente.

No exercício Extensão de Joelho o participante realizou 7 repetições máximas pré intervenção, e pós intervenção ele realizou 10 repetições máximas, resultando em um ganho de 42,9% de força resistente.

No exercício Flexão de Joelho o participante realizou 7 repetições máximas pré intervenção, e pós intervenção ele realizou 10 repetições máximas, resultando em um ganho de 42,9% de força resistente.

Participante 2: No exercício *Leg Press* 45° o participante realizou 10 repetições máximas pré intervenção, e pós intervenção ele realizou 15 repetições máximas, resultando em um ganho de 50% de força resistente.

No exercício Extensão de Joelho o participante realizou 8 repetições máximas pré intervenção, e pós intervenção ele realizou 10 repetições máximas, resultando em um ganho de 25% de força resistente.

No exercício Flexão de Joelho o participante realizou 8 repetições máximas pré intervenção, e pós intervenção ele realizou 10 repetições máximas, resultando em um ganho de 25% de força resistente.

## **DISCUSSÃO**

Os resultados sugerem que na composição corporal dos membros inferiores houve ganhos de massa muscular na porção anterior e posterior da coxa dos participantes que executaram o exercício monoarticular. Considerando-se que no *Leg press* há uma baixa ativação da musculatura posterior da coxa (Gentil et al. 2002), é possível associar este fato ao menor ganho observado neste exercício. Não foram encontrados estudos específicos sobre massa magra avaliada através do DXA segmentado para membros inferiores. Os resultados observados na ultrassonografia musculoesquelética, sugerem que não há uma diferença significativa na espessura muscular dos músculos anteriores da coxa, referente à utilização de exercícios multiarticulares ou monoarticulares, a não ser na musculatura posterior da coxa, neste caso o Biceps Femoral (cabeça longa), sugerindo uma espessura muscular superior nos participantes que executaram o treino monoarticular. Isto corrobora com Gentil et al. (2002), em que no exercício multiarticular, neste caso o *Leg press* (adaptado para o tipo de avaliação proposto em sua pesquisa), não há ativação significativa da

musculatura posterior de coxa, assim não promovendo um aumento da espessura muscular.

Referente aos ganhos de força máxima avaliados por testes de 1-RM, pode-se observar que o participante 1 obteve aumentos na força tanto com o exercício multiarticular quanto com o monoarticular, sugerindo que ambos exercícios promovem aumentos da força, o que corrobora com o estudo de Gentil *et al.* (2015), em que foram comparados os exercícios multiarticulares *versus* monoarticulares para a articulação do cotovelo, e nenhuma diferença significativa no ganho de força dos participantes foi observada. Já no participante 2 os resultados seguem que ambos os exercícios promovem aumentos da força, mas com uma melhora acentuada no exercício *Leg Press*, algo que vai de encontro com as adaptações neurais promovidas pelo exercício multiarticular citadas por Paoli. *et al.* (2017), em que foi referido que a complexidade do exercício multiarticular irá promover adaptações superiores ao exercício monoarticular, podendo promover um aumento superior no ganho de força máxima. Outrossim, autores como Fisher J. *et al* (2017) sugerem também, que maiores aumentos de força em exercícios multiarticulares podem ser resultado da habilidade aprimorada na prática para exercícios que envolvem padrões de movimento mais complexos. Estes fatos vão ao encontro do achado para este participante.

Observando os resultados dos testes de força resistente do participante 1, observa-se um aumento de mais de 50% no exercício multiarticular, neste caso o *Leg Press*, e mais de 40% nos demais exercícios monoarticulares. Como foi um teste relativo de força resistente, com 60% do 1-RM inicial, em ambas as situações pós intervenção, os resultados sugerem ganhos de resistência a fadiga muscular proporcionados pelo treinamento. Esta amostra corrobora com o estudo Stone & Coulter (1994), em que foram avaliadas mulheres não treinadas na resistência a fadiga, com cargas baixas, médias e altas, neste caso analisando os resultados das cargas médias, entre 40 a 60% de 1-RM, foram encontraram resultados na avaliação relativa da resistência muscular na média de 60% nos ganhos de força resistente para os membros inferiores. Isso vale também para o participante 2, em que os resultados sugerem melhoras na resistência a fadiga em ambos os exercícios, com maiores ganhos para o exercício *Leg Press*, como ele é um exercício multiarticular e envolve mais massa muscular para sua execução, já era esperado este comportamento ao

decorrer das avaliações, devido a demandas neurais mais complexas para sua execução, como exemplificado por Paoli *et al.* (2017) citado anteriormente. A fadiga muscular é considerada um dos fatores que pré dispõe a ocorrências de lesões (GEFEN *et al.* 2002), tais como entorses de joelho e tornozelo, afetando principalmente atletas de diversos esportes. Melhoras sugeridas como nesta amostra, aprimoram o rendimento e manutenção das praticas esportivas como um todo.

## CONCLUSÃO

Este estudo está atualmente em andamento, sendo que apenas 2 participantes concluíram a rotina de treinamento. Como observado, os resultados sugerem que exercícios monoarticulares promovem ganhos superiores na composição corporal e espessura muscular da coxa, tanto na porção anterior quanto na porção posterior. Com perda de massa magra na porção posterior da coxa para os exercícios multiarticulares.

Em relação à força máxima, os resultados sugerem aumentos superiores no exercício *Leg Press*, este multiarticular, em comparação aos demais exercícios monoarticulares, mas com aumentos de força máxima para todos os exercícios. Para o teste de RML, todos os exercícios apresentaram aumentos sugeridos na força resistente, com ganhos superiores para o exercício *Leg Press*.

## REFERÊNCIAS

AAGAARD, P. et al. Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: Influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. **Acta Phys Scand**,



Stockholm, v.154, p.421-427, 1995.

AAGAARD, P. et al. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. **Am J Sports Med**, Baltimore, v. 26, p. 231-237, 1998.

AAGAARD, P. Training-induced changes in neural function. **Exe Sport Sci Rev**, v.31, p. 61-67, 2003.

ARROYO, E. et al. Effects of supine rest duration on ultrasound measures of the vastus lateralis. **Institute of Exercise Physiology and Wellness, University of Central Florida**, Orlando, FL, USA, 2016.

BADILLO, J. J. G.; AYESTARÁN, E. G. Fundamentos do treinamento de força: aplicação ao alto rendimento desportivo, 2ª ed, Porto Alegre. **ARTMED**, 2001.

BAECHLE, T. R.; EARLE, R. W. Essentials of strength training and conditioning. **Human kinetics**, 2008. ISBN 0736058036., 2003

BEMBEN, M. G. Age-related alterations in muscular endurance. **Sports Med**. 1998 Apr;25(4):259-69.

BOTTARO, M. Dissociated time course of muscle damage recovery between single and multi-joint exercises in highly resistance trained men. **J Strength Cond Res**, 2015. Sep;29(9):2594-9.

BROWN, L. E.; WIER, J. P. (ASEP) Procedures recommendations I: accurate assessment of muscular strength and Power. **J Exer Physiol**, v. 4, n. 3, p. 1-21; 2001.

BUTLER DL, Noyes FR, Grood ES: Ligamentous restraints to anterior-posteriordrawer in the human knee. **A biomechanical study. J Bone Joint Surgery** 1980; 62

A:259-270.

CHANDLER, T.JEFF. Treinamento de força para o desempenho humano. Porto Alegre: **ARTMED**, 2009 511 p:11. 2009.

CHILIBECK, PHILIP D *ET AL*. A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. **Eur J Appl Physiol**, v, 77, n 1-2, p 170-175, 1998

DVIR, Z. *et al*. Thigh muscle activity and anterior cruciate ligament insufficiency. **Clinl Biomech**, v. 4, p. 8791, 1989.

DVIR, Z. Isocinética: avaliações musculares, interpretações e aplicações clínicas **Manole: São Paulo**, 2002.

ESCAMILLA, R.F.; GLENN, S.F.; ZHENG, N.; BARRENTINE, S.W.; WILK, K.E. e ANDREWS J.R. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. **Med Sci Sport Exer**, Vol. 30, No. 4, pp. 556-569, 1998.

FISHER J, STEELE J, SMITH D. Treinamento de resistência de alta e baixa carga: interpretação e aplicação prática de descobertas de pesquisas atuais . **Sports Me**. 2017; 47 :393-400.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. Fundamentos do treinamento de força muscular. 2. ed. Porto Alegre: **ARTMED**, 1999.

FLECK, S. J. KRAEMER, W. J. Fundamentos do Treinamento de Força muscular. In: DESIGNING resistance training programs. 3th.ed. Porto Alegre: **ARTMED**, 2006.

FOLLAND, J.P.; WILLIAMS, A.G. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. **Sports Med**, v.37, n.2, p.145-168, 2007.

FRANÇA HS, Branco PAN, Guedes Junior DP, *et al*. The effects of adding single- joint exercises to a multi-joint exercise resistance training program on upper body muscle strength and size in trained men. **Appl Physiol Nutr Metab**. 2015;40(8):822–6.

GEFEN A, MEGIDO-RAVID M, ITZCHAK Y, ARCAN M. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. **Gait Posture**. 2002;15:56-63.

GENTIL, P.; FISCHER, B.; GALVÃO, A.; DUARTE, G.; ROCHA, L.; CARMO, J. Efeito da variação do posicionamento dos pés no leg press 45°. 2002. 64 f. Monografia (Pós-Graduação Lato-Sensu em Musculação e Treinamento de Força) – **Universidade Gama Filho - UGF**, Rio de Janeiro, 2002.

GENTIL, P.; SOARES, S. R.; PEREIRA, M. C.; CUNHA, R. R.; MARTORELLI, S. S.; MARTORELLI, A. S.; BOTTARO, M. Effect of adding single-joint exercises to a multi-joint exercise resistance-training program on strength and hypertrophy in untrained subjects. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 38, n. 3, p. 341-4, 2013.

GENTIL, P.; SOARES, S.; BOTTARO, M. Single vs. Multi-joint resistance exercise:

effects on muscle strength and hypertrophy. **Asian J Sports Med**, v. 6, n. 2, 2015.

GRUBER J, Wolter D, Lierse W. Anterior cruciate ligament reflex (LCA reflex). **Unfallchirurg**. 1986; 89:551-4.

HAIRI, N. N.; CUMMING, R. G.; NAGANATHAN, V.; HANDELSMAN, D. J.; LE COUTEURS, D. G.; CREASEY, H.; WAITE, L. M.; SEIBEL, M. J.; SAMBROOK, P. N. Loss of muscle strength, mass (sarcopenia), and quality (specific force) and its relationship with functional limitation and physical disability: the Concord Health and Ageing in Men Project. **Clin Invest**, v. 58, n. 11, p. 2055-2062, 2010.

IGA J, GEORGE K, LEES A, REILLY T. Cross-sectional investigation of indices of isokinetic leg strength in youth soccer players and untrained individuals. **Scand J Med Sci Sports** 2008;1-6.

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

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Resistance training for health and performance. **Cur Sports Med Rep**, v.1, p. 165-171, 2002.

LOPEZ P, PINTO MD, PINTO RS. Does Rest Time before Ultrasonography Imaging Affect Quadriceps Femoris Muscle Thickness, Cross-Sectional Area and Echo Intensity Measurements? **Ultrasound Med Biol**. 2019 Feb;45(2):612-616. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2018.10.010. Epub 2018 Nov 2022.

MAFFIULETTI, N. Rate of force development: physiological and methodological considerations. **Eur J Appl Physiol**, 2016.

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

PAOLI A, GENTIL P, MORO T, MARCOLIN G, BIANCO A. Resistance Training with Single vs. Multi-joint Exercises at Equal Total Load Volume: Effects on Body Composition, Cardiorespiratory Fitness, and Muscle Strength. **Front Physiol**. 2017 Dec 22;8:1105.

PINTO, MD; BLAZEVIČH, AJ; ANDERSEN, LL; MIL-HOMENS, P; PINTO, RS; Hamstring-to-quadriceps fatigue ratio offers new and different muscle function

information than the conventional non-fatigued ratio. **Scand J Med Sci Sports** 10.1111/sms.12891. Apr.4, 2017

RADAELLI, R.; BOTTON, C.E.; WILHELM, E.N.; BOTTARO, M.; BROWN, L.E.; LACERDA, F.; GAYA, A.; MORAES, K.; PERUZZOLO, A.; PINTO, R.S. Time course of low- and high-volume strength training on neuromuscular adaptations and muscle quality in older women. **Age**, v.36, n.2, p. 881-892, 2014.

RECH, A; Echo intensity is negatively associated with functional capacity in older women 10.1007/s11357-014-9708-2 **Am Aging Assoc**, 2014

RIBEIRO, A. A Review of the Acute Effects and Long-Term Adaptations of Single- and Multi-Joint Exercises During Resistance Training. **Sports Med**, 2017.

RUTHERFORD, O. M.; JONES, D. A. The role of learning and coordination in strength training. **Eur J Appl Physiol**, v, 55. n, 1, p. 100-105, 1986.

SAHALY, R. Maximal voluntary force and rate of force development in humans- importance of instruction. **Eur J Appl Physiol**, 2001.

SALE, D. G. Neural adaptation to resistance training. **Med Sci Sport Exerc**, v.20, p.135-145, 1988.

SANGNIER, S; TOURNY-CHOLLET, C. Effect of fatigue on hamstrings and quadriceps during isokinetic fatigue testing in semiprofessional soccer players. **Int J Sports Med**, New York, v. 28, n. 11, p. 952-957, nov. 2007.

SIGNORILE, J.F.; WEBER B.; ROLL B.; CARUSO J.F.; LOWENSTEYN I. e PERRY A.C. An Electromyographical Comparison of the Squat and Knee Extension Exercises. **J Strength Cond Res** 8(3) · July 1994.

SIQUEIRA, C. M. *et al.* Isokinetic dynamometry of knee flexors and extensors: comparative study among non-athletes, jumpers athletes and runner athletes. **Rev Hosp Clin Fac Med São Paulo**, n. 57, p. 19-24, 2002.

SOARES, S. One-repetition maximum strength test represents a valid means to assess leg strength in vivo in humans. **J Sports Sci.**, n. 27, p. 59-68, 2001.

STONE M.H., COULTER S.P. Strength/endurance effects from three resistance training protocols with women. **J. Strength Cond. Res.** 1994;8:231–234.

YAMASHITA, N. EMG activities in mono-and bi articular thigh muscles in combined hip and knee extension. **Eur J Appl Physiol.** 1988, 58: 247-277.

WRIGHT, G. A.; DELONG, T. H. e GEHLSSEN, G. Electromyographic Activity of the Hamstrings during performance of the leg curl, stiff-leg deadlift, and back squat movements. **J Strength Cond Res,** 1999, 13(2),168- 174.