



PROGRAMA
DE CIÊNCIAS
DA REABILITAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação

Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

GEFERSON HONORATO DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR ISOMÉTRICA E DA
RAZÃO ISQUIOSTIBIAS:QUADRÍCEPS ENTRE HOMENS
TREINADOS COM PESOS LIVRES VS. MÁQUINAS.**

RIO DE JANEIRO

2021

Autorizo a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio, convencional ou eletrônico, para fins de estudo e de pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica

Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas do Centro Universitário Augusto Motta

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de bibliotecas e

Informação – SBI – UNISUAM

613.7 Silva, Geferson Honorato da

S586a Avaliação da força muscular isométrica e da razão isquiotibias:
quadríceps entre homens treinados com pesos livres vs. Máquinas
/ Geferson Honorato da Silva. – Rio de Janeiro, 2021
47p.

Dissertação (Mestrado em Ciência da Reabilitação) Centro
Universitário Augusto Motta, 2020.

1. Reabilitação. 2. Força Muscular - Treinamento.
3. Força Muscula - Isometria. 4. Assimetria Bilateral I. Título.

CDD 22.ed.

GEFERSON HONORATO DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR ISOMÉTRICA E DA
RAZÃO ISQUIOSTIBIAS:QUADRÍCEPS ENTRE HOMENS
TREINADOS COM PESOS LIVRES VS. MÁQUINAS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, do Centro Universitário Augusto Motta, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Linha de Pesquisa: Reabilitação no Esporte e no Esporte Adaptado

Orientador: Prof. Dr. Alex Souto Maior Alves

RIO DE JANEIRO

2021

GEFERSON HONORATO DA SILVA

AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR ISOMÉTRICA E DA RAZÃO ISQUIOSTIBIAS:QUADRÍCEPS ENTRE HOMENS TREINADOS COM PESOS LIVRES VS. MÁQUINAS.

Aprovado em: 02 de junho de 2021

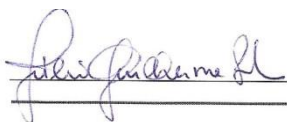
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. ALEX SOUTO MAIOR – Orientador
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Charles Ricardo Lopes
AFILIAÇÃO Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)



Prof. Dr. Julio Guilherme Silva
AFILIAÇÃO Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)



Prof. Dr. Igor Ramathur Telles de Jesus
AFILIAÇÃO Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM

Rio de Janeiro, 2021

AGRADECIMENTOS

Eu não poderia chegar no final do meu mestrado sem agradecer algumas pessoas que foram fundamentais na minha trajetória até aqui. Primeiro quero agradecer a Deus por me proporcionar tantas glórias e saúde para me manter de pé na minha caminhada. O doutorando Leonardo Matta foi fundamental no início da minha caminhada acadêmica me levando para o grupo de pesquisa performance e reabilitação orientado pelo Professor doutor Alex Souto Maior que viria a ser meu orientador no mestrado. O Alex Souto Maior tem o meu respeito, admiração e agradecimento por toda orientação no mestrado e na vida, sempre me orientando para os melhores caminhos. Sem a fundação Faz Diferença esse sonho não seria realizado nesse momento, a fundação foi fundamental com a bolsa (auxílio financeiro) e a Camila da fundação foi importante nessa caminhada com todo carinho, atenção e incentivo.

O grupo de pesquisa em performance e reabilitação me ajudou muito nesse período de mestrado, algo que é comum no nosso grupo de pesquisa, um ajudando o outro nos seus trabalhos acadêmicos. Eu não poderia esquecer da minha família e amigos, eles são a base de tudo e sem dúvidas o meu combustível para seguir na minha caminhada. Por último, mas não menos importante quero agradecer a universidade Augusto Motta (UNISUAM) que me deu todo o suporte para realizar o mestrado em ciências da reabilitação.

EPÍGRAFE

Sucesso é uma escolha.

RESUMO

Introdução: Exercícios de força (EF) são efetivos para potencializar a força, potência, resistência e hipertrofia muscular. No entanto, há controvérsias sobre a prescrição de um programa de EF com pesos livres (PL) ou máquinas (MQ) para minimizar os riscos de lesões e melhora do desempenho físico.

Objetivo: o objetivo deste estudo foi avaliar a força muscular isométrica dos extensores e flexores do joelho, assimetria bilateral (BA) e razão isquiotibiais: quadríceps (razão H: Q) entre perna dominante (DL) vs. perna não dominante (NDL) de homens treinados com pesos livres vs. máquinas.

Métodos: Trinta homens foram recrutados e separados em dois grupos: PL (n = 15) e MQ (n = 15). Todos os participantes do estudo foram submetidos a avaliações de composição corporal e, em seguida, realizaram o teste de força muscular isométrica (FMI) para extensores e flexores de joelho no DL e NDL usando uma célula de carga disponível comercialmente. O maior valor obtido nas três tentativas foi utilizado para análise estatística. Nenhum problema clínico ocorreu durante o estudo.

Resultados: O FMI dos músculos quadríceps e isquiotibiais para DL e NDL apresentou aumento significativo no grupo Peso Livre quando comparado ao grupo Máquina. Além disso, foi observada uma diferença significativa ($p < 0,03$) do IMS dos músculos isquiotibiais entre DL vs. NDL para o grupo da máquina. A razão H: Q em DL ($p < 0,002$) e NDL ($p < 0,01$) foi significativamente maior para o grupo de peso livre.

Conclusão: Este estudo mostrou que homens treinados com PL apresenta maior força muscular isométrica de coxa (isquiotibiais e quadríceps) e razão H: Q. Além disso, homens treinados com MAQ apresentaram assimetria bilateral dos músculos isquiotibiais e menor razão H: Q, consequentemente, maior risco de lesões nos joelhos.

Palavras-chave: treinamento de força; força muscular isométrica; assimetria bilateral; razão H: Q.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Strength exercises (EF) are effective to enhance strength, power, endurance and muscle hypertrophy. However, there are controversies about the prescription of a PE program with free weights (PL) or machines (MQ) to minimize the risk of injuries and improve physical performance.

Objective: The purposes of this study were to assess the isometric muscle strength of the knee extensors and flexors, bilateral asymmetry (BA) and hamstring:quadriceps ratio (H:Q ratio) between dominant leg (DL) vs. non-dominant leg (NDL) of males trained with free-weights vs. machines.

Methods: Thirty males were recruited and separated into two groups: Free-weights (n=15) and Machines (n=15) groups. All study participants underwent body composition assessments and then performed the isometric muscle strength (IMS) testing for knee extensors and flexors in the DL and NDL using a commercially available load cell. The highest value obtained from the three trials was used for statistical analysis. No clinical problems occurred during the study.

Results: The IMS of quadriceps and hamstring muscles for DL and NDL showed a significant increase to Free-weight group when compared to Machine group. In addition, was observed a significant difference ($p<.03$) of the IMS of hamstring muscles between DL vs. NDL to machine group. The H:Q ratio on DL ($p<.002$) and NDL ($p<.01$) was significantly higher to Free-weight group.

Conclusion: This study showed better isometric muscle strength of thigh (hamstring and quadriceps) and H:Q ratio in males trained with Free-weight. In addition, males trained with machines showed bilateral asymmetry of the hamstrings muscles and lower H:Q ratio, consequently, higher risk of knee injuries.

Key words: resistance training; isometric muscle strength; bilateral asymmetry; H:Q ratio.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Pág.
Figuras	
Figura 1. Anatomia dos músculos isquiotibiais	12
Figura 2. Anatomia dos músculos do quadríceps	15
Figura 3. Imagem esquemática do teste de força muscular isométrica	23
Figura 4. Mean $\pm$ SD values of H:Q ratio between free-weight group vs. machine group.	36

LISTA DE TABELAS

Tabelas

Pág.

Tabela 1. Performance of isometric muscle strength among males trained with Free-weight vs. Machine group	39
--	-----------

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ER – Exercícios resistidos

VL – Vasto lateral

VM – Vasto medial

VI – Vasto intermédio

RC – Reto da coxa

DL – Perna dominante

NDL – Perna não dominante

BA – Assimetria bilateral

SM – Semimembranoso

ST – Semitendinoso

BFL – Bíceps femoral cabeça longa

BFC – Bíceps femoral cabeça curta

LCA – Ligamento cruzado anterior

PL – Pesos livres

MAQ - Máquinas

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1.1. Introdução	8
1.2. Revisão da literatura	Erro! Indicador não definido.
1.2.1– Anatomia e função dos isquiotibiais	Erro! Indicador não definido.
1.2.2 – Anatomia e função do quadríceps	13
1.2.3 – Razão isquiotibiais/quadríceps com fator de estabilização articular.	16
1.4. Objetivos	18
1.4.1. Geral/Primário	18
1.4.2. Específicos/Secundários	18
1.5. Hipóteses	19

CAPÍTULO II

1. Participantes e Métodos	20
2.1. Delineamento do estudo	20
2.2. Amostra	20
2.2.1. Local de realização do estudo	20
2.2.2. Cálculo ou justificativa do tamanho amostral	20
2.3. Critérios de inclusão e exclusão	21
1.4. Metodologia	21
2.4.1–Avaliação antropométrica	21
2.4.2- Avaliação da força muscular isométrica	22
2.4.3 –Análise estatística	24

CAPÍTULO III

3.1Manuscrito	31
---------------------	----

CAPITULO IV

4.1 Produção intelectual	48
--------------------------------	----

CAPITULO V

5.1 Considerações finais	49
--------------------------------	----

APÊNDICE

49

Capítulo 1 Revisão da Literatura

1.1 Introdução

A força muscular define-se como a tensão gerada por um músculo, ou um grupo muscular contra uma resistência (MAIOR et al., 2013). Também pode ser definida como uma habilidade complexa, solicitada para executar contrações musculares máximas ou submáximas contra resistências externas (MAIOR et al., 2013; MAIOR & ALVES, 2003). O aumento na força é proporcional à quantidade de sobrecarga, tal como medido pela força relativa desenvolvida (carga externa / massa corporal) e pelo número das ações musculares executadas durante o treinamento de força (ACSM, 2002). Assim, a força muscular é caracterizada pela habilidade do sistema nervoso de ativar os grupos musculares envolvidos em movimentos específicos (MAIOR & ALVES, 2003). Os exercícios resistidos (ER) são utilizados como um meio efetivo de incremento da força muscular e melhoria do estado funcional em todas as faixas etárias. Isto justifica a necessidade da utilização de sobrecargas na prescrição do treinamento, com objetivo de melhorar o desempenho físico associado ao aumento da força e potência muscular (ACSM, 2002; MAIOR et al., 2008; MAIOR, 2020).

O ER é caracterizado como uma modalidade de atividade física sistematizada com objetivo de produzir força muscular para vencer a resistência (MAIOR et al., 2013). Este método de treinamento envolve variáveis que podem ser organizadas para atender especificamente os objetivos do treinamento e às necessidades individuais, como: ordem dos exercícios, intervalos de descanso entre séries, frequência de treinamento, amplitude de movimento, volume de treinamento, repetições por série, número de séries, tipo de contrações musculares e intensidade (MAIOR et al., 2008; SIMÃO et al., 2013; MAROCOLO et al., 2016). No entanto, há

controvérsias se o uso de um programa de ER composto por pesos livres ou máquinas é melhor para a hipertrofia muscular, força e prevenção de lesões. Os pesos livres utilizam resistência isotônica, que fornece a mesma quantidade de resistência em toda a amplitude de movimento, conseqüentemente, permite o movimento em vários planos e potencializa a estabilidade e mobilidade (STONE et al., 2002; WELCH et al., 2015). Por outro lado, as máquinas proporcionam exercícios de forma fixa e limitam os planos biomecânicos (ACSM, 2009; STONE et al., 2002).

O grupo muscular do quadríceps é o mais volumoso e potente grupo muscular do corpo humano e constitui a maior parte da massa muscular da região anterior e medial da coxa (ESCAMILLA, 2001; RIBEIRO et al., 2005). Este grupo muscular apresenta quatro músculos em sua constituição: vasto lateral (VL), vasto medial (VM), vasto intermédio (VI) e reto da coxa (RC). Contudo, a simetria durante a atividade muscular entre o VL e o VM tem sido visto como essencial para uma relação artrocinemática adequada entre a patela e a tróclea femoral (MAIOR et al., 2006; MAIOR et al., 2009; RIBEIRO et al., 2005). O grupo muscular dos isquiotibiais é composto pelos músculos semitendíneo, semimembranoso e cabeça longa do bíceps femoral as quais originam-se na tuberosidade isquiática e passam pelas articulações do quadril e do joelho. Desta forma, são caracterizados como músculos biarticulares e inervados pela porção tibial do nervo ciático (ERNLUND e VIEIRA, 2017; AL-JOHANI et al., 2014). Este grupo muscular têm um papel sinergista na extensão do quadril (movimento posterior do Fêmur) e de motor primário na flexão de joelho (movimento posterior da tíbia e fíbula). Assim, o equilíbrio entre extensores (quadríceps) e flexores (isquiotibiais) do joelho torna-se essencial para estabilidade dinâmica desta articulação minimizando os riscos de lesões musculoesquelética (MALY et al, 2010).

A razão da força entre os músculos isquiotibiais e quadríceps (razão I/Q) tem sido utilizada como uma ferramenta importante para detectar o desequilíbrio muscular, monitorar a estabilidade da articulação do joelho, descrever as propriedades e funcionalidade da força muscular e para prevenção e reabilitação de lesões nos membros inferiores (RUAS et al., 2019). Além disso, a diferença de força muscular entre a perna dominante (DL) e a perna não dominante (NDL) tem sido importante para o diagnóstico de assimetria bilateral (AB) associado a redução do desempenho físico e aumentando o risco de lesão (GKRILIAS et al., 2018; BONETTI et al., 2017). Alguns estudos relatam que a BA acima de 10% resulta em perda de potência muscular, menor velocidade de mudança de direção e aumento do risco de lesões nos membros inferiores (BELL et al., 2014; HOFFMAN et al., 2007). Por outro lado, são escassos estudos que compararam a razão I/Q e AB entre praticantes de exercícios de força com pesos livres x máquinas.

1.2 Revisão da Literatura

1.2.1 Anatomia e função dos isquiotibiais.

O grupamento muscular dos isquiotibiais é composto pelo músculo semimembranoso (SM), semitendíneo (ST), bíceps femoral cabeça longa (BFL) e bíceps femoral cabeça curta (BFC). Desta forma, cada músculo apresenta morfologia específica e diferentes parâmetros arquitetônicos como comprimento e volume muscular. (WOODLEY; MERCER, 2005) O grupamento muscular dos isquiotibiais age nas articulações do quadril e joelho com a função de flexionar os joelhos na fase concêntrica do movimento e extensão dos joelhos durante a fase excêntrica.

Particularmente, na articulação do quadril, os isquiotibiais contribuem com a extensão do quadril durante a fase concêntrica do movimento e durante a fase excêntrica auxiliam na flexão do quadril. (SATO et al., 2012) Resumidamente, este grupo muscular age como estabilizadores excêntricos do joelho e da articulação sacroilíaca, e como sinergistas concêntricos de extensão do quadril. (IVAN, 2012) Vale ressaltar que as articulações do joelho e quadril estão dinamicamente ativas em movimentos como caminhada, corrida ou Sprint, sendo a participação dos isquiotibiais primordial para melhorar a locomoção humana. (KELLIS, 2018)

Ao descrever especificamente cada músculo que compõem os isquiotibiais têm sido observados que o SM apresenta um aspecto alongado que ocupa medialmente a região posterior da coxa (do quadril ao joelho). Este músculo tem sua origem proximal na tuberosidade isquiática e a origem distal no côndilo medial da tíbia. O SM contribui com a extensão e rotação interna do quadril e joelhos (WOODLEY; MERCER, 2005) (Figura 1). O músculo ST tem sua origem proximal na tuberosidade isquiática e a origem distal na extremidade proximal da tíbia, abaixo do côndilo medial (Figura 1). O ST caracteriza-se por exercer a função na extensão e rotação interna do quadril, flexão do joelho e estabilização da pelve. (SATO, 2012; WOODLEY, 2005)

O bíceps femoral é um músculo caracterizado anatomicamente pela cabeça longa (BFL) e cabeça curta (BFC). O BFL tem sua origem proximal na tuberosidade isquiática e, particularmente, seu tendão é compartilhado com o ST e o ligamento sacrotuberoso. Por outro lado, a origem distal do BFL é localizada na face lateral da cabeça da fíbula (Figura 1). O BFL auxilia na função da articulação do joelho e quadril, ou seja, no quadril tem ação de extensão e no joelho contribui com a flexão. (RAMOS et al., 2017). O BFC tem sua origem proximal localizada na linha áspera do fêmur e sua origem distal na face lateral da cabeça da fíbula (IVAN, 2012). Por atuar apenas

na articulação do joelho o BFC tem a função principal de flexão dos joelhos. Os isquiotibiais junto com outros músculos auxiliam na estabilização da pelve, e tem função primordial na marcha humana (IVAN, 2012).

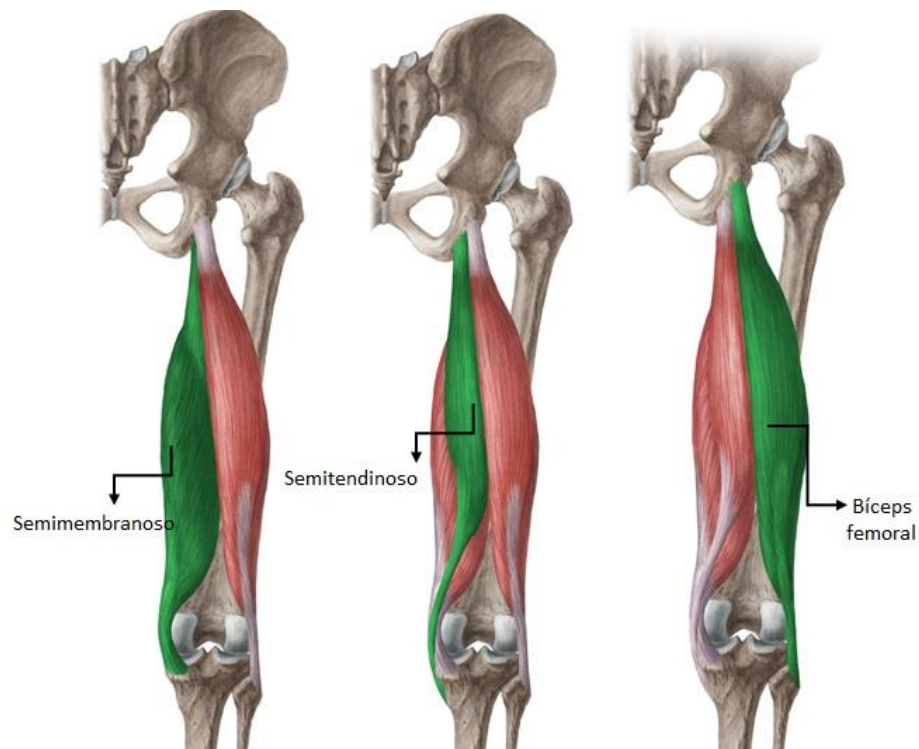


Figura 1. Anatomia dos músculos isquiotibiais.

O conhecimento anatômico e funcional dos músculos isquiotibiais auxilia significativamente para compreensão das lesões locais e como preveni-las (SATO et al., 2012). De forma geral, os isquiotibiais são ativados durante a extensão do joelho por atuarem como antagonista durante a desaceleração do movimento. Assim, durante a fase final da corrida os isquiotibiais absorvem energia elástica para contrair excentricamente e assim desacelerar o movimento quando o calcanhar toca no solo. Nesta fase os isquiotibiais tem um risco maior de lesionar por esta em uma posição

de maior tensão e alongamento da musculatura (SATO, 2012; WOODLEY, 2005). O músculo bíceps femoral é o mais afetado pois acaba sendo mais ativo em comparação ao ST e SM nesse movimento (RAMOS et al., 2017). Outro mecanismo que acomete em lesões nos isquiotibiais e principalmente o ST é o movimento com uma grande potência em flexão do quadril e extensão do joelho (RAMOS et al., 2017).

O desequilíbrio de força muscular entre o quadríceps e os isquiotibiais e a assimetria de força muscular bilateral dos isquiotibiais potencializam riscos para lesões nos isquiotibiais. Além disso, o déficit na mobilidade dos isquiotibiais pode ser outro fator de riscos de lesões na musculatura, mas isso ainda não está claro na literatura. Em relação aos fatores de riscos de lesão em isquiotibiais não modificável o histórico de lesão na musculatura parece ser o principal fator de risco para recidiva (RAMOS et al., 2017).

1.2.2 Anatomia e função do quadríceps.

O grupamento muscular do quadríceps é formado por quatro músculos, o reto da coxa (RC), vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e vasto intermédio (VI); sendo o grupamento muscular mais volumoso do corpo humano. (CHANG; HUBBARD, 2018) O quadríceps está envolvido com a articulação do joelho de forma principal com a função de extensão na fase concêntrica do movimento e a função de flexão na fase excêntrica do movimento. Os quatro músculos que formam o quadríceps têm como função principal a extensão do joelho, portanto ele tem uma importante função na locomoção humana, subir escadas e levantar-se da posição sentada. (CHANG; HUBBARD, 2018; WALIGORA; JOHANSON; HIRSCH, 2009)

Na articulação do quadril, o RC pode flexionar o quadril e os VL, VM, e VI de forma sinérgica auxiliar na extensão do joelho. O equilíbrio desses quatro músculos é fundamental para um excelente movimento da patela pelos côndilos do fêmur. (CHANG; HUBBARD, 2018; VIEIRA, 2011). O RC possui duas origens proximais, uma na espinha ílíaca e outra na margem superior do acetábulo. A origem distal se encontra no tendão do quadríceps (Figura 2) (CHANG; HUBBARD, 2018; WALIGORA; JOHANSON; HIRSCH, 2009)

O VL tem sua origem proximal na linha áspera do trocânter maior do fêmur, sua origem distal está localizada no tendão do quadríceps e uma pequena parte passa ao redor da patela lateralmente. (Figura 2) (CHANG; HUBBARD, 2018; VIEIRA, 2011). O VM tem sua origem proximal passando de forma espiral ao redor do eixo da linha áspera e linha intertrocantérica do fêmur, sua origem distal está localizada em duas partes, uma no tendão do quadríceps e outra passando pelo retináculo medial da patela e se inserindo no côndilo medial da tíbia (Figura 2) (CHANG; HUBBARD, 2018; VIEIRA, 2011). O VI tem sua origem proximal na face anterior do fêmur e sua origem distal no tendão do quadríceps. (Figura 2) (CHANG; HUBBARD, 2018; VIEIRA, 2011).

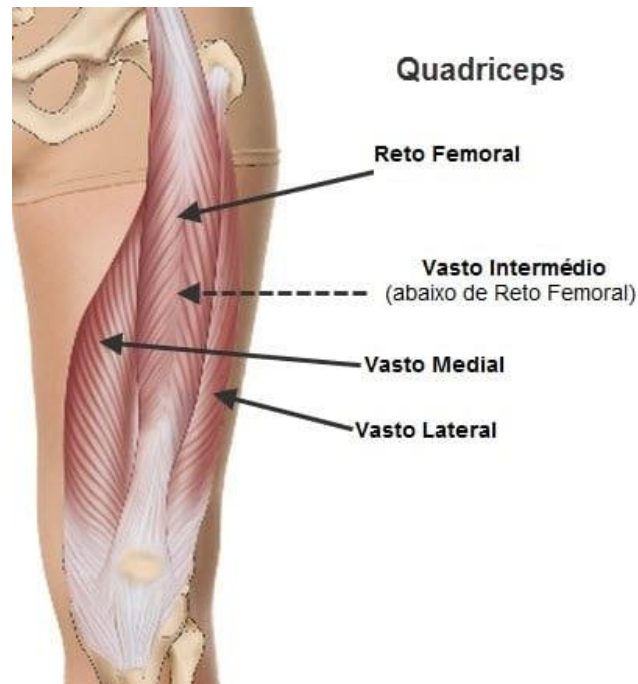


Figura 2. Anatomia dos músculos do Quadríceps.

O conhecimento anatômico e funcional do quadríceps é de suma importância para potencializar o desempenho funcional e prevenir lesões deste grupo muscular. O quadríceps pode sofrer sobrecarga por repetidas contrações musculares excêntricas do mecanismo extensor do joelho. Lesões por sobrecarga aguda do quadríceps normalmente acontecem em competições atléticas como futebol, rúgbi ou futebol americano. Possivelmente, por estes esportes regularmente utilizarem contrações excêntricas do quadríceps durante a flexão do joelho e extensão do quadril (KARY, 2010). Vale ressaltar, que o RC é o músculo que apresenta maior tensão entre os músculos do quadríceps sendo o mais predisposto a lesões pelo fato de cruzar duas articulações e morfologicamente ter grande quantidade de fibras do tipo II (KARY, 2010). Contudo, vale ressaltar que as incidências de lesões no quadríceps são três vezes mais baixas quando comparadas as lesões de isquiotibiais (ECKARD et al., 2017).

1.2.3 Razão isquiotibiais / quadríceps com fator de estabilização articular.

Como mencionado anteriormente os índices de lesões musculares nos membros inferiores entre 14% e 28% para quadríceps e isquiotibiais, respectivamente. Desta forma, a quantificação da força muscular dos quadríceps e isquiotibiais torna-se uma ferramenta imprescindível para o cálculo da razão isquiotibiais/quadríceps (I:Q) e a assimetria inter-membros inferiores. (BHATT et al., 2020; ROSENE; FOGARTY; MAHAFFEY, 2001).

O equilíbrio entre o músculo quadríceps e os isquiotibiais tem sido avaliado por meio da razão I:Q (isquiotibiais/quadríceps) calculada com o pico de torque nesses dois músculos, sendo um parâmetro importante para avaliação da estabilidade da articulação do joelho (ROSENE et al., 2001). Esta avaliação pode ocorrer a partir da divisão entre o torque da força concêntrica dos isquiotibiais e a força concêntrica do quadríceps. Além disso, outra forma de ser realizada é avaliando a força excêntrica dos isquiotibiais e a força concêntrica do quadríceps, conhecido como razão funcional ou dinâmica (ROSENE; FOGARTY; MAHAFFEY, 2001). Desta forma, a razão I:Q entrega um valor quantitativo referente ao torque na articulação do joelho e a força dos músculos agonista e antagonista, tendo como objetivo principal avaliar a predisposição as lesões. A literatura científica mostra que uma razão I:Q concêntrica menor que 0,55 (IC: 0,47-0,67) está associada ao risco aumentado de 4 vezes mais chances em desenvolver lesões nos isquiotibiais e ruptura do LCA (LEE et al., 2017; GKRILIAS et al., 2018). Por outro lado, o valor $> 0,60$ da razão I:Q (0,60 a 0,80) têm sido um valor adequado por minimizar os riscos de lesões musculares e articulares (COOMBS et al., 2002). A literatura científica mostra que a razão I:Q concêntrica

próxima a 1,0 minimiza os riscos de lesões de isquiotibiais e em sujeito que realizaram reconstrução do LCA reduz o risco de subluxação anteriolateral da tíbia (ORCHARD et al., 1997; LI et al., 1996; RAUNEST et al., 1996).

Quando ocorre uma lesão na articulação do joelho, a razão I:Q é um excelente parâmetro de reabilitação devido à importância do equilíbrio das forças extensora e flexora na estabilização da articulação do joelho. Vale ressaltar que o desequilíbrio entre isquiotibiais e quadríceps aumenta os riscos de lesões na articulação do joelho pela redução na co-ativação dos isquiotibiais durante o movimento de extensão do joelho. (KIM; HONG, 2011; ROSENE; FOGARTY; MAHAFFEY, 2001). A literatura científica mostra o significativo papel da co-ativação dos isquiotibiais durante a extensão do joelho para a estabilidade articular dos joelhos, pelo fato do aumento da ativação dos antagonistas (isquiotibiais) apresenta um mecanismo de frenagem que reduz a tensão excessiva no ligamento cruzado anterior (KELLIS E BALTZOPOULOS, 1997; TOURNY-CHOLLET E LEROY, 2002).

É importante ressaltar que assimetrias da força muscular inter-membros (assimetria bilateral - AB) nos músculos do quadríceps ou isquiotibiais minimiza a estabilização da articulação do joelho e altera a biomecânica do movimento (BHATT et al., 2020). Assim, a diferença de força entre perna dominante (DL) vs. perna não dominante (NDL) tem sido o tema de vários estudos que identificaram que a AB é prejudicial ao desempenho e aumenta o risco de lesões (GKRILIAS et al., 2018; BONETTI et al., 2017). Alguns estudos relatam que AB (membro dominante vs. não-dominante) superior a 10% resulta em perda de força muscular, mudança de direção mais lentos e aumento do risco de lesões nos membros inferiores (BELL et al., 2014; HOFFMAN et al., 2007). Além disso, assimetrias de força > 15% têm quatro a cinco vezes mais probabilidade de lesões de isquiotibiais (CROISIER et al., 2008). De forma

geral, a avaliação da AB torna-se uma ferramenta primordial para identificar possíveis riscos de lesões musculares e articulares (LEE JWY, 2018).

1.3 Justificativas

A razão I/Q têm sido considerado um importante indicador do equilíbrio de força muscular e verificação de riscos de lesões osteomioarticulares, fato que contribui significativamente com a estabilidade da articulação do joelho. Contudo, a literatura científica mostra escassez de estudos que relacionem a força de quadríceps e isquiotibiais, assimetria bilateral e razão I/Q entre praticantes de treinamento de força com pesos livres vs. máquinas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Geral

Investigar e comparar a força muscular isométrica, assimetria muscular dos membros inferiores e a razão I/Q entre homens praticantes de ER com pesos livres vs. máquinas.

1.4.2 Específicos

1. Investigar e comparar a força muscular isométrica inter-membros entre homens praticantes de ER com pesos livres e máquinas.
 2. Investigar assimetria muscular entre homens praticantes de ER com pesos livres e máquinas.
-

3. Investigar e comparar a razão I/Q dos membros inferiores entre homens praticantes de ER com pesos livres e máquinas.

1.5 Hipóteses

O presente estudo hipotetiza que homens praticantes de ER com pesos livres apresentam maior força muscular isométrica, razão I/Q e sem a presença assimetria muscular.

Capítulo 2 Participantes e Métodos

2.1 Delineamento do estudo

O presente estudo caracteriza-se com comparativo randomizado. O tamanho da amostra foi determinado incluindo todos os participantes que atenderam aos critérios de elegibilidade. Todos os participantes eram praticantes de ER com pesos livres ou máquinas e foram submetidos a três testes para avaliar a força muscular isométrica dos músculos isquiotibiais e quadríceps. A partir destes resultados foram verificadas a presença de assimetria muscular e calculado a razão I/Q. Todos os testes foram realizados em uma única sessão. Todas as avaliações foram realizadas em ambiente com temperatura controlada (21° C, 65% de umidade relativa) por Higrotermômetro com Alerta de Umidade (*Extech Instruments, Massachusetts, EUA*). Todas as avaliações ocorreram entre 14h e 16h.

2.2 Amostra

A amostra foi composta por 30 homens praticantes de treinamento resistido, divididos em dois grupos: máquinas (n=15) e pesos livres (n=15). O grupo de treinamento com pesos livres foi caracterizado por incluir em sua rotina de treinos resistência elástica, pesos livres como barras, halteres e *medicine balls*. Por outro lado, o grupo máquinas treinou prioritariamente em máquinas. Todos os participantes preencheram o questionário PAR-Q, o termo livre e esclarecido sobre a pesquisa devidamente aprovado pelo comitê institucional de Ética local para Experimentos humanos (CAAE: 43821321.2.0000.5235).

2.2.1 Local de recrutamento dos participantes

A presente pesquisa foi realizada na academia *Bodytech* localizada na Av. Das Américas, nº 700, shopping Citta América na Barra da Tijuca RJ e Centro de treinamento A&D performance e prevenção de lesões localizado na AV. das Américas, nº 12.900 bloco 2; loja 107 e 108. Recreio dos bandeirantes – Rio de Janeiro.

2.2.2 Critérios de inclusão

Como critério de inclusão foram selecionados participantes com experiência mínima de 12 meses com ER.

2.2.3 Critérios de exclusão

Os critérios de exclusão foram:

- (1) uso de esteroides anabólicos, drogas ou medicamentos com impacto potencial na performance física (auto-relato);
- (2) lesões musculoesqueléticas nos últimos seis meses;
- (3) cirurgias recentes no quadril, joelho e tornozelo.

2.3 Procedimentos/Metodologia proposta

Avaliação Antropométrica

A composição corporal foi mensurada após um jejum no turno de 8 horas por uma análise bioelétrica de impedância pela utilização de um dispositivo com eletrodos

embutidos de mão e pé (BIO 720, Avanutri, Rio de Janeiro, Brasil). Os participantes usaram roupas de atividade física e foram instruídos a ficarem descalços em uma posição vertical com os dois pés em eletrodos separados na superfície do dispositivo e com os braços abduzidos e as duas mãos segurando dois eletrodos separados em cada alça do dispositivo. Todas as avaliações foram realizadas em ambiente com temperatura controlada (21° C, 65% de umidade relativa) por Higrotermômetro com Alerta de Umidade (*Extech Instruments, Massachusetts, EUA*).

Avaliação da Força Muscular Isométrica

A força muscular isométrica foi mensurada com a utilização de células de carga disponíveis no mercado (E-lastick, E-sporte Soluções Esportivas, Brasília, Brazil). Os extensores e flexores de joelho da perna dominante (DL) e não dominante (NDL) foram testados concentricamente. O DL foi definida como a perna do chute através de autorelato. Durante os testes de extensão e flexão de joelho os tornozelos direito e esquerdo dos sujeitos foram individualmente fixados e conectados a células de carga (Figura 3). Os testes de força muscular isométrica foram realizados aleatoriamente. Antes do teste de avaliação da força muscular isométrica, todos os sujeitos realizaram aquecimento de 10 minutos em uma bicicleta ergométrica (sem resistência) com velocidade moderada (70-80 rotações por minuto).

As avaliações da força muscular isométrica dos extensores de joelho foram realizadas com participantes sentados em uma cadeira com o joelho posicionado a 90°. Os valores de contração isométrica máxima foram mensurados em uma posição de extensão de joelho a 70° (**Coombs and Garbutt, 2002**) (figura 3 A; B). Por outro lado, a flexão de joelho foi avaliada inicialmente com os sujeitos deitados em decúbito

ventral com o joelho estendido em uma maca padrão de tratamento. Os valores de contração isométrica máxima foram mensurados em uma posição de flexão de 30° (MENDES et al., 2018) (figure 3 C; D). Todos os participantes foram estabilizados com cintos em volta do torso e da pelve para evitar movimentos compensatórios em ambos os testes (flexão e extensão do joelho). Portanto, somente o joelho testado se movimentou com grau simples de liberdade. Os participantes realizaram três tentativas de extensão e três tentativas de flexão para ambos os joelhos e o maior valor obtido das três tentativas foi utilizado para análise estatística.

Os valores de força foram registrados durante 5 segundos de contração isométrica máxima e foi utilizado o intervalo de recuperação de 60 segundos de descanso entre as tentativas. O intervalo entre os testes de extensão e flexão de joelhos foi de 5 minutos de recuperação. Os resultados da força isométrica obtido pela célula de carga foram simultaneamente transferidos via Bluetooth para um telefone celular (Taxa de transferência = 10 Hz) para posterior análise estatística. Todos os participantes foram fortemente encorajados a realizar o máximo esforço para cada tentativa.

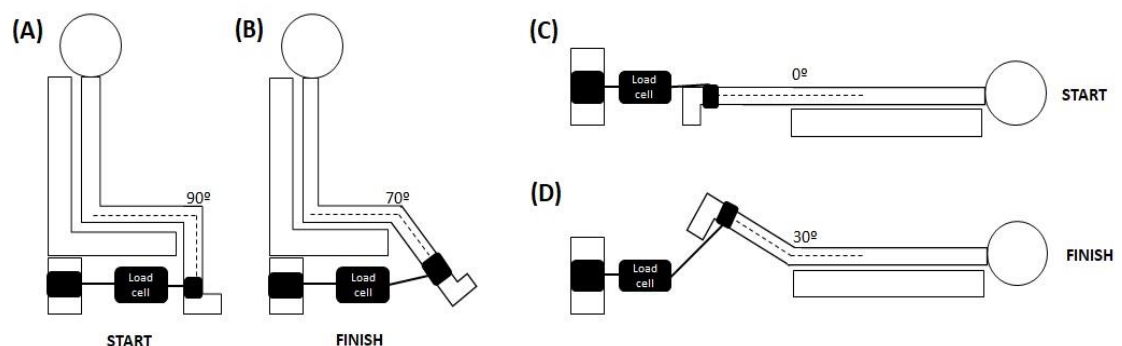


Figura 3. Imagem esquemática do teste de força muscular isométrica.

2.4 Análise estatística

Todos os dados foram apresentados como média $\pm$ desvio padrão. A análise estatística foi realizada inicialmente com os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e o teste de homocedasticidade (critério de Bartlett). Para testar a reprodutibilidade entre os testes foi utilizado o coeficiente de correlação intraclasse (ICC). Os valores médios para os testes da DL e NDL foram avaliados pelo teste T de *Student*. A razão I/Q foi calculada a partir da divisão da força muscular isométrica dos músculos isquiotibiais pela força muscular isométrica do quadríceps durante as ações concêntricas. O cálculo da assimetria bilateral (BA) ocorreu a partir da diferença de força muscular isométrica entre DL e NDL dividido pela força muscular isométrica de DL e multiplicado por 100. O nível de significância estatística foi estabelecido em um nível alfa de $P < 0,05$ usando GraphPad Prism® software (Prism 6.0, San Diego, CA, EUA).

Referências

CHANG, A.; HUBBARD, J. B. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Femur. StatPearls, p. 1–12, 2018.

COOMBS, R.; GARBUTT, G. Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. Journal of Sports Science and Medicine, v. 1, n. 3, p. 56–62, 2002.

ECKARD, T. G. et al. *nl in e F irs nl in e F irs*. v. 52, n. 2, p. 2009–2010, 2017.

IVAN, Z. Anatomy, physiology and biomechanics of hamstrings injury in football and effective strength and flexibility exercises for its prevention. *Journal of Human Sport and Exercise*, v. 7, n. 1 SPECIAL ISSUE, p. 11–14, 2012.

KARY, J. M. Diagnosis and management of quadriceps strains and contusions. n. July, p. 26–31, 2010.

KELLIS, E. Intra- and Inter-Muscular Variations in Hamstring Architecture and Mechanics and Their Implications for Injury: A Narrative Review. *Sports Medicine*, v. 48, n. 10, p. 2271–2283, 2018.

KIM, D.; HONG, J. Hamstring to quadriceps strength ratio and noncontact leg injuries: A prospective study during one season. *Isokinetics and Exercise Science*, v. 19, n. 1, p. 1–6, 2011.

LEE, J. W. Y. et al. injury in football : A prospective study of 146 professional players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 1, p. 1–5, 2017.

RAMOS, G. A. et al. Rehabilitation of hamstring muscle injuries: a literature review. *Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)*, v. 52, n. 1, p. 11–16, 2017.

ROSENE, J. M.; FOGARTY, T. D.; MAHAFFEY, B. L. Isokinetic Hamstrings:Quadriceps Ratios in Intercollegiate Athletes. *Journal of Athletic Training*, v. 36, n. 4, p. 378–383, 2001.

SATO, K. et al. Anatomical study of the proximal origin of hamstring muscles. *Journal of Orthopaedic Science*, v. 17, n. 5, p. 614–618, 2012.

VIEIRA, E. P. L. Anatomic study of the portions long and oblique of the vastus lateralis and vastus medialis muscles: Review article. *Journal of Morphological Sciences*, v. 28, n. 4, p. 228–234, 2011.

WALIGORA, A. C.; JOHANSON, N. A.; HIRSCH, B. E. Clinical anatomy of the quadriceps femoris and extensor apparatus of the knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, v. 467, n. 12, p. 3297–3306, 2009.

WOODLEY, S. J.; MERCER, S. R. Hamstring muscles: Architecture and innervation. *Cells Tissues Organs*, v. 179, n. 3, p. 125–141, 2005.

MAIOR, A. S. Fisiologia dos exercícios resistidos, 2ªed. Phorte ED. 2013. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. Medicine. and Science in Sports and Exercise , Indianapolis, v.34, n.2, p.364-380, 2002.

Maiores AS, Alves A. A contribuição dos fatores neurais em fases iniciais do treinamento de força muscular: uma revisão bibliográfica. Rev Motriz 2003;9(3):161-168.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. Medicine. and Science in Sports and Exercise , Indianapolis, v.34, n.2, p.364-380, 2002.

MAIOR, A. S, Menucci T, Soares V, Souza LR, Gribov M, Simão R. Variação da sobrecarga de treinamento no comportamento da força muscular e da percepção subjetiva de dor em mulheres sedentárias. Medicina, 41 (2): 168-76, 2008

MAIOR AS. ABSOLUTE AND RELATIVE PEAK POWER DURING PNEUMATIC SQUAT EXERCISE USING DIFFERENT PERCENTAGES OF LOAD IN ELITE SOCCER PLAYERS. Human Mov 2020; 21(3): 64–70.

Simão R1, Leite RD, Speretta GF, Maiores AS, de Salles BF, de Souza Junior TP, Vingren JL, Willardson JM. Influence of upper-body exercise order on hormonal responses in trained men. Appl Physiol Nutr Metab. 2013 ;38(2):177-81.

Marocolo M, Marocolo IC, Cunha FSB, Mota GR, Maiores AS. Influence of percentage of 1RM strength test on repetition performance during resistance exercise of upper and lower limbs. Arch Med Deporte 2016;33(6):387-392.

Stone M, Plisk S, Collins D. Training principles: evaluation of modes and methods of resistance training--a coaching perspective. Sports Biomech. 2002;1(1):79-103.

Welch N, Moran K, Antony J, Richter C, Marshall B, Coyle J, Falvey E, Franklyn-Miller A. The effects of a free-weight-based resistance training intervention on pain, squat biomechanics and MRI-defined lumbar fat infiltration and functional cross-sectional area in those with chronic low back. BMJ Open Sport Exerc Med. 2015;1(1):e000050.

American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine positionstand. Progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci

Sports Exerc.2009;41(3):687-708.

Escamilla, R. F. (2001). Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(1), 127-141.

Ribeiro, D. C., Loss, J. F., Cañeiro, J. P. T., Lima, C. S., & Martinez, F. G. (2005). Electro-myographical analysis of the quadriceps during knee extension at different speeds. *Acta Ortopédica Brasileira*, 13,189-193.

Maior, A. S., Moraes, E. R., Santos, T. M., & Simão, R. (2006). Análise da força muscular em indivíduos treinados na plataforma de instabilidade. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 14(2), 41-48.

Maior, A. S., Simão, R., Salles, B. F., Miranda, H., & Costa, P. B. (2009). Neuromuscular activity during the squat exercise on an unstable platform. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 3(2), 121-129.

Ernlund L; Vieira LA. Lesões dos isquiotibiais: artigo de atualizac,ão. rev Bras ortop . 2 0 1 7;52(4):373–382

Al-Johani AH, Kachanathu SJ, Ramadan Hafez A, Al-Ahaideb A, Algarni AD, Meshari Alroumi A, et al. Comparative study of hamstrings and quadriceps strengthening treatments in the management of knee osteoarthritis. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(6):817–20.

Maly T, Zahálka F, Malá L. Isokinetic strength, ipsilateral and bilateral ratio of peak muscle torque in knee flexors and extensor in elite young soccer players. *Acta Kinesiologica*. 2010;4(1):17–23.

Ruas CV, Pinto RS, Haff GG, Lima CD, Pinto MD, Brown LE. Alternative Methods of Determining Hamstrings-to-Quadriceps Ratios: a Comprehensive Review. *Sports Med Open*. 2019 Mar 25;5(1):11.

Gkrilias P, Zavvos A, Fousekis K, Billis E, Matzaroglou C, Tsepis E. Dynamic balance asymmetries in pre-season injury-prevention screening in healthy young soccer players using the Modified Star Excursion Balance Test-a pilot study. *J Phys Ther Sci*. 2018;30(9):1141-1144.

Bonetti LV, Floriano LL, dos Santos TA, Segalla FM, Biondo S, Tadiello GS. Isokinetic

performance of knee extensors and flexors in adolescent male soccer athletes. *Sport Sci Health* 2017;13(2): 315–321.

Bell DR, Sanfilippo JL, Binkley N, and Heiderscheit BC. Lean mass asymmetry influences force and power asymmetry during jumping in collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 2014; 28: 884–891.

Hoffman JR, Ratamess NA, Klatt M, Faigenbaum AD, and Kang J. Do bilateral power deficits influence direction-specific movement patterns? *Res Sports Med* 2007; 15: 1–8.

Raunest J, Sager M, Burgener E. Proprioceptive mechanisms in the cruciate ligaments: an electromyographic study on reflex activity in the thigh muscles. *J Trauma*, 1996; 41: 488-49.

Mendes B, Firmino T, Oliveira R, Neto T, Infante J, Vaz JR, Freitas SR. Hamstring stiffness pattern during contraction in healthy individuals: analysis by ultrasound-based shear wave elastography. *Eur J Appl Physiol*. 2018;118(11):2403-2415.

Croisier JL, Ganteaume S, Binet J. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med* 2008; 36(8):1469–1475.

C. Tourny-Chollet and D. Leroy, Conventional vs. dynamic hamstring-quadriceps strength ratios: A comparison between players and sedentary subjects, *Isokinetics and Exercise Science* 10 (2002), 183–192

E. Kellis and V. Baltzopoulos, The effects of antagonist moment on the resultant knee joint moment during isokinetic testing of the knee extensors, *European Journal of Applied Physiology* 76 (1997), 253–259.

Li RC, Maffulli N, Hsu YC, Chan KM. Isokinetic strength of the quadriceps and hamstrings and functional ability of anterior cruciate deficient knees in recreational athletes. *Br J Sports Med*, 1996; 30: 161-164

Orchard J, Marsden J, Lord S, Garlick D. Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *Am J Sports Med*, 1997; 25: 81-85.

Capítulo 3 Produção Intelectual

3.1 Manuscrito #1

3.1.1 Metadados do manuscrito #1.

Journal:	<i>Journal of physical education</i>
Two-year Impact Factor (YEAR)¹:	0,50
Classificação Qualis (ANO)²:	2021
Submetido/Revisado/Aceito em:	24/03/2021

3.1.2 Contribuição dos autores do manuscrito #1 de acordo com a proposta *Contributor Roles Taxonomy (CRediT)*³.

Iniciais dos autores, em ordem:	GHS	ASM				
Concepção	X	X				
Métodos		X				
Programação		X				
Validação		X				
Análise formal		X				
Investigação	X	X				
Recursos	X					
Manejo dos dados	X	X				
Redação do rascunho	X					
Revisão e edição	X	X				
Visualização	X	X				
Supervisão		X				
Administração do projeto		X				
Obtenção de financiamento		X				

¹ Disponível para consulta em: www.scimagojr.com

² Disponível para consulta em: www.sucupira.capes.gov.br

Capítulo 4 Manuscrito

Artigo Original

ASSESSMENT ISOMETRIC MUSCLE STRENGTH AND HAMSTRING:QUADRICEPS RATIO AMONG MALES TRAINED WITH FREE WEIGHTS vs. MACHINES.

AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR ISOMÉTRICA E DA RAZÃO ISQUIOTIBIAS:QUADRÍCEPS ENTRE HOMENS TREINADOS COM PESOS LIVRES VS. MÁQUINAS.

Geferson Honorato da Silva¹; Alex Souto Maior²

¹ Master in Rehabilitation Science at UNISUAM (Augusto Motta University Center), Rio de Janeiro, Brazil.

² PhD in Exercise Physiology, Professor of the Master's and Doctorate Program in Rehabilitation Science at UNISUAM (Augusto Motta University Center), Rio de Janeiro, Brazil.

ABSTRACT

The purposes of this study were to assess the isometric muscle strength (IMS) of the knee extensors and flexors, bilateral asymmetry (BA) and hamstring:quadriceps ratio (H:Q ratio) between dominant leg (DL) vs. non-dominant leg (NDL) of males trained with free-weights vs. machines. Thirty males were recruited and separated into two groups: Free-weights (n=15) and Machines (n=15) groups. All study participants performed the IMS testing for knee extensors and flexors in the DL and NDL using a commercially available load cell. The highest value obtained from the three trials was used for statistical analysis. The IMS of quadriceps and hamstring muscles for DL and NDL showed a significant increase to Free-weight group when compared to Machine group. In addition, was observed a significant difference ($p<.03$) of the IMS of hamstring muscles between DL vs. NDL to machine group. The H:Q ratio on DL ($p<.002$) and NDL ($p<.01$) was significantly higher to Free-weight group. This study showed better isometric muscle strength of thigh (hamstring and quadriceps) and H:Q ratio in males trained with Free-weight. In addition, males trained with machines showed bilateral asymmetry of the hamstrings muscles and lower H:Q ratio, consequently, higher risk of knee injuries.

Key words: resistance training; isometric muscle strength; bilateral asymmetry; H:Q ratio.

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a força muscular isométrica dos extensores e flexores do joelho, assimetria bilateral (BA) e razão isquiotibiais: quadríceps (razão H: Q) entre perna dominante (PD) vs. perna não dominante (PND) de homens treinados com pesos livres vs. máquinas.

Trinta homens foram recrutados e divididos em dois grupos: pesos livres (PL; $n = 15$) e máquinas (M; $n = 15$). Os participantes realizaram o teste de força muscular isométrica (FMI) para extensores e flexores de joelho na PD e PND utilizando uma célula de carga. O maior valor obtido nas três tentativas foi utilizado para análise estatística. O FMI do quadríceps e isquiotibiais da PD e PND foi significativamente maior no PL. Além disso, o grupo M mostrou diferença significativa ($p < 0,03$) na FMI dos músculos isquiotibiais entre PD vs. PND. A razão H:Q da PD ($p < 0,002$) e PND ($p < 0,01$) foi significativamente maior para o grupo PL. Este estudo mostrou melhor FMI de coxa (isquiotibiais e quadríceps) e da razão H:Q em homens treinados com PL. Além disso, o grupo M mostrou BA dos músculos isquiotibiais e menor razão H: Q, consequentemente, maior risco de lesões nos joelhos.

Palavras-chave: treinamento de força; força muscular isométrica; assimetria bilateral; Razão H:Q.

Introduction

Resistance exercise (RE) is a systematic physical activity modality with the objective of increase muscle strength to overcome resistance ^{1,2}. Thus, RE have been suggested in sports guidelines aiming at improving physical conditioning, health and injury prevention ^{3,4}. This physical activity modality is a combination of dynamic actions and static effort with the principle of increasing muscle strength and power from multiple variables, such as: exercise order, rest interval between sets, exercise mode, training frequency, movement velocity, training volume, repetitions per set, number of sets, type of muscle action, and the load intensity that can all be manipulated to meet the training goals and individual differences in training needs ^{1,2,3,4}. On the other hand, there are differences of opinion whether the use of a RE program that consist of free-weights or machines is better for building muscle mass, strength and injury prevention. Free-weights utilize isotonic resistance that provides the same amount of resistance throughout the range of motion, thus free-weights allow for movement in multiple planes requiring balance ^{3,5}. However, the machines are a fixed-form exercise that is limited to moving through fewer planes with a stable environment ^{3,5}.

Muscle strength is defined as the maximum force generated by a muscle or a muscle group during maximal voluntary contraction against an resistance ^{1,2,3}. The methods to assessment maximal muscle strength can be recorded in different contraction regimens, such as isokinetic dynamometers or the most often applied isometric, concentric and eccentric contraction regimens ^{6,7,8}. Particularly, the isometric muscle strength testing involves a maximal voluntary contraction performed at a specific joint angle against an immovable resistance. Therefore, some studies have shown that the maximum isometric contraction of the quadriceps occurs at 70° of knee extension ⁹. On the other hand, values of the maximal isometric contractions occur at a fixed knee flexion position at 30° ⁷. Hence, measurement of isometric muscle strength is crucial for providing information regarding the muscular condition, functional capacity, muscle imbalance and the ratio between the peak torque of the hamstring (H) and the quadriceps (Q) measured during a concentric contraction (H:Q ratio) ^{6,7,8}.

The difference of strength between dominant legs (DL) vs. non-dominant leg (NDL) has been the topic of several studies that identified the bilateral asymmetry (BA) is detrimental to performance

increasing the risk of injury^{10,11}. Some studies report that BA higher than 10% results in a loss of muscle power, slower change of direction speed times, and increased risk of lower limb injuries^{12,13}. However, the strength asymmetries > 15% are four-to-five times more likely to sustain a hamstring strain and knee injuries¹⁴. In addition, the H:Q ratio provides important information about the optimal quadriceps and hamstring muscles functioning or muscle imbalances^{9,15}. Thus, H:Q ratio has been used to assess the risks of knee and hamstring injuries which values of <0.6 enhance these risks of injury^{15,16,17}. But, interestingly, in regard to isometric muscle strength of the thigh, BA between lower limbs and H:Q ratio the scientific literature shown a limited number of studies that have assessed resistance training models (Free-weight vs. Machine). Therefore, the purposes of this study were to assess the muscular strength of the knee extensors and flexors, BA and H:Q ratio between DL vs. NDL of males trained with free-weights vs. machines. It was hypothesized that RE with free-weights would contribute to greater isometric muscle strength, H:Q ratio and without BA.

Methods

Study design

This is a randomized comparative study. The sample size was determined by including all participants that complied with the eligibility criteria. All participants were practitioners of RE with free-weights or machines and underwent three tests to assess the isometric muscle strength of hamstring and quadriceps muscles. All tests were performed in a single assessment session. All assessment were taken in a temperature-controlled environment (temperature 21° C, 65% relative humidity) by a Hygro-Thermometer with Humidity Alert (Extech Instruments, Massachusetts, EUA). All assessments occurred between 2:00 and 4:00 P.M.

Participants

Thirty males were recruited and separated into two groups: Free-weights (28.2 ± 5.8 years; 174.8 ± 7.1 cm; 81.1 ± 5.6 kg; 12.2 ± 3.1%, n = 15) and Machines (27.2 ± 5.1 years, 177.2 ± 4.9 cm, 80.6 ± 6.1 Kg; 13.1 ± 3.8%, n = 15). All subjects practiced regularly RE 6.1 ± 1.2 days week⁻¹ and low aerobic training of 1.1 ± 0.3-day week⁻¹ with a total volume of 256.8 ± 9.8 minutes per week. Subjects with at least one year of RE experience were included to participate in the current study. Exclusion criteria included: (1) use of anabolic steroids, drugs, or medication with potential impact in physical performance (self-reported); (2) presence of lower limbs musculoskeletal injury in the past 6 months and (3) previous hip, knee, and/or ankle surgery.

The Free-Weights Group performed a routine of RE that engaged the whole body with resistance bands, free-weights, and medicine balls. The Machine Group did their training routine of the whole body only with use of machines. All subjects completed the Physical Activity Readiness

Questionnaire (PAR-Q). This study was approved by the Ethical Committee for Human Experiments of the Augusto Motta University Center and was performed in accordance with ethical standards in sport and exercise science research. All subjects were informed of the experimental procedures and gave written informed consent prior to participation. No clinical problems occurred during the study.

Anthropometric measurements

Body composition was measured following an 8-h overnight fast by bioelectrical impedance analysis using a device with built-in hand and foot electrodes (BIO 720, Avanutri, Rio de Janeiro, Brazil). The participants wore their normal indoor clothing and were instructed to stand barefoot in an upright position with both feet on separate electrodes on the device's surface and with their arms abducted and both hands gripping two separate electrodes on each handle of the device. All biometric measurements were carried out in an air-conditioned room (21°C). No clinical problems occurred during the study.

Isometric Muscle Strength Testing

The isometric muscle strength (IMS) was measured using a commercially available load cells (E-lastic, E-sporte Soluções Esportivas, Brasília, Brazil). The knee extensors and flexors in the dominant (DL) and nondominant leg (NDL) were tested concentrically. During knee extension and flexion tests the left and right ankles were individually secured by bands and fixed in the load cells (Figure 1). The tests were carried out by random sampling. Before of the isometric muscle strength testing test, all soccer players performed a warm-up exercise-for 10 min on stationary cycling (no resistance) with moderate velocity (70–80 rounds per minute).

The assessment for the knee extension was carried out in a sitting position. The participants sat on the chair with their knee initially positioned at 90°. Force values of the Maximal isometric contractions were measured at a fixed knee extension position at 70°⁹ (figure 1 A; B). On the other hand, the knee flexion assessment was initially performed with the subjects lying prone with an extended knee on a standard treatment table. Force values of the maximal isometric contractions were measured at a fixed knee flexion position at 30°⁷ (figure 1 C; D). All participants were stabilized with belts around the torso and pelvis to avoid compensatory movements in both tests (knee extension and flexion). Thus, only the knee to be tested was moving with a single degree of freedom. Participants performed three times of knees extension and three times of knee flexion for both knee and the highest value obtained from the three trials was used for statistical analysis.

Force values were registered during 5 seconds of maximal isometric contraction and rest interval of 60 secs between the trials. All tests (i.e., concentric contractions of the knee extensors and flexors) used a five-minute recovery between them. Isometric force data of load cell were simultaneously transferred via Bluetooth to a mobile cellphone (sample rate = 10 Hz). All participants were strongly encouraged to give a maximal effort for each action, and no subjects were excluded

through injury during the experimental procedure. This testing method has shown intra-rater reliability measures greater than 0.96.

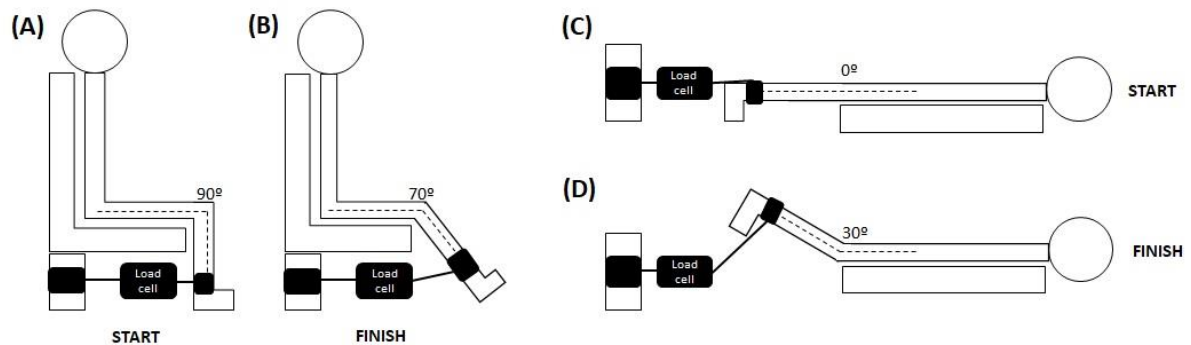


Figure 1. Schematic image of the Isometric muscle strength testing.

Statistical Analysis

All data are presented as mean $\pm$ standard deviation. Statistical analysis was initially performed using the Shapiro–Wilk normality tests and the homoscedasticity test (Bartlett criterion). To test the reproducibility between the tests, the intraclass correlation coefficient (ICC) was used. The mean values for the DL and NDL tests were evaluated with student's T test. The hamstring to quadriceps ratio (H:Q ratio) was calculated from the division of the strength hamstring muscles by the strength of the quadriceps in a concentric motion. The calculation of the bilateral asymmetry (BA) occurred from of the difference of IMS between DL and NDL divided by the IMS of DL and multiplied by 100. The level of statistical significance was set at an alpha level of $P < 0.05$ using GraphPad Prism® software (Prism 6.0, San Diego, CA, USA).

Results

All analyzed data presented normal distribution. Table 1 compares the isometric muscle strength of quadriceps and hamstring muscles among males trained with Free-weight vs. Machine. Assessment of the IMS of quadriceps and hamstring muscles for DL and NDL showed significant differences to Free-weight group when compared to Machine group (table 1). In addition, was observed a significant difference ($p < .03$) of the IMS of hamstring muscles between DL vs. NDL to machine group (table 1).

Table 1. Performance of isometric muscle strength among males trained with Free-weight vs. Machine group (n=30).¹

		Free-weight	Machine	Mean of differences (95% CI)	p<
IMS quadriceps (kg)	DL	57.1 ± 12.3	47.7 ± 8.3	9.4 (0.2 to 18.5)	< .04
	NDL	57.1 ± 9.3	48.9 ± 8.2	8.1 (0.1 to 16.1)	< .04
BA (%)		6.1 ± 4.8	8.2 ± 4.2	-	-
IMS hamstring (kg)	DL	35.1 ± 6.5	25.1 ± 5.3	10.1 (4.8 to 15.3)	< .001
	NDL	34.6 ± 6.1	26.7 ± 6.1*	7.8 (2.6 to 13.1)	< .006
BA (%)		6.9 ± 4.3	11.1 ± 3.6	-	-

*p< .03 significant difference between machine group (DL vs. NDL).

BA = Bilateral asymmetry.

IMS = Isometric muscle strength.

The H:Q ratio on DL ($p<.002$) and NDL ($p<.01$) was significantly higher to Free-weight group (DL= 0.62 ± 0.09 and NDL= 0.61 ± 0.09) when compared to Machine group (DL= 0.52 ± 0.05 and NDL= 0.54 ± 0.07) (Figure 2).

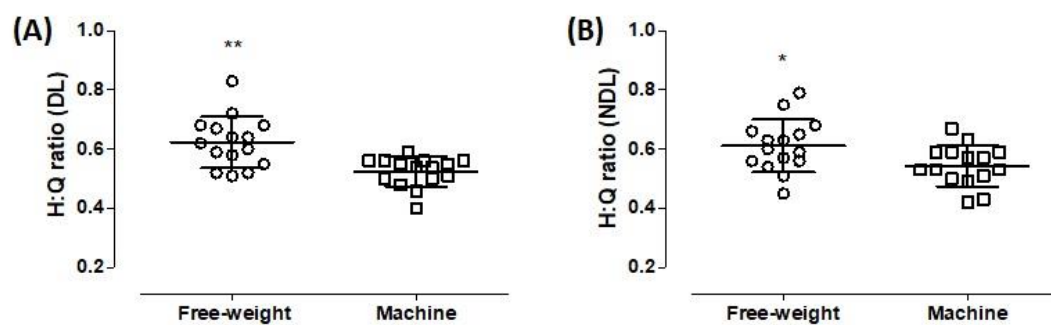


Figure 2. Mean ± SD values of H:Q ratio between free-weight group vs. machine group.

** $p<.002$

* $p<.01$

Discussion

This study aimed to assess the isometric muscle strength of hamstring and quadriceps muscles as much as H:Q ratio among males practitioners of RE with free-weights or machines. The main results obtained with this study were that (a) Free-weight group showed greater IMS of hamstring and quadriceps muscles for DL and NDL when compared to Machine group during the evaluation of the isometric muscle strength testing; (b) Free-weight group revealed a significant increase in H:Q ratio for DL and NDL.

The ability of force generation is related to the transverse section size, motor unit recruitment and action of synergist muscles ^{6,15}. Thus, the quantification of muscle strength becomes an essential component of the neuromuscular assessment being an important component of fitness and physical performance ^{6,10}. However, the decreased strength of the quadriceps and hamstring muscle contributed with decreases the ability to stabilize the knee, resulting in a faulty alignment of the lower extremity and high incidence of injury ¹⁸. Specifically, on the isometric muscle strength during contraction of the quadriceps and hamstring, our results showed that free-weight group had greater production of isometric strength than machine group for both DL and NDL. But there is a lack of studies comparing the isometric muscle strength of quadriceps and hamstring among free weights and machines. A possible explanation might be that the exercises on the machines contribute with movements made only in a single plane of motion and that ballistic movements are impossible to perform ^{5,19}. Thus, machine exercises stable environment, tend to facilitate exercise performance, reduces the participation of some synergist muscles, and favors the dominance of quadriceps or hamstring that negatively affect the knee by increasing strain on the anterior cruciate ligament (ACL) ^{19,20,21}. Conversely, free-weights exercises are compound variable resistance that provides a load which changes to match the ability of the musculoskeletal lever system to produce force throughout the range of motion ^{22,23}. In addition, free-weights exercise shown a more balanced quadriceps-to-hamstrings coactivation ratio by producing a compressive joint load that forces the articular surfaces together, consequently, resulting in less anteroposterior displacement of the tibia relative to the femur and minimizing ACL loading ^{20,24,25}.

The assessment of the isometric muscle strength between DL vs. NDL may suffer imbalanced between DL and NDL in subjects trained in machines because the increase in muscle activity contributes to the decrease of stability, asymmetry of muscle strength and may cause functional or even structural disproportionateness ²⁶. Our findings showed an asymmetry of muscle strength of 11% for hamstring muscles between DL vs. NDL during the IMS test in machine group. Scientific reported that increased risk of knee injury occurs when the strength asymmetries is equal or greater than 10% between DL vs. NDL which can be higher in the NDL than in the DL during unilateral dynamic movements ^{27,28}.

Muscular performance and reduce the risk of knee injury depend on the balance of the strength ratios of agonist and antagonist muscle groups ^{9,15}. Thus, the H:Q ratio describes knee-joint stability from of the absolute knee extension muscle force should exceed knee flexion force by a magnitude of 3:2, i.e., normative value of equal or greater than 0.60 ^{9,15,17}. In present study was observed that free-weight group showed value >0.60. On the other hand, the machine group showed values below 0.55. The scientific literature shows that a concentric H:Q ratio less than 0.55 (95% CI: 0.47-0.67) is associated with an increased risk of 4 times more likely to develop hamstring injuries and ACL rupture ^{11,17,28}. On the other hand, the value > 0.60 of the H:Q ratio (95% CI: 0.60 to 0.80) has been an adequate value for minimizing the risks of muscle and joint injuries ⁹. In addition, some studies

showed that the concentric H:Q ratio > 0.60 minimizes the risks of hamstring injuries and reduces the risk of anterolateral subluxation of the tibia^{16,17,29}. In general, the muscle imbalance between isometric muscle strength of hamstring and quadriceps muscles observed in the machine group may affect the joint reaction force passing through the knee, consequently, impairing the distribution of the joint reaction force across the medial and lateral condyle, epicondyles, menisci and cruciate ligaments^{7,30}. Thus, these findings have applications regarding the prescription of training for optimising physical development and minimising the risk of injury.

The limitation of the study is the absence of measures of physiological parameters and analysis of EMG signals, which would be interesting; this yet does not affect the answer to the study question. However, our sample was homogeneous although longitudinal studies are needed to define a cause-and-effect relationship among resistance training model, H:Q ratio, bilateral asymmetry and knee functional performance.

Conclusion

This study showed better isometric muscle strength of thigh (hamstring and quadriceps) and H:Q ratio in males trained with Free-weight. On the other hand, males trained with machine showed bilateral asymmetry of the hamstrings muscles and lower H:Q ratio, consequently, higher risk of knee injuries. These data contribute to the qualitative and quantitative understanding between resistance training models (Free-weight vs. Machine) in normal knee function. Thus, these assessments may be a helpful for coaches, physicians and physical therapists regarding neuromuscular performance and injury prevention.

References

1. Marocolo M, Marocolo IC, Cunha FSB, Mota GR, Maior AS. Influence of percentage of 1RM strength test on repetition performance during resistance exercise of upper and lower limbs. *Arch Med Deporte*. 2016;33(6):387–392.
 2. Baz-Valle E, Schoenfeld BJ, Torres-Unda J, Santos-Concejero J, Balsalobre-Fernández C. The effects of exercise variation in muscle thickness, maximal strength and motivation in resistance trained men. *PLoS One*. 2019;14(12):e0226989
 3. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(3): 687–708.
-

4. Faigenbaum AD, Myer GD. Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. *Br J Sports Med*. 2010;44(1):56-63.
 5. Stone M, Plisk S, Collins D. Training principles: evaluation of modes and methods of resistance training—a coaching perspective. *Sports Biomech*. 2002;1(1):79–103.
 6. Park HW, Baek S, Kim HY, Park JG, Kang EK. Reliability and Validity of a New Method for Isometric Back Extensor Strength Evaluation Using A Hand-Held Dynamometer. *Ann Rehabil Med*. 2017;41(5):793-800.
 7. Mendes B, Firmino T, Oliveira R, Neto T, Infante J, Vaz JR, Freitas SR. Hamstring stiffness pattern during contraction in healthy individuals: analysis by ultrasound-based shear wave elastography. *Eur J Appl Physiol*. 2018;118(11):2403-2415.
 8. Augustsson J, Bruno M, Swärd J. Development of a new isometric strength test using an isoinertial-based weight machine, *Adv Physio* 2010; 12(2): 81-86.
 9. Coombs R, Garbutt G. Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *J Sports Sci Med*. 2002;1(3):56-62.
 10. Bonetti LV, Floriano LL, dos Santos TA. Isokinetic performance of knee extensors and flexors in adolescent male soccer athletes. *Sport Sci Health* 2017; 13: 315–321.
 11. Gkrilias P, Zavvos A, Fousekis K, Billis E, Matzaroglou C, Tsepis E. Dynamic balance asymmetries in pre-season injury-prevention screening in healthy young soccer players using the Modified Star Excursion Balance Test-a pilot study. *J Phys Ther Sci*. 2018;30(9):1141-1144.
 12. Hoffman JR, Ratamess NA, Klatt M. Do bilateral power deficits influence direction-specific movement patterns? *Res Sports Med* 2007; 15: 1–8.
 13. Bell DR, Sanfilippo JL, Binkley N. Lean mass asymmetry influences force and power asymmetry during jumping in collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 2014; 28: 884–891.
 14. Croisier JL, Ganteaume S, Binet J. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med* 2008; 36:1469–1475.
 15. Sousa LA, Soares ALA, Lima AB, Paes RR, Nakamura LR, Carvalho HM. Modeling the Angle-Specific Isokinetic Hamstring to Quadriceps Ratio Using Multilevel Generalized Additive Models. *Medicina (Kaunas)*. 2019;55(8):411.
 16. Li RC, Maffulli N, Hsu YC, Chan KM. Isokinetic strength of the quadriceps and hamstrings and functional ability of anterior cruciate deficient knees in recreational athletes. *Br J Sports Med*, 1996; 30: 161-164.
 17. Torres G, Chorro D, Navandar A, Rueda J, Fernández L, Navarro E. Assessment of Hamstring: Quadriceps Coactivation without the Use of Maximum Voluntary Isometric Contraction. *Appl Sci*. 2020; 10(5):1615.
-

18. Faxon JL, Sanni AA, McCully KK. Hamstrings and Quadriceps Muscles Function in Subjects with Prior ACL Reconstruction Surgery. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2018;3(4):56.
 19. Morrissey MC, Hudson ZL, Drechsler WI, Coutts FJ, Knight PR, King JB. Effects of open versus closed kinetic chain training on knee laxity in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2000;8(6):343-8.
 20. Uçar M, Koca I, Eroglu M, Eroglu S, Sarp U, Arik HO, Yetisgin A. Evaluation of open and closed kinetic chain exercises in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Phys Ther Sci*. 2014; 26(12):1875-8.
 21. Da Silva EM, Brentano MA, Cadore EL, De Almeida APV, Kruel LFM. Analysis of muscle activation during different leg press exercises at submaximum effort levels. *J Strength Cond Res* **2008**, 22; 1059–1065.
 22. [Welch N](#), [Moran K](#), [Antony J](#), [Richter C](#), [Marshall B](#), [Coyle J](#), [Falvey E](#), et al. The effects of a free-weight-based resistance training intervention on pain, squat biomechanics and MRI-defined lumbar fat infiltration and functional cross-sectional area in those with chronic low back. [BMJ Open Sport Exerc Med](#). 2015;1(1):e000050.
 23. [Baroni BM](#), [Pompermayer MG](#), [Cini A](#), [Peruzzolo AS](#), [Radaelli R](#), [Brusco CM](#), [Pinto RS](#). Full Range of Motion Induces Greater Muscle Damage Than Partial Range of Motion in Elbow Flexion Exercise with Free Weights. [J Strength Cond Res](#). 2017;31(8):2223-2230.
 24. Beynnon BD, Johnson RJ, Fleming BC, Stankewich CJ, Renstrom PA, Nichols CE. The strain behavior of the anterior cruciate ligament during squatting and active flexion-extension: a comparison of an open and a closed kinetic chain exercise. *Am J Sports Med*. 1997;25(6):823–829.
 25. Begalle RL, Distefano LJ, Blackburn T, Padua DA. Quadriceps and hamstrings coactivation during common therapeutic exercises. *J Athl Train*. 2012;47(4):396-405.
 26. Martín-Fuentes I, Oliva-Lozano JM, Muyor JM. Evaluation of the Lower Limb Muscles' Electromyographic Activity during the Leg Press Exercise and Its Variants: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(13):4626.
 27. Daneshjoo A, Rahnama N, Mokhtar AH, Yusof A. Bilateral and unilateral asymmetries of isokinetic strength and flexibility in male young professional soccer players. *J Hum Kinet*. 2013;36:45-53.
 28. Wang J, Fu W. Asymmetry between the dominant and non-dominant legs in the lower limb biomechanics during single-leg landings in females. *Adv Mechan Eng* 2019; 11(5): 1–8.
 29. Raunest J, Sager M, Burgener E. Proprioceptive mechanisms in the cruciate ligaments: an electromyographic study on reflex activity in the thigh muscles. *J Trauma*, 1996; 41: 488-493
 30. Goldblatt JP, Richmond JC. Anatomy and biomechanics of the knee. *Operat Tech Sports Med* 2003; 11(3): 172–186.
-

Acknowledgments

The investigators would like to thank the 30 healthy males that participated in the study. The study was supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazil (CAPES), Finance Code 001.

ORCID dos autores:

Prof.Dr.Alex Souto Maior: <https://orcid.org/0000-0002-3005-0135>

Endereço para correspondência: Alex SoutoMaior, PhD.
Augusto Motta University Center - UNISUAM
Postgraduate Program in Rehabilitation Sciences
Praça das Nações, 34 - Bonsucesso
ZIP Code 21041010 - Rio de Janeiro, RJ – Brasil
E-mail: alex.bioengenharia@gmail.com

5 Considerações Finais

5.1 Síntese

Este estudo mostrou melhor força muscular isométrica da coxa (isquiotibiais e quadríceps) e relação I:Q em homens treinados com pesos livre. Por outro lado, homens treinados com máquinas apresentaram assimetria bilateral dos músculos isquiotibiais e menor relação I:Q, conseqüentemente, maior risco de lesões nos joelhos. Esses dados contribuem para o entendimento qualitativo e quantitativo entre os modelos de treinamento resistido (Peso livre vs. Máquina) na função normal do joelho. Assim, essas avaliações podem ser úteis para treinadores, médicos e fisioterapeutas no que diz respeito ao desempenho neuromuscular e prevenção de lesões.

Apêndice 1 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Resolução nº466, de 10 de dezembro de 2012. Conselho Nacional de Saúde)

Projeto: INVESTIGAÇÃO DA ASSIMETRIA MUSCULAR DOS MEMBROS INFERIORES ENTRE PRATICANTES DE EXERCÍCIOS DE FORÇA COM PESOS LIVRES vs. MÁQUINAS.

Breve justificativa e objetivos da pesquisa: Este trabalho tem o seguinte objetivo: O objetivo do presente estudo será avaliar a assimetria muscular nos membros inferiores e a força nos extensores do joelho e flexores do joelho em praticantes de exercícios físico com máquinas ou pesos livres.

Procedimentos desta pesquisa: Se você aceitar participar deste estudo, será preenchido um questionário de prontidão para a prática de atividade física (PAR-Q), além do preenchimento deste termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), cujo lhe será fornecido uma via deste termo. Serão feitas avaliações nos extensores dos joelhos, flexores do joelho e saltos verticais. As análises serão feitas em sua totalidade no mesmo dia.

Potenciais riscos e benefícios: Os testes de força muscular dos extensores e flexores dos joelhos pode resultar em dores musculares logo após e tempos depois, além disso, pode apresentar riscos de lesões articulares e/ ou musculares. Ocorrendo qualquer intercorrência ortopédica, será disponibilizado um veículo para leva-lo ao pronto socorro, e sendo necessário, você será ressarcido de eventuais danos a sua saúde e/ ou lesões. Benefícios esperados e todos os resultados, você terá acesso, tanto aos resultados quanto à força dos músculos extensores e flexores do joelho durante o teste, além de possíveis desequilíbrios musculares nos membros inferiores.

Garantia de sigilo, privacidade, anonimato e acesso: Sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa de qualquer forma lhe identificar, serão mantidos em sigilo. Será garantido o anonimato e sua privacidade. Caso haja interesse, o senhor (a) terá acesso aos resultados do estudo.

Garantia de esclarecimento: É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como a garantia do seu livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências.

Garantia de responsabilidade e divulgação: Os resultados dos exames e dos dados da pesquisa serão de responsabilidade do pesquisador, e esses resultados serão divulgados em meio científico sem citar qualquer forma que possa identificar o seu nome.

Garantia de ressarcimento de despesas: Você não terá despesas pessoais em qualquer fase do estudo, nem compensação financeira relacionada à sua participação. Em caso de dano pessoal diretamente causado pelos procedimentos propostos neste estudo, terá direito a tratamento médico, bem como às indenizações legalmente estabelecidas. No entanto, caso tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, haverá ressarcimento mediante depósito em conta-corrente ou cheque ou dinheiro. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da sua participação no estudo, você será devidamente indenizado, conforme determina a lei.

Sobre a recusa em participar: Caso queira, o senhor (a) poderá se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar-se, não sofrendo qualquer prejuízo à assistência que recebe.

Contato do pesquisador responsável e do comitê de ética: Em qualquer etapa do estudo você poderá ter acesso ao profissional responsável, GEFERSON HONORATO DA SILVA, que pode ser encontrada no telefone (21) 983434212. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP): Praça das Nações, nº 34 - Bonsucesso, Rio de Janeiro - RJ, Tel.: (21) 3882-9797 - ramal: 2015; e-mail: comitedeetica@unisua.edu.br.

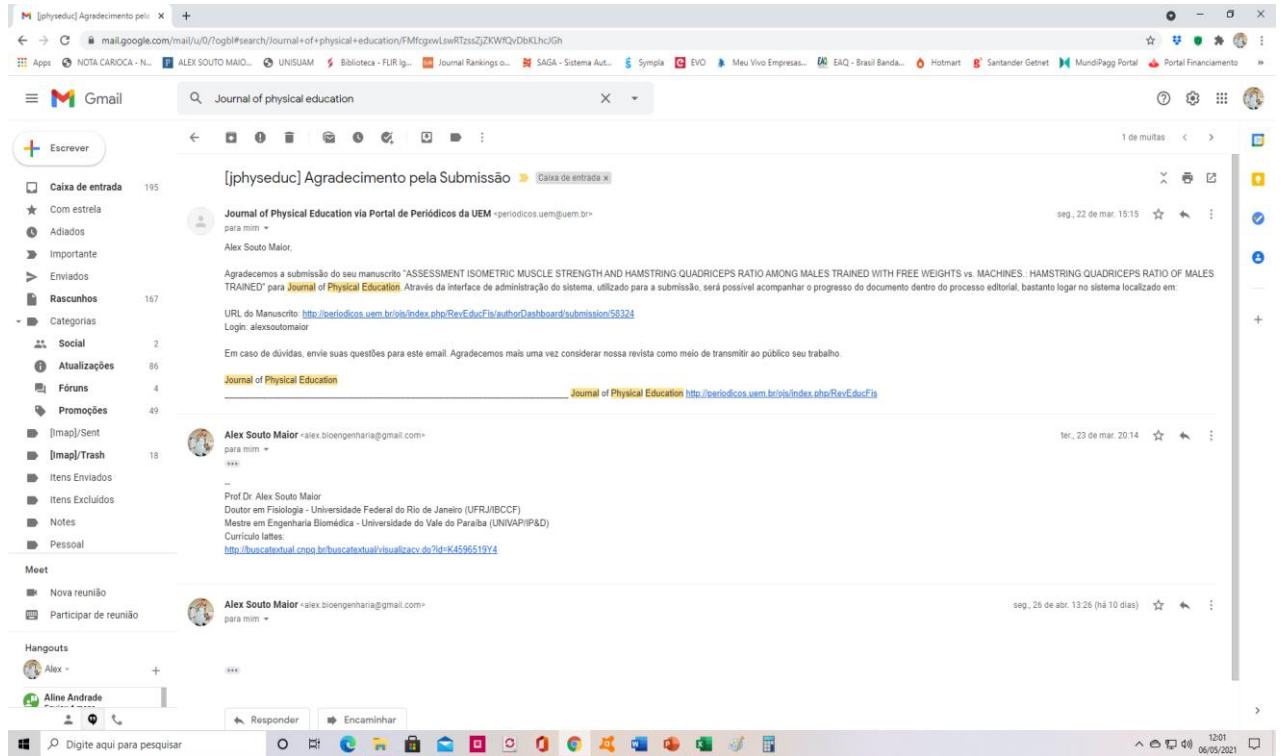
Se este termo for suficientemente claro para lhe passar todas as informações sobre o estudo e se o senhor (a) compreender os propósitos do mesmo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Você poderá declarar seu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente das propostas do estudo.

Rio de Janeiro, ____ de _____ de _____

Nome e assinatura do participante ou seu responsável legal

Nome e assinatura do responsável por obter o consentimento

Apêndice 2 – Submissão do manuscrito



Apêndice 3 - Parecer do comitê de ética e pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DA RAZÃO ISQUIOTIBIAIS: QUADRÍCEPS ENTRE HOMENS TREINADOS COM PESOS LIVRES vs. MÁQUINAS.

Pesquisador: GEFERSON HONORATO DA SILVA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 43821321.2.0000.5235

Instituição Proponente: SOCIEDADE UNIFICADA DE ENSINO AUGUSTO MOTTA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.692.883

Apresentação do Projeto:

Exercícios de força (EF) são efetivos para potencializar a força, potência, resistência e hipertrofia muscular. No entanto, há controvérsias sobre a prescrição de um programa de EF com pesos livres (PL) ou máquinas (MQ) para minimizar os riscos de lesões e melhora do desempenho físico. Serão selecionados 28 sujeitos, fisicamente ativos e separados em dois grupos distintos. Todos os indivíduos serão praticantes regular de EF no mínimo 5 dias na semana e baixo treinamento aeróbico. Todos os sujeitos realizarão três contrações voluntárias isométricas máximas (CVIM) nos movimentos de extensão e flexão de joelhos com auxílio do dinamômetro portátil (E-lastic; Brasília; Brasil). Todas as CVIM foram sustentadas por 5 segundos, 90 segundos de intervalo entre as contrações e 180 segundos de intervalo inter-membros. Espera-se diferença significativa entre PL vs. M em relação à assimetria de quadríceps, assimetria de isquiotibiais e razão I/Q. Homens praticantes de EF com MQ apresentam significativa assimetria muscular nos membros inferiores, assim, potencializando risco de lesões musculares.

Objetivo da Pesquisa:

Investigar e comparar a assimetria muscular dos membros inferiores entre homens praticantes de EF com PL vs. MQ.

Endereço: Rua Dona Isabel, 94, TEL: (21)3882-9797 (Ramal: 9943)
Bairro: Bonsucesso **CEP:** 21.032-060
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9797 **E-mail:** comitedeetica@sou.unisuam.com.br



CENTRO UNIVERSITÁRIO
AUGUSTO MOTTA/ UNISUAM



Continuação do Parecer: 4.692.883

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O pesquisador explicita riscos e benefícios no projeto e no TCLE.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa inclui os documentos solicitados pelo Comitê de Ética: 1- a folha de rosto foi devidamente preenchida, assim como TCLE e projeto; 2- a identificação do pesquisador foi realizada; 3- o título do projeto expressa o teor da pesquisa; 4- o autor embasa e justifica a pesquisa através de bibliografia pertinente e atualizada; 5- o objetivo geral foi previsto; 6- metodologia de pesquisa, método de coleta de dados e instrumento de análise dos dados foram explicitados; 7- o pesquisador apresenta cálculo ou justificativa para o tamanho da amostra; 8 e 9- critérios de exclusão da pesquisa foram explicitados; 10- riscos e benefícios foram previstos tanto no projeto quanto no TCLE; 11- não se aplica; 13- os critérios de suspensão da pesquisa foram previstos; 14- o orçamento figura entre as informações básicas e no projeto; 15- o local e o momento de realização das entrevistas foi indicado; 16- o pesquisador descreve os meios de divulgação dos resultados; 17- o TCLE prevê ressarcimento e amparo ao entrevistado em caso de necessidade; 18- o pesquisador cita a Resolução nº 466/12, do Conselho Nacional de Saúde, no TCLE e no projeto; 19- o cronograma indica as etapas de coleta.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE figura entre os documentos apresentados. Quanto à estrutura e conteúdo, o termo apresenta o título da pesquisa logo abaixo do título da folha, além de ser redigido em parágrafos sem quebras; o texto foi redigido em linguagem acessível, assim como o objetivo da pesquisa; expõe os procedimentos e cita os possíveis desconfortos e riscos relativos aos procedimentos; os benefícios esperados foram apresentados; informa sobre os procedimentos para recusa ou desistência sem prejuízo, assim como sobre o compromisso em ressarcir possíveis gastos realizados pelos entrevistados; o pesquisador explicita o compromisso com a divulgação dos resultados; inclui explicação a respeito da responsabilidade dos pesquisadores sobre os resultados obtidos, informando os dados da instituição e do Comitê de Ética para eventuais contatos; respeita os espaços para inclusão do nome e assinatura dos entrevistados, mas inclui parágrafos nos termos, quebrando a sequência do documento. O pesquisador informa os critérios para suspensão da pesquisa. A Resolução nº 466/12, do Conselho Nacional de Saúde foi mencionada.

Recomendações:

Nenhuma recomendação a fazer.

Endereço: Rua Dona Isabel, 94, TEL: (21)3882-9797 (Ramal: 9943)
Bairro: Bonsucesso **CEP:** 21.032-060
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9797 **E-mail:** comitedeetica@sou.unisiam.com.br