

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO-SENSU* EM
EDUCAÇÃO FÍSICA

ANÁLISE DO EQUILÍBRIO MUSCULAR DO JOELHO EM
PRATICANTES DE CROSSFIT, MUSCULAÇÃO E SEDENTÁRIOS

Flávio Chrispim Junker

BRASÍLIA

2017

ANÁLISE DO EQUILÍBRIO MUSCULAR DO JOELHO EM
PRATICANTES DE CROSSFIT, MUSCULAÇÃO E SEDENTÁRIOS

FLÁVIO CHRISPIM JUNKER

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Física.

ORIENTADORA: MARIA CLAUDIA PEREIRA

Dedico esse trabalho aos meus pais Beatriz Chrispim Junker
e David Bretanha Junker pelo suporte contínuo

“O temor do Senhor é o princípio da sabedoria”

Provérbios 1.7a

AGRADECIMENTOS

Deixei essa parte para ser a última a ser escrita do trabalho. Queria tentar colocar no papel a gratidão que sinto a cada pessoa que me ajudou, participou ativamente do mestrado ou que simplesmente se importou e me perguntou como estava indo. Por diversas vezes eu não sabia exatamente como responder, considerei desistir, mas saber que tantas pessoas estavam ali para o meu suporte, me ajudava a continuar. Para algumas pessoas as palavras fluem mais em português e outras em inglês, mas abaixo quis tentar lembrar de cada passo que me levou até aqui e simplesmente agradecer.

Agradeço primeiramente a Deus, que me abriu as portas para essa oportunidade, mesmo antes de eu saber.

Sou eternamente grato aos meus pais. Thank you for pushing me to way past what I thought to be my limits and comfort zone so that I could be a little closer to becoming all the you dream me for me. To you, all my love and recognition for your love and constant prayers.

Agradeço demais à Claudinha, minha orientadora. Foi minha professora na primeira disciplina da graduação, me acompanhou nas minhas indecisões quanto ao que fazer após o curso e me auxiliou durante todo o mestrado. Quando me perguntavam se ainda estava me orientando, com você morando em outra cidade, já dizia logo que preferia 1000 vezes você orientando à distância do que qualquer outra pessoa aqui na mesma cidade. Muito obrigado por todas as páginas vermelhas de correções, as broncas, as conversas nas horas que eu pensei em desistir, os conselhos, aquele semestre com a turma de cinesiologia, as conversas no Skype... Não tenho palavras para agradecer todo o carinho e suporte. Tenho somente graças e desejos que Deus possa te retribuir infinitamente mais.

Rebeca you were the one opening the way and setting a freaking high standard. Thank you for, even if unconsciously, pushing me and teaching me to in all things, do it whole heartily as to the Lord and not unto man. You are a blessing to me and I wish to become more like you.

Agradeço à Natália, a caçula da casa. Você é pequena só em estatura, porque em seu coração cabe o mundo. Obrigado por todos os momentos de companheirismo e também todos os momentos que fechou a porta para que eu pudesse estudar sem precisar ouvir sua música haha. Você estava lá ao final de cada dia bom ou ruim, e por isso sou grato.

Tenho que agradecer imensamente ao Professor Jake. Mesmo com uma agenda apertada, entre aulas e reuniões sem fim, tirava um tempo para me auxiliar em todas as etapas desses dois últimos anos. Não posso agradecer somente por aceitar ser da banca da qualificação e defesa, mas também por todo o auxílio durante a coleta com as horas extras, por todos os desafios de Matlab durante as disciplinas da graduação e também no mestrado e que me trouxeram confiança para fazer esse estudo.

Preciso também agradecer ao Valdinar por todo o auxílio com os dados brutos e o processamento dos mesmos. Não somente isso, mas a ajuda lá no início com os artigos científicos, quando ainda buscava o que estudar, e por ainda estar presente no final e aceitar ser parte da minha banca do mestrado.

Não posso deixar de agradecer a Paula e a Érica pelo auxílio nas coletas piloto. Agradeço também aos colegas de laboratório, até mesmo por aqueles momentos que estava cansado e simplesmente sentávamos para conversar.

Queria agradecer à Fernanda Teles e ao Samuel Vidal, que me ajudaram lá no início quando ainda estava tentando montar o meu pré-projeto, e também durante, quando eu tinha qualquer dúvida sabia que podia sempre contar com vocês. Obrigado.

Agradeço aos meus amigos Rodrigo e Paulo, por todo o auxílio durante esse tempo. Obrigado por acreditarem em mim e me permitirem fazer parte dessa família.

Quero agradecer aos meus familiares e amigos, pela compreensão durante esse tempo. Sei que não pude comparecer a tudo o que me chamaram, não estive lá em alguns almoços ou saídas. Não sei quantas vezes ouvi dos meus tios e avós que eu estava muito sumido, que não aparecia mais e que fiz falta. Sei que perdi muita coisa, mas agradeço por não desistirem de mim.

Preciso agradecer, ainda, a todos as voluntárias do meu piloto das coletas e aos voluntários que puderam participar da coleta de dados. Agradeço também a todos os que, mesmo não se encaixando na amostra, auxiliaram a espalhar a notícia, compartilhando o cartaz e forçando os amigos a vir ajudar (né Tomé haha). A todos vocês que se dispuseram e se apresentaram para ajudar, meu muito obrigado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
SIGLAS, ABREVIACÕES E SÍMBOLOS	IX
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO GERAL	4
2.1. Objetivos Específicos	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 Treinamento resistido	5
3.2 CrossFit.....	6
3.2.1 Lesões no CrossFit.....	12
3.3 Razão I/Q.....	21
4. MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1 Procedimentos.....	26
4.2 Amostra	27
4.3 Teste de Pico de Torque.....	28
4.4 Análise Estatística.....	30
5. RESULTADOS	31
6. DISCUSSÃO	34
7. CONCLUSÃO	39
8. REFERÊNCIAS	40
ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	45
ANEXO II – ANAMNESE	48

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Caracterização dos grupos estudados (média ± DP)	31
Tabela 2 – Razão I/Q (média ± DP) de membros dominante e não-dominante para os grupos estudados	32
Tabela 3 – Diferença bilaterais de quadríceps e isquiotibiais (média ± DP) para os grupos estudados	32
Tabela 4 – Pico de torque relativo (PT/BW) de quadríceps e isquiotibiais de membros dominante e não-dominante para os grupos estudados	33

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Procedimentos da coleta de dados	27
Figura 2: Posicionamento do voluntário assentado no Biodex 4 durante os testes	28

SIGLAS, ABREVIACOES E SÍMBOLOS

1-RM	Uma Repetição Máxima
ACSM	American College of Sports Medicine
AMRAP	As Many Repetitions As Possible
ART	Treinamento Aeróbico e Resistido de Intensidade Média
CON	Conctrico
DB	Diferena Bilateral
EXC	Exctrico
FMS	Functional Movement Screen
HIFT	Treinamento Funcional de Alta Intensidade
LCA	Ligamento Cruzado Anterior
LPO	Levantamento de Peso Olímpico
NSCA	National Strength and Conditioning Association
PT	Pico de Torque
PT/BW	Pico de Torque relativo  Massa Corporal
Razão I/Q	Razão Isquiotibiais/Quadríceps
SDT	Sedentários
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TR	Treinamento Resistido
TRC	Treinamento Resistido CrossFit
TRM	Treinamento Resistido Musculação
VO2	Consumo máximo de oxignio
WOD	Workout of the day

RESUMO

Um das modalidades de treinamento resistido que mais tem crescido nos últimos anos é o CrossFit, contudo, são poucos os estudos com a população que pratica essa modalidade. Dentre os estudos existentes, o tema mais frequentemente encontrado é o de lesões, com a articulação do joelho sendo umas das partes corporais mais lesionadas. Um teste comumente utilizado para predição de lesões no joelho é a Razão Isquiotibiais/Quadríceps (razão I/Q), que avalia o equilíbrio entre os músculos flexores e extensores do joelho. O objetivo do estudo foi analisar o equilíbrio muscular da articulação do joelho em adultos praticantes de CrossFit, musculação e sedentários. Participaram do estudo 47 homens saudáveis (idade: $25,81 \pm 6,2$ anos, massa: $81,24 \pm 14,86$ kg) alocados em grupo de praticantes de musculação (TRM), grupo de praticantes de CrossFit (TRC) e grupo de sedentários (SDT). Picos de torque, coletados em um dinamômetro isocinético, foram utilizados para cálculo da razão I/Q. As comparações entre grupos foram realizadas por meio de ANOVA *one way*. Não foram encontradas diferenças significativas entre grupos para a razão I/Q de membro dominante. Entretanto, a razão I/Q de membro não-dominante foi significativamente maior no grupo TRC comparado ao grupo TRM ($p < 0,05$). Também o pico de torque relativo à massa corporal no quadríceps foi significativamente maior no grupo TRM comparado ao grupo SDT e o pico de torque relativo à massa corporal nos isquiotibiais foi maior no grupo TRC comparado ao grupo SDT. Acredita-se, portanto, que possíveis lesões de joelho, frequentemente ocorridas entre praticantes de treinamento resistido, estejam mais provavelmente relacionadas à técnica de execução dos exercícios em si, que ao equilíbrio muscular.

Palavras-chave: Treinamento Resistido, Razão Isquiotibiais/Quadríceps, Lesão de Joelho

ABSTRACT

One of the types of resistance training that has grown most in recent years is CrossFit. However, there are few studies with that practice this kind of training. Among existing studies, the most frequently encountered theme is that of injuries, with the knee joint being one of the most injured body parts. A commonly used test for knee injury prediction is the Hamstring to Quadriceps Strength Ratio (H/Q ratio), which assesses the imbalance between the knee flexor and extensor muscles. The aim of the study was to analyze the muscular imbalance of the knee joint in adults who do CrossFit, traditional weight training and sedentary men. Forty seven healthy men (age: 25.81 ± 6.2 years, mass: 81.24 ± 14.86 kg) participated in the study and were allocated in groups of men who do traditional weight training (TRM), who do CrossFit (TRC) and sedentary (SDT). Peak torques, collected on an isokinetic dynamometer, were used to calculate the H/Q ratio. Comparisons between groups were made using one way ANOVA. No significant differences were found between groups for the dominant leg's H/Q ratio. However, the non-dominant H/Q ratio was significantly greater in the TRC group compared to the TRM group ($p < 0.05$). Also, the relative peak torque in the quadriceps was significantly greater in the TRM group compared to the SDT group and the relative peak torque in the hamstrings was significantly greater in the TRC group compared to the SDT group. It is therefore believed that possible knee injuries, often occurring among resistance-training individuals, are probably more related to poor technique and not to muscle imbalance.

Keywords: Resistance training, Weight training, Hamstring/Quadriceps ratio, CrossFit, Knee Injury

1. Introdução

O treinamento resistido (TR) é um método de treinamento bastante disseminado nos dias atuais, inclusive recomendado por renomadas organizações de saúde como o *American College of Sports Medicine* (ACSM) e a *American Heart Association* (Kraemer; Ratamess, 2004). A musculação, método de treinamento que utiliza aparelhos e pesos livres, é o tipo de TR mais comum e vastamente estudado, sendo frequentemente utilizado em intervenções ou em grupos controles de estudos. Recentemente, outros métodos de TR têm sido propostos e da mesma forma têm atraído o interesse de pesquisadores a fim de investigar os efeitos crônicos e agudos de sua prática.

Um desses métodos é o CrossFit. Esse método começou com o ginasta Greg Glassman ao perceber que se cansava muito mais com uma rotina de dois minutos nas argolas do que com um treino de musculação. A partir disso, então, ele decidiu montar seus próprios treinos combinando movimentos da ginástica com movimentos do levantamento olímpico e outros movimentos funcionais. O CrossFit é uma metodologia de treinamento que tem crescido bastante no Brasil e no mundo. Greg Glassman começou a sua companhia no ano 2000 e hoje já são mais de 13.000 *box* (como é chamada a academia de CrossFit) afiliados espalhados pelo mundo. O CrossFit games de 2016, competição anual da modalidade, em que a primeira parte foi aberta a participantes de todo o mundo, contou com 324.307 inscritos, de adolescentes a idosos, com competidores de ambos os sexos em todas as faixas etárias (Glassman, 2016). Possivelmente os treinos dessa modalidade atraem novos praticantes a cada dia por serem realizados em um curto período de tempo, com movimentos funcionais de alta intensidade e constantemente variados. Apesar do grande apelo pela modalidade, há um fator que dificulta a realização de estudos científicos com treinos de CrossFit. Por ter em seu tripé de base a

constante variação de estímulos, a reprodutibilidade de estudos crônicos com essa modalidade pode ser comprometida. Os treinos do CrossFit geralmente envolvem uma mistura de diferentes movimentos, indo desde lançamentos de *medicine ball* até o arranque do levantamento olímpico (Bellar et al., 2015). É por essa gama de movimentos que é difícil enquadrar o CrossFit em apenas um treino que o represente. A maior parte dos estudos realizados com o CrossFit se deu a partir de dados de um ou dois treinos, o que não é suficiente para a generalização dos resultados observados. Na literatura são quase nulos os estudos crônicos como os de Smith et al. (2013) e Heinrich et al. (2014) que realizaram uma intervenção com a modalidade do CrossFit. Esse fato faz com que sua prática fique atrelada, em grande parte, a conceitos empíricos ou fundamentos teóricos advindos de outras modalidades do treinamento resistido tradicional com características distintas.

A grande popularidade do CrossFit pode estar relacionada ainda a uma das modalidades que servem como base nos treinos: o Levantamento de Peso Olímpico (LPO). A explicação para o uso do LPO é, segundo Glassman (2002), devida à percepção da habilidade única desse esporte em desenvolver a potência, controlar objetos externos ao corpo e dominar padrões de recrutamento motor. Essa modalidade, porém, pode levar à desequilíbrios musculares. Existem alguns métodos para avaliar o desequilíbrio muscular na produção de força entre músculos antagonistas e agonistas, sendo a Razão Isquiotibiais/Quadríceps (razão I/Q) talvez a mais comum quando se trata da articulação do joelho (Grygorowicz et al., 2001).

Da Silva et al. (2013) descrevem que a razão I/Q também tem sido utilizada com a finalidade de prever lesões, permitindo avaliar o equilíbrio muscular do joelho através da razão de produção de força entre os músculos isquiotibiais e o quadríceps femoral. Santos et al. (2014) afirmam que quando essa razão é inferior a 0,4, aumenta-se, assim, a instabilidade no joelho, sobrecarregando principalmente o ligamento cruzado anterior (LCA). A razão de força dos

músculos do joelho mais comumente utilizada tem sido a chamada razão I/Q concêntrica (Coombs; Garbutt, 2002), que é calculada mensurando o pico de torque no movimento concêntrico tanto dos isquiotibiais quanto do quadríceps femoral. Existem estudos que utilizaram variações dessa medida, como a chamada razão I/Q funcional (Santos et al., 2014; Tourny-Chollet; Leroy, 2002), que avalia o movimento excêntrico para os isquiotibiais e o movimento concêntrico para o quadríceps femoral. Além disso, no estudo de Lanferdini et al. (2010) é possível se deparar com outra variação para o cálculo da razão I/Q, que se baseia apenas em movimentos excêntricos.

Talvez o valor que tem sido considerado “ideal” para a razão I/Q, encontre-se longe da realidade, ao indicar que grande parte dos indivíduos estudados estejam predispostos à lesão. Dessa forma, a literatura ainda carece de estudos realizados principalmente com amostras maiores e de diferentes populações, com a finalidade de se entender melhor qual valor de razão I/Q pode ser usado para se determinar o equilíbrio entre a musculatura antagonista e agonista do joelho. Acredita-se, também, ser de grande valia a comparação de valores de razão I/Q entre praticantes ou não de algum tipo de atividade física. Mais especificamente, não foram encontrados até o momento estudos que mensurassem essa razão I/Q em praticantes de CrossFit, embora o número de adeptos dessa modalidade tenha crescido de forma relevante nos últimos anos. Esses resultados podem contribuir para mudanças de treinos em que fraquezas musculares e possíveis propensões a lesões seriam trabalhadas com maior consciência e responsabilidade por parte de treinadores.

Portanto, visando auxiliar na caracterização das populações de praticantes de CrossFit, musculação e sedentários, o objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos da prática de diferentes modalidades de treinamento resistido no equilíbrio muscular da articulação do joelho em jovens adultos.

2. Objetivo Geral

Analisar o equilíbrio muscular da articulação do joelho em adultos praticantes de CrossFit, musculação e sedentários.

2.1. Objetivos Específicos

1) Comparar o pico de torque relativo à massa corporal (PT/BW) entre indivíduos ativos praticantes de CrossFit, ativos praticantes de musculação e sedentários.

2) Comparar a razão I/Q entre indivíduos ativos praticantes de CrossFit, ativos praticantes de musculação e sedentários.

3) Comparar as diferenças bilaterais (DB) entre membros inferiores de indivíduos ativos praticantes de CrossFit, ativos praticantes de musculação e sedentários.

3. Revisão de Literatura

3.1 Treinamento resistido

Treinamento resistido (TR) é qualquer modelo de prática de atividade física que se utiliza de sobrecarga. Dentre as várias modalidades que o TR engloba, a mais comumente praticada é a musculação. A musculação é frequentemente utilizada sozinha, mas também como meio de ganhos de força e resistência para atletas de outras modalidades esportivas. Assim como qualquer treinamento exige uma progressão, indo de níveis mais baixos para níveis mais altos, no TR não é diferente. Segundo Kraemer et al. (2002), para que haja uma progressão no TR torna-se necessária a manipulação correta de diversas variáveis, como a escolha dos exercícios, a sobrecarga, o número de séries, o número de repetições, o tempo de descanso entre séries, o número de treinos por semana, entre outras.

Dentre as variáveis agudas do treino, uma das mais estudadas é a sobrecarga dos exercícios (Kraemer; Ratamess, 2004). A prescrição de sobrecarga no TR é geralmente realizada a partir de uma repetição máxima (1-RM), ou a partir de algum percentual desse 1-RM (Shimano et al., 2006). Quanto mais próxima a sobrecarga for de 1-RM, menor será o número de repetições que o sujeito conseguirá realizar, porém o número exato de repetições, no mesmo percentual, poderá variar entre diferentes tipos de exercícios (Hoeger et al., 1987; Hoeger et al., 1990). A ACSM indica um período inicial de 3-4 meses de adaptação (Kraemer et al., 2002), porém a partir desse ponto os treinos podem sofrer alterações em qualquer uma das variáveis, dependendo do objetivo para cada indivíduo.

Os benefícios do TR são avaliados principalmente nos ganhos de força muscular, potência, hipertrofia e resistência muscular localizada, apesar de o TR poder gerar benefícios em outras capacidades físicas como velocidade, agilidade,

equilíbrio e flexibilidade (Kraemer et al., 2002). Para que o treino gere os resultados desejados em uma determinada variável, são selecionadas as intensidades específicas em que serão realizados os exercícios. A intensidade do treino afetará não só a sobrecarga, mas as demais variáveis que a acompanham. Essa intensidade tem sido recomendada pelo *American College of Sports Medicine* – ACSM e baseia-se em diferentes estudos científicos. Exemplo disso é a utilização de estudos como o de Kraemer e Ratamess (2004), onde são descritas diferentes recomendações para treinos de força, hipertrofia e potência, tanto para iniciantes como para nível intermediário. Nesses estudos são definidas as faixas de trabalho das variáveis de treino para que se obtenham os resultados desejados.

Uma das características do TR é que os treinos seguem uma periodização com variações planejadas para períodos específicos (Kraemer et al., 2002). Essa variação permite que o estímulo de treinamento se mantenha em um nível ótimo e pode ocorrer em uma ou diversas variáveis ao mesmo tempo. Os treinamentos de curto prazo geram benefícios que não necessariamente continuarão ocorrendo se o treino durar um período mais longo, e para isso variações precisam ocorrer (Kraemer; Ratamess, 2004). Apesar da manipulação dessa variação do treino ter também o objetivo de manter o estímulo dos praticantes, a variação do treino não acontece tão frequentemente na musculação quanto em outras modalidades de TR. Portanto, devido a essa e outras diversas razões, nos últimos anos a tradicional musculação tem perdido bastante de seus praticantes para outros métodos de treinamento com treinos mais dinâmicos, como o CrossFit.

3.2 CrossFit

Segundo Greg Glassman, criador do CrossFit, o método é descrito como movimentos funcionais constantemente variados e realizados em alta intensidade.

A grande adesão de seus membros aos treinos pode estar relacionada a fatores como treino em grupo e maior prazer na atividade física (Heinrich, et al., 2014). Em seu estudo, Heinrich e colaboradores (2014) dividiram indivíduos com sobrepeso em dois grupos: grupo que realizou treinamento aeróbico e resistido de intensidade moderada (ART) (n=11) e o grupo que realizou treinamento funcional de alta intensidade (HIFT) (n=12). A adesão e o prazer da atividade física foram mensurados, sendo que a expectativa era de que a adesão fosse mais baixa quando a intensidade fosse mais alta, já que isso impactaria o prazer de realizar atividade. Ao final do estudo a adesão dos grupos foi quase a mesma, com apenas dois indivíduos desistindo do grupo ART e três do grupo HIFT. No entanto, o grupo que treinou com maior intensidade apresentou maior prazer ao praticar a atividade física. Os resultados encontrados no estudo de Heinrich et al. (2014) indicam que exercício funcional de alta intensidade pode ter um papel mais relevante no prazer de se exercitar comparado a um treino considerado mais tradicional e de intensidade moderada.

No CrossFit o treino possui uma estrutura que dura em média uma hora, tendo um período de aquecimento, uma parte de força ou técnica e ao final vem o treino do dia, em inglês “*workout of the day*” (WOD), sendo que essa é a parte mais intensa e dura de 10-30 minutos (Butcher et al., 2015). Os treinos são compostos por uma grande variedade de exercícios indo desde corrida e remo, à movimentos de LPO (arranque e arremesso), *powerlifting* (agachamento, supino, levantamento terra e desenvolvimentos), movimentos da ginástica (barras, movimentos nas argolas, flexões, abdominais, apoios, subidas nas cordas e agachamentos unilaterais). Esses exercícios do WOD são realizados em alta intensidade com pouco ou, dependendo do treino, nenhum descanso entre as séries (Weisenthal et al., 2014). O WOD pode ter vários formatos, como um determinado número de repetições a ser realizado no melhor tempo ou o máximo de repetições

possível durante um tempo fixo em inglês “*as many repetitions as possible*” AMRAP (Smith et al., 2013). Esses formatos de WOD permitem que uma turma de pessoas com diferentes níveis de experiência e habilidade realizem o mesmo treino, respeitando-se a individualidade de cada sujeito. Para isso, o treinador pode simplificar o movimento ou modificar a sobrecarga do exercício, de forma a permitir que todos os alunos consigam realizar o WOD sem perder a característica de um treino intenso.

Essa adaptabilidade de um treino é particularmente importante em ambientes de grupo, pois permite que pessoas com menor nível de habilidade e/ou capacidade física ou cardiorrespiratória possam realizar o mesmo treino que atletas de alto nível. A adaptação de movimentos de maior grau de técnica permite que iniciantes possam trabalhar para melhorar a força e técnica necessárias para executar o movimento em sua total complexidade, além de incentivar o sentimento de comunidade já que não exclui ninguém do treino, não importando a dificuldade (Montalvo et al., 2017). Esse sentimento de comunidade também pode ser uma das razões por trás do crescimento na popularidade do CrossFit nos últimos anos. Whiteman-Sandland et al. (2016) descrevem que praticantes de CrossFit relataram experimentar maior sentimento de ligação (desenvolver amizades) e de pertencer a uma comunidade, comparados à praticantes de musculação.

Uma das bases do CrossFit é ter seus treinos constantemente variados. Essa característica é provavelmente um dos maiores atrativos para praticantes de outras modalidades esportivas, apesar de possivelmente ser uma das principais razões do baixo número de estudos a respeito dessa modalidade. Estudos realizados na modalidade com intervenção de longo prazo oferecem baixa reprodutibilidade por não mencionarem exatamente de que forma foram treinados os praticantes. Apesar disso, ainda existem alguns poucos estudos como o de Smith et al. (2013) que buscou investigar os efeitos de 10 semanas de treinos de potência em alta

intensidade na mudança da composição corporal e no VO_2 máximo. O estudo utilizou 54 voluntários de vários níveis de condicionamento físico, todos praticantes de CrossFit do mesmo *box* no estado de Ohio EUA. Foi tomado o cuidado de que todos os voluntários permanecessem com a mesma dieta desde antes do início do estudo até após a conclusão do protocolo de treinamento. A intervenção utilizou WODs variando do estilo por tempo e AMRAP, com tempo variando de 10 a 20 minutos. O estudo encontrou mudanças significativas entre o teste pré-intervenção e pós-intervenção no aumento do VO_2 máximo dos sujeitos e também diminuição significativa do percentual de gordura corporal em todos os níveis de condicionamento físico estudados.

A maioria, porém, dos estudos relacionados à modalidade de CrossFit encontrados na literatura investigou apenas variáveis agudas pós-treino. Alguns desses estudos utilizaram um dos treinos padrão, também conhecido como “*benchmark*”, que são os treinos criados pela CrossFit e já conhecidos pelo nome. Esses treinos são repetidos de tempos em tempos para acompanhar a evolução individual nos treinos. Um desses estudos foi o de Butcher et al. (2015) que utilizou atletas de alto nível para realizar três treinos conhecidos (Fran, Cindy e Grace) e mais um treino de pura força no CrossFit chamado CrossFitTotal (1-RM de agachamento, 1-RM de desenvolvimento e 1-RM de levantamento terra). Os atletas realizaram cada um dos treinos com 48 horas de descanso entre eles e após isso realizaram testes para ver se alguma das variáveis fisiológicas avaliadas poderia estar relacionada com o resultado nos treinos selecionados. A hipótese do estudo de Butcher et al. (2015) era de que o limiar anaeróbio, limiar aeróbio, consumo máximo de oxigênio, potência e capacidade anaeróbia e/ou CrossFitTotal estariam correlacionados com o resultado dos atletas nos treinos. Foi encontrada uma correlação somente entre os treinos Fran (21-15-9 de agachamento com desenvolvimento e barra fixa) e Grace (30 *Clean and Jerk*) com os resultados no

CrossFitTotal. Esses treinos são baseados em movimentos do LPO e provavelmente por isso tiveram correlação com o CrossFitTotal. Nenhuma outra variável teve correlação com algum dos treinos selecionados. O terceiro treino selecionado para a pesquisa, Cindy (20' AMRAP de 5 barras fixas, 10 apoios, 15 agachamentos), não teve correlação alguma com as variáveis estudadas. A provável razão para isso é que o último treino é composto somente por movimentos da ginástica, movimentos só com o peso corporal e diferente dos outros é um treino muito mais longo ao invés de um treino curto e com cargas mais elevadas.

Outro estudo que utilizou a modalidade do CrossFit e, no entanto, investigou somente variáveis agudas após um treino, foi a dissertação de mestrado da Paine Babiash (2013). Em seu estudo Babiash comparou o gasto energético e a intensidade relativa de exercício de dois treinos do CrossFit. O objetivo do estudo foi verificar se os treinos do CrossFit estudados seguiam as orientações de intensidade relativa do exercício e de gasto energético feitas pelo *American College of Sports Medicine*. Participaram do estudo 15 voluntários adultos com experiência prévia em treinos intervalados de alta intensidade ou em treinamentos com pesos em formato de circuito. Os voluntários foram primeiramente submetidos a um teste de esforço em esteira para mensuração do batimento cardíaco máximo e consumo máximo de oxigênio. Em outra visita realizaram dois treinos criados por um treinador de CrossFit com exercícios e número de repetições pré-estabelecidos, que deveriam ser realizados no menor tempo possível. Foram mensurados o batimento cardíaco, consumo máximo de oxigênio e a percepção subjetiva de esforço ao final de cada treino. Os voluntários relataram que os treinos foram cansativos, com uma média de 16 na escala de borg. Os resultados do estudo apontaram que durante os treinos os voluntários tiveram um batimento cardíaco médio de 90% do máximo a partir da primeira série e o

consumo de oxigênio ficou próximo a 85% do máximo. O estudo, portanto, encontrou que para esses treinos a orientação de intensidade relativa do exercício e o gasto energético ficaram dentro do recomendado pelo ACSM para o aumento da resistência cardiorrespiratória.

A grande popularidade do CrossFit pode estar relacionada ainda a uma das modalidades que servem como base nos treinos: o Levantamento de Peso Olímpico Kraemer e Ratamess (2004), descrevem que os exercícios do LPO, por serem multiarticulares, são considerados os mais efetivos para aumento de força muscular e potência, ao requererem rápida produção de força para completar com sucesso cada repetição. Segundo Smith et al. (2013), treinamentos de potência em alta intensidade podem levar a ganhos até no metabolismo aeróbico do praticante, com dispêndio de tempo relativamente curto, quando comparados a treinos aeróbicos tradicionais.

Os movimentos do LPO, comumente trabalhados em treinamentos de CrossFit, são multiarticulares e trabalham tanto os trilhos anatômicos anteriores quanto os posteriores. Tais movimentos são considerados complexos e exigem uma técnica apurada, podendo ser mais facilmente desenvolvida por indivíduos que possuem grande estabilidade durante o movimento. Indivíduos mais estáveis contam com um maior grau de equilíbrio muscular e acabam por exigir menores correções, levando a menores acelerações desnecessárias e a um menor trabalho realizado para corrigir o movimento (Baumann et al., 1988). Vários iniciantes do CrossFit, independente de possuírem ou não um equilíbrio entre a musculatura envolvida no movimento, aprendem essa mesma técnica de LPO. Ao tentar aprendê-la, alguns desses praticantes podem necessitar realizar mudanças nos movimentos do LPO para compensar o próprio desequilíbrio muscular proveniente de fraquezas musculares, falta de flexibilidade ou impossibilidades anatômicas. Baratta e seus colaboradores (1988) dizem que são consideravelmente maiores as

chances de lesão durante o exercício quando não há equilíbrio entre a produção de força de um músculo agonista hipertrofiado em relação ao seu antagonista envolvido em determinado movimento.

Os estudos que buscaram analisar a modalidade em relação aos efeitos agudos ou até mesmo crônicos encontraram resultados, de um modo geral, positivos. No entanto, no âmbito do cotidiano, a questão do risco de lesão associada à prática do CrossFit continua sendo pauta frequente, apesar de apenas dois estudos (Hak et al., 2013; Weisenthal et al., 2014), até o início de 2016, segundo Keogh e Winwood (2017) terem investigado acerca dessa temática.

3.2.1 Lesões no CrossFit

Um dos primeiros estudos que investigou o CrossFit foi o de Smith et al. (2013), que buscou analisar se o treinamento de CrossFit alteraria o VO_2 máximo e a composição corporal dos voluntários. O estudo encontrou melhoras significativas na capacidade aeróbia máxima e na composição corporal dos voluntários de ambos os sexos em todos os níveis de aptidão física. Apesar desses resultados, não foi a resposta ao objetivo do estudo que mais deu voz a ele, e sim o número de desistências por parte dos participantes e as razões para isso entre o início do estudo e o fim. O estudo menciona que teve início com 54 sujeitos e terminou com 43, sendo que as intervenções duraram apenas 10 semanas. Os autores citam que dos 11 sujeitos que abandonaram o estudo, dois desistiram por falta de tempo e que os outros nove (16% do total de sujeitos) abandonaram o estudo declarando lesão decorrente do treinamento. Esse estudo foi um dos primeiros a mencionar um índice de lesão entre praticantes de CrossFit e a concluir que o riscos *versus* benefícios desse tipo de treino deve ser levado em conta, devido ao alto nível de desistência por motivo de lesão. O estudo de Smith et al. (2013), por ser um dos

pioneiros, foi usado desde então como base para diversas outras pesquisas realizadas na área que investiga acerca de lesões no esporte (Weisenthal et al., 2014; Sprey et al., 2016; Moran et al., 2017; Montalvo et al., 2017; Klimek et al., 2017). Entretanto, o alto índice de abandono da intervenção por motivo de lesão, causou grande estranheza por parte da CrossFit e do *box* de CrossFit aonde o estudo foi realizado, o que acabou culminando em diversas ações judiciais contra os autores do artigo e também contra a *National Strength and Conditioning Association* (NSCA), associação responsável pela revista que publicou o artigo. Em outubro de 2015, quase dois anos após a publicação do estudo, a revista *Journal of Strength and Conditioning Research* que publicou o artigo, lançou uma errata que dizia que 10 dos 11 sujeitos que abandonaram o estudo foram ouvidos novamente e mencionaram suas razões para abandono do estudo. A errata continuou dizendo que apenas dois desses sujeitos afirmaram que não realizaram o pós-teste por motivo de lesão ou outra condição de saúde. A revista, então, concluiu a errata dizendo que o índice de lesão apresentado no estudo não deveria ser levado em questão. No entanto, as ações judiciais não tinham terminado e em junho de 2017, após vários confrontos na justiça entre a NSCA associação responsável pelo *Journal of Strength and Conditioning Research* e a CrossFit, ficou decidido que foram usadas falsas evidências no estudo com o intuito de atrapalhar a CrossFit, o que culminou com a recente retração do artigo por parte da revista.

No mesmo ano ainda foi publicada a pesquisa de Hak et al. (2013) que teve o objetivo de analisar a natureza e a prevalência das lesões durante o treino de CrossFit. Os dados foram extraídos de questionários respondidos online, que haviam sido distribuídos em fóruns de CrossFit na internet. Foram respondidos 132 questionários, e desses, 97 afirmavam já terem sofrido algum tipo de lesão durante o treino, assim o percentual de sujeitos que respondeu a pesquisa como tendo

sofrido uma lesão foi de 73,5%, o que pode ser considerado um dado alarmante. Para essa pesquisa foi considerada lesão qualquer ferimento que impedisse o sujeito de treinar, trabalhar ou competir por qualquer período de tempo.

A pesquisa de Hak et al. (2013) foi importante por contribuir para o entendimento da modalidade e de seus praticantes. Foi coletado o tempo de prática da modalidade e a frequência semanal de treinos. A partir desses dados o autor chegou a uma taxa de lesão de 3,1 a cada 1000 horas de treino para a amostra estudada. Essa taxa foi bastante parecida com a taxa de lesão de atletas de alto nível de LPO, calculada no estudo de Calhoun e Fry (1999). Em seu estudo, Calhoun e Fry (1999) encontraram uma taxa de 3,3 lesões a cada 1000 horas de treino. Foi considerada lesão qualquer evento que impedisse pelo menos um treino. Os dados foram coletados a partir de registros dos treinos, competições e *training camps*. Todos foram comprovados por alguém da área médica, e foram coletados em um período de seis anos. Nesse estudo com atletas de alto nível, 90,5% dos casos impediram o atleta de treinar pelo período de um dia ou menos. O estudo de Hak et al. (2013) também conseguiu auxiliar quem trabalha com o CrossFit por ser a primeira pesquisa a dar um norte quanto aos locais com maior prevalência de lesões. O fato de a modalidade ter em sua base a ginástica artística e o LPO, os dois locais que tiveram maior número de lesões foram os ombros, durante exercícios de hiperextensão da ginástica ou exercícios com a barra acima da cabeça do LPO e a lombar, durante exercícios do LPO. Esses dados também foram compatíveis com os locais de maior índice de lesão do estudo de Calhoun e Fry (1999) em atletas de LPO.

No entanto, a pesquisa de Hak et al. (2013) teve várias limitações que podem ter influenciado no alto índice de lesões do estudo. O que mais chama a atenção é que o questionário tinha sido colocado em um *link* em fóruns online de CrossFit que foram selecionados a partir de uma pesquisa do Google, pesquisando os termos

“*CrossFit Forum*”. A participação já não seria muito fidedigna por não ser um lugar que muitas pessoas frequentam normalmente. Além disso, se alguém sofreu uma lesão e foi procurar mais sobre isso em algum fórum ela estaria mais propensa a responder o questionário do que alguém que não sofreu uma lesão e estaria no fórum por entretenimento. O estudo cita isso, cita também o fato de que por ser um questionário de retrospecto, pessoas poderiam esquecer-se do evento e por último que as lesões citadas não foram documentadas por médicos.

Outro estudo importante nessa temática e realizado com a população de praticantes de CrossFit foi o de Weisenthal et al. (2014). Esse estudo também foi realizado por meio de questionários, porém contou com respostas obtidas em diversos *box* das cidades de Rochester, Nova Iorque e Pennsylvania, além de ter sido disponibilizado em uma postagem no próprio *site* da CrossFit. Tal fato gerou uma maior abrangência no preenchimento dos questionários comparado ao estudo de Hak et al.(2013). Ao todo foram respondidos 486 formulários, dos quais 386 cumpriram os critérios de inclusão. O questionário foi restringido à praticantes de CrossFit que treinassem em *box* afiliado, nos Estados Unidos, e que tivessem pelo menos seis meses de experiência na modalidade. O questionário continha perguntas acerca de dados demográficos, características dos participantes (como sexo, idade, tempo de experiência, cargas máximas nos levantamentos do LPO), além da incidência e características das lesões ocorridas nos últimos seis meses. O objetivo do estudo foi buscar associações entre o local da lesão com os movimentos realizados e entre a taxa de lesão e as demais variáveis (sexo, idade, duração do período de treino como iniciante, envolvimento do treinador no treino, tempo de treino, frequência de dias de descanso semanal, e tempo de experiência). A definição de lesão utilizada no estudo teve três critérios baseados em período de tempo. Foi considerada lesão qualquer dor, sensação ou lesão que resultassem em pelo menos um dos seguintes critérios: 1) afastamento total dos treinos de CrossFit

e atividades diárias por mais de uma semana, 2) necessidade de modificação das atividades normais do treino quanto à duração, intensidade ou tipo por mais de duas semanas, 3) qualquer queixa física grave o suficiente para justificar uma visita a um profissional de saúde. A explicação para os períodos de tempo utilizados se baseiam primeiramente na característica da modalidade de possuir treinos constantemente variados, o que pode levar os participantes a estarem frequentemente doloridos por alguns dias devido a um treino particularmente difícil. Para que os participantes da pesquisa não confundissem essa dor muscular com lesão, o período de uma semana foi indicado por fisioterapeutas esportivos como um período em que a suspeita de dor muscular passa a ser suspeita de lesão. A explicação do segundo critério é que dada a variedade de movimentos na modalidade, se algum praticante não pode realizar os treinos com os movimentos prescritos por alguma dor pontual, modificações em parte ou no treino inteiro são permitidas. A partir dos testes piloto foi observado que a maioria dos praticantes apontou o período de duas semanas como sendo o ponto em que se ainda houvesse sintomas, seria necessária uma atenção médica. Com esses três pontos os autores entenderam que conseguiriam captar as lesões agudas e crônicas ocorridas nos últimos seis meses. Esse estudo também cita que as informações de lesões, incluindo os diagnósticos, foram auto-relatadas e não necessariamente diagnosticadas por um profissional da saúde.

Weisenthal e colaboradores (2014) citam ainda que 75 participantes tiveram pelo menos uma lesão decorrente de um treino de CrossFit, o que correspondeu a 19,4% dos participantes da pesquisa. Desses 75 indivíduos, 63 tiveram uma lesão, 10 tiveram duas lesões e dois tiveram três lesões no período de seis meses que antecederam o preenchimento do questionário. Ao buscar relacionar o índice de lesões às demais variáveis estudadas, a única relação que chegou a ser estatisticamente significativa foi entre o sexo do participante e a chance de lesão.

Nessa relação, os homens apresentaram maior risco de lesão do que as mulheres. No que se refere à característica das lesões, o índice de lesões foi significativamente diferente entre as partes do corpo estudadas. As partes mais lesionadas foram ombro (21/84), lombar (12/84) e joelho (11/84). Quanto aos tipos de movimento, nos movimentos da ginástica a maior incidência de lesões foi nos ombros (7/17) e nos movimentos de *powerlifting* a maior incidência de lesões aconteceu na lombar (9/19). O estudo também registrou que os tipos de lesões mais comuns foram inflamação e dor (25/84) assim como estiramento muscular e distensão (14/84). Esse estudo possui alta relevância e tem sido bastante utilizado como base para outros estudos na literatura. A relevância do mesmo pode estar ligada ao fato de ter contado com uma grande amostra e também por ter relacionado os tipos e locais das lesões às diferentes modalidades de movimentos dos treinos de CrossFit, entre eles *powerlifting*, LPO, ginástica e resistência cardiorrespiratória.

Mais recentemente, o estudo de Sprey et al. (2016) foi o primeiro estudo sobre lesões no CrossFit realizado no Brasil. O objetivo do estudo foi traçar o perfil dos praticantes de CrossFit no país, incluindo histórico de atividades esportivas, rotina de treinamento e incidência de lesões durante seus treinos. Os autores buscaram ainda identificar possíveis associações entre essas variáveis e o risco de lesão entre os voluntários. O estudo foi realizado por meio de questionários online enviados por email para 250 donos e professores de *box* de CrossFit no Brasil com o pedido de que repassassem para seus alunos. Os autores receberam respostas de 54 *box* diferentes, totalizando 622 questionários respondidos e 566 selecionados pelos critérios de inclusão do estudo. A pesquisa foi pioneira no Brasil e abraçou a necessidade de se descrever a população de praticantes dessa modalidade. O questionário incluía dados como sexo, idade, nível de atividade física necessária no trabalho, histórico de práticas esportivas prévias

ao CrossFit, frequência semanal de atividades físicas previamente ao CrossFit, frequência semanal de treinos, tempo de experiência na modalidade, rotina de treinos atual, prática esportiva concomitante ao CrossFit, acompanhamento de profissional da saúde e motivação para o início na modalidade. Para avaliação das lesões, os autores utilizaram a mesma definição de lesão e os três possíveis desfechos usados no estudo de Weisenthal et al. (2014). Dos 566 voluntários da pesquisa, 176 mencionaram ter sofrido alguma lesão durante os treinos. Desse total de indivíduos que sofreu lesão, 74 relataram “qualquer queixa física grave os suficiente para justificar uma visita a um profissional de saúde”, 59 indicaram a “necessidade de modificação das atividades normais do treino quanto à duração, intensidade ou tipo por mais de duas semanas” e 42 indicaram o “afastamento total dos treinos de CrossFit e atividades diárias por mais de uma semana”. Os autores observaram ainda que a única variável que apresentou relação estatisticamente significativa com o risco de lesão foi o tempo de prática do CrossFit, onde indivíduos com experiência maior que seis meses tiveram maior chance de lesão comparada aos indivíduos com tempo inferior a seis meses.

O estudo de Moran et al. (2017) foi o primeiro de coorte relacionado a lesões em praticantes de CrossFit e que utilizou o *Functional Movement Screen* (FMS) em sua metodologia. O objetivo do estudo foi avaliar o risco de lesão associado ao treinamento do CrossFit e investigar a influência de diversos possíveis fatores de risco de lesão. Para isso utilizou uma ferramenta quantitativa de avaliação de movimentos funcionais, o FMS. No FMS são realizados sete testes e cada um é pontuado com notas de 0 a 3, sendo “0” indicativo de presença de dor e “3” quando o movimento é realizado sem nenhuma compensação, totalizando um resultado máximo de 21 pontos. Dos sete testes realizados no FMS, cinco deles avaliam cada membro separadamente, permitindo a comparação entre membros e a avaliação de possíveis assimetrias. Como um dos tripés do CrossFit são os movimentos

funcionais, foi hipotetizado que padrões ruins de movimentos iriam aumentar o risco de lesão quando fossem realizados sob carga e/ou fadiga. O estudo teve duração de 12 semanas e uma amostra de 117 participantes sendo 66 homens e 51 mulheres. Os participantes seguiam o mesmo programa de treinos e eram todos maiores de 18 anos. No início da pesquisa, cada voluntário respondeu a um questionário com perguntas que incluíam: idade, sexo, altura, peso, histórico de lesões nos últimos seis meses, presença dos treinadores nos treinos, experiência prévia com LPO ou ginástica e frequência semanal média. O estudo considerou lesão qualquer reclamação de dor ocorrida durante um treino de CrossFit e que tenha resultado no participante não poder completar treinos inteiros sem a necessidade de adaptação. A localização da lesão e o tipo também foram registrados por treinadores ou pesquisadores e a gravidade das lesões foi determinada pelo número de dias sem realizar o treino sem adaptação. Moran et al. (2017) reportaram ao final das 12 semanas uma taxa de lesão de 2,1 a cada 1000 horas de treino, com uma ocorrência total de 15 lesões. A gravidade média das lesões foi de 15 dias e a mediana ficou em sete dias de treinos com alguma adaptação. Os resultados do estudo mostram que os riscos de lesão foram maiores em homens que sofreram alguma lesão nos seis meses anteriores e que apresentaram uma maior assimetria nos testes entre membros do FMS. Foi também reportado que as regiões que mais sofreram lesões foram lombar (5/15), joelho (3/15) e punho (2/15). A maioria das lesões foi caracterizada como aguda (11/15) e o restante como gradual (4/15). A causa mais comum de lesões foram os exercícios do LPO e seus acessórios (13/15), a saber: agachamento (7/15), levantamento terra (3/15), desenvolvimento (2/15) e arranque (1/15).

Montalvo et al. (2017) estudaram também a frequência e localização das lesões em praticantes de CrossFit. Seu estudo foi realizado em quatro *box* afiliados, alcançando um total de 255 praticantes. Dos 255 abordados, 191 responderam ao

questionário, resultando em uma taxa de respostas de 75%. Os autores citam esse dado por acreditar que isso possa ter sido uma das falhas dos estudos de Hak et al. (2013) e Weisenthal et al. (2014), ao fazerem uso de questionários retrospectivos na internet, sem fornecer dados sobre quantas pessoas viram e não decidiram responder, o que pode ter influenciado seus resultados. O questionário utilizado foi dividido em três partes: 1) participação no CrossFit (experiência, frequência semanal em dias de treino e horas e presença ou não de aquecimento e volta à calma nos treinos), 2) Lesões nos últimos seis meses, e 3) dados demográficos, biométricos e relacionados ao histórico de exercício (nível de atividade física antes do CrossFit, motivação para iniciar a modalidade, atividade física fora do CrossFit e a participação em competições de CrossFit). Para esse estudo, lesão foi definida como qualquer dano a uma parte do corpo que causasse em perda ou modificação de uma ou mais sessões de treino ou que impedisse atividades da vida diária. No questionário os participantes tinham uma figura de um corpo para que colocassem um “X” no local da lesão. Assim como no estudo de Hak et al.(2013) as lesões foram auto-relatadas e não necessariamente diagnosticadas por um profissional da saúde. Dos 191 participantes do estudo de Montalvo et al. (2017), 50 responderam que tiveram alguma lesão, sendo que 12 desses citaram mais de uma lesão no período de seis meses. A taxa de lesão do estudo foi de 2,3 lesões a cada 1000 horas de treino. A partir das diferenças entre participantes com e sem lesão, o estudo classificou as seguintes variáveis como fator de risco para: anos de participação no CrossFit; número de horas de treino semanal; exposição semanal ao CrossFit; altura e peso. O estudo separou os participantes entre competidores (que participavam de competições de CrossFit) ou não. Foi observado que os competidores tiveram maior associação com lesões. O resultado foi bastante afetado por esse grupo ter maior número de horas semanais de treinos. Todas as demais variáveis, inclusive sexo, não resultaram em diferença significativa, assim

como no estudo de Moran et al. (2017). Quanto à descrição das lesões, as três partes corporais mais frequentemente lesionadas foram ombros (14/62), joelho (10/62) e lombar (8/62). As lesões também foram separadas em pré-existentes (regiões lesionadas mais de uma vez) e primeira lesão ligada diretamente à participação no CrossFit, sendo 11 pré-existentes, e 47 das 62 lesões do estudo sendo lesões primárias. O estudo ainda cita que a maioria das lesões foram agudas enquanto 22/62 lesões foram crônicas.

É possível perceber nos diversos estudos encontrados na literatura e aqui descritos a existência de uma grande variação entre as definições de lesão utilizadas. Também vale destacar que a maioria dos estudos descreve que as lesões foram auto-relatadas e não necessariamente diagnosticadas por um profissional da saúde. Além disso, a incidência de lesão apresentou grande variação (16%-73,5%), o que pode ser explicada pelos diferentes tamanhos de amostra e metodologias utilizadas a cada estudo. No entanto, não houve grande variação nas taxas de lesão por 1000h de treino. Essa variável não parece ter sido afetada diretamente pelas diferentes metodologias empregadas e ficou entre 2,1 e 3,3, o que é considerada uma taxa compatível com outras modalidades esportivas como LPO, ginástica e *powerlifting* e mais baixa do que em modalidades esportivas como *hockey*, basquetebol, futebol e *rugby* (Moran et al., 2017).

3.3 Razão I/Q

Na busca por diminuir o índice de lesões em cada esporte, são frequentemente realizados testes de triagem com a finalidade de avaliar ou até mesmo acompanhar as condições físicas que o atleta se encontra. Uma dessas variáveis para se compreender o grau de equilíbrio muscular da articulação do joelho tem sido a razão Isquiotibiais/Quadríceps (razão I/Q).

A razão I/Q é uma medida utilizada para avaliar o desequilíbrio muscular de músculos antagonistas/agonistas do joelho (Grygorowicz et al., 2010). A maneira mais comum de calculá-la é através do pico de torque (PT) de contrações concêntricas dos isquiotibiais dividido pelo PT do quadríceps em contrações concêntricas (Rosene et al., 2001). Para as medidas de PT dos músculos envolvidos, é importante que as duas contrações sejam mensuradas na mesma velocidade angular, já que a razão I/Q é dependente da velocidade de execução do movimento (Grygorowicz et al., 2001; Coombs; Garbutt, 2002; Lopes et al., 2010; Rosene et al., 2001; Tourny-Chollet; Leroy, 2002). Em velocidades angulares mais baixas a razão I/Q apresenta valores mais baixos e esses valores aumentam conforme se aumenta a velocidade (Rosene et al., 2001; Tourny-Chollet; Leroy, 2002). Além de testes dinâmicos realizados em dinamômetros isocinéticos de forma concêntrica, a razão I/Q pode ser calculada de forma excêntrica ou isométrica. Quando utilizando o PT isométrico, a razão varia de acordo com a angulação escolhida.

A razão I/Q tida como convencional é calculada de forma concêntrica nos isquiotibiais e concêntrica no quadríceps (CON/CON), como no estudo de Rosene et al. (2001), ou, ainda pode ser calculada de forma excêntrica nos isquiotibiais e excêntrica no quadríceps (EXC/EXC) como nos estudos de Santos et al. (2014) e Lanferdini et al. (2010). Existe ainda a chamada razão I/Q funcional, que utiliza medida excêntrica nos isquiotibiais e medida concêntrica no quadríceps (EXC/CON) (Aagaard et al., 1998; Tourny-Chollet; Leroy, 2002). Além dessas formas de se calcular a razão I/Q, Aagaard e colaboradores (1985) propuseram a razão funcional inversa (CON/EXC) também encontrada nos estudos de Dvir et al. (1989) e de Tourny-Chollet e Leroy (2002).

O protocolo de razão I/Q funcional (EXC/CON) pode ser escolhido no lugar do protocolo convencional (CON/CON), mais comum, por se aproximar de uma

contração normal, em que um músculo será o agonista e o outro antagonista que fará a co-ativação durante o mesmo exercício (Coombs et al., 2002). Para Aagaard e seus colaboradores (1998), o fato de os dois atuarem no mesmo momento e não um ser o agonista em um momento e depois em outro momento as funções trocarem, a razão I/Q funcional seria considerada mais realista. Aagaard et al. (1998) verificaram, ainda, que testes com razão I/Q funcional têm valores mais altos do que os testes convencionais, independente da velocidade de execução. Coombs e Garbutt (2002) descrevem que no teste com razão I/Q funcional, uma razão de 1,0 tem sido classificada como um ponto de igualdade, indicando que os isquiotibiais atuando excentricamente conseguem frear completamente a ação concêntrica do quadríceps.

Segundo Grygorowicz et al. (2001), a razão I/Q é dependente da velocidade de movimento, da angulação do joelho e das características da amostra observada como idade e gênero. Na literatura ainda não existe um consenso quanto ao valor ideal da razão I/Q convencional (Coombs; Garbutt, 2002). De acordo com Coombs e Garbutt (2002), nos testes convencionais têm sido encontrados valores de razão desde 0,43 a 0,9, apesar de variarem de acordo com a velocidade angular, posição e população escolhida. Coombs e Garbutt (2002) também mencionam em seu artigo de revisão o valor de 0,6 tem ganhado uma grande aceitação em diversos estudos quando a medição é realizada em modo isocinético e com uma velocidade angular de 60°/s. Apesar de ser citado como um “valor ideal” de razão I/Q por esses autores, diversos estudos não obtiveram a média de suas populações atingindo uma razão I/Q de 0,6 quando o teste foi realizado também a 60°/s (Benck et al., 2016; Da Silva et al., 2013; Ferreira et al., 2008; Rosene et al., 2001). Rosene et al. (2001) afirmam que ainda é difícil generalizar, mas os valores mais comuns são entre 0,4 e 0,8, sendo os mais altos encontrados em testes com velocidades angulares mais altas. E quando os estudos utilizaram velocidades

angulares mais altas os valores da razão tenderam a ser mais altos (Coombs; Garbutt, 2002; Rosene et al., 2001; Lopes et al., 2010).

No estudo de Lopes et al. (2010), os voluntários apresentaram média igual ou superior a 0,6 apenas na velocidade angular de 240°/s, apresentando média inferior a esse valor nas velocidades angulares de 120°/s, e 180°/s. Apesar dos estudos de Benck et al. (2016), Da Silva et al. (2013), Ferreira et al. (2008), e Rosene et al. (2001) terem contado com populações diversas (atletas, sedentários, homens, mulheres, crianças, adolescentes e idosos), parece que os valores encontrados na razão I/Q foram preponderantemente afetados pela velocidade angular utilizada nos testes.

Dentre os estudos que utilizaram atletas, independente da modalidade, os valores apresentados da razão I/Q ainda foram mais baixos do que o 0,6, apesar de utilizarem velocidades angulares maiores que eleva o valor da razão I/Q (Magalhães et al., 2004; Rosene et al., 2001). No estudo de Magalhães et al. (2004), que comparou atletas de alto nível de voleibol e futebol, o grupo de atletas de futebol apresentou valores médios para a razão I/Q de 0,57 e o grupo de atletas de voleibol de 0,50. Tal estudo utilizou a velocidade angular de 90°/s, o que leva a crer que os valores da razão I/Q dessa população seriam ainda menores com uma velocidade angular mais baixa. No estudo de Rosene et al. (2001) com atletas universitários, a razão I/Q também não atingiu a média de 0,6 nem entre os homens, e nem entre as mulheres. Quando separados os subgrupos por modalidade praticada, apenas um grupo atingiu a média em ambas as pernas, porém somente com o teste sendo realizado a 180°/s.

Além disso, a razão I/Q tem sido tratada por alguns autores (Baratta et al. 1988, Rosene et al. 2001) como preditora de lesões, apesar de outros autores como Aagaard et al. (1989) e Coombs e Garbutt (2002) terem afirmado que não exista evidência suficiente para associar o desequilíbrio muscular ao redor do joelho

exposto pela razão I/Q, ao risco de lesão. O pensamento por trás da afirmativa de que a razão I/Q possa prever lesões consiste na hipótese de que esta indicaria o quanto os músculos antagonistas conseguiriam frear um movimento indesejado. Quanto maior a co-ativação dos isquiotibiais durante uma extensão de joelho, maior seria a estabilidade do joelho. Assim, se uma razão I/Q apresenta um valor baixo, Baratta et al. (1988) afirmam que a força de estabilização do joelho seria menor, devido à menor ativação do antagonista, expondo ligamentos à maior parte dessa força. Essa carga extra nos ligamentos é uma das razões da grande quantidade de lesões no ligamento cruzado anterior de atletas de alto nível que têm um quadríceps bastante hipertrofiado (Baratta et al., 1988). Dessa forma, existem estudos que buscaram comparar ainda a razão I/Q do membro dominante com o não-dominante (Ferreira et al., 2008) ou lado esquerdo com o lado direito (Lopes et al., 2010). Estudos que fizeram comparações entre lados buscaram também verificar o equilíbrio bilateral como preditor de lesões. Segundo Ferreira et al. (2008) e Lopes et al. (2010), o desequilíbrio muscular entre membros de até 10% é aceitável, sendo que acima disso pode ser um fator de risco de lesão.

Portanto, a razão I/Q tem sido uma variável comumente utilizada para avaliação do equilíbrio muscular podendo ser mensurada de forma concêntrica e excêntrica, sendo que a mais comum é com as duas contrações concêntricas em protocolo dinâmico. Sabe-se que a velocidade afeta diretamente os resultados, sendo que com em velocidades mais baixas a razão I/Q é mais baixa, e quanto maior a velocidade maior a razão I/Q. A velocidade mais utilizada na maioria dos estudos é de 60^o/s. Nessa velocidade os estudos têm afirmado que ainda não existe um consenso acerca de qual deve ser a razão I/Q ideal, porém o valor de 0,6 tem aparecido como mais recorrente nesse tipo de avaliação.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Procedimentos

O presente estudo tem caráter transversal e descritivo. Foram convidados a participar do estudo indivíduos do sexo masculino, saudáveis, e com idades entre 18 e 40 anos. Os voluntários ainda deveriam se enquadrar em uma das três categorias a seguir: 1) indivíduos ativos praticantes de CrossFit há pelo menos um ano, 2) indivíduos ativos praticantes de musculação há pelo menos um ano, 3) indivíduos sedentários e que estavam sem uma atividade física regular há pelo menos um ano.

A coleta dos dados foi realizada no Laboratório de Força da Faculdade de Educação Física da UnB. Os participantes da pesquisa inicialmente responderam a uma anamnese de questões referentes à sua prática de atividades físicas e possíveis lesões em membros inferiores ocorridas no ano anterior. Não havendo qualquer motivo que impedisse o indivíduo de participar do estudo, um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) foi devidamente assinado por cada voluntário. O presente estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da Saúde – UnB sob o número CAAE 53141416.1.0000.0030 e parecer número 1.508.115.

Em seguida foram mensurados os picos de torque (PT) durante a extensão e em seguida a flexão de joelho em protocolo isocinético. O teste de PT foi sempre realizado no membro inferior dominante e posteriormente no membro inferior não-dominante. Na Figura 1 está apresentado o diagrama com os procedimentos adotados ao longo da coleta de dados.

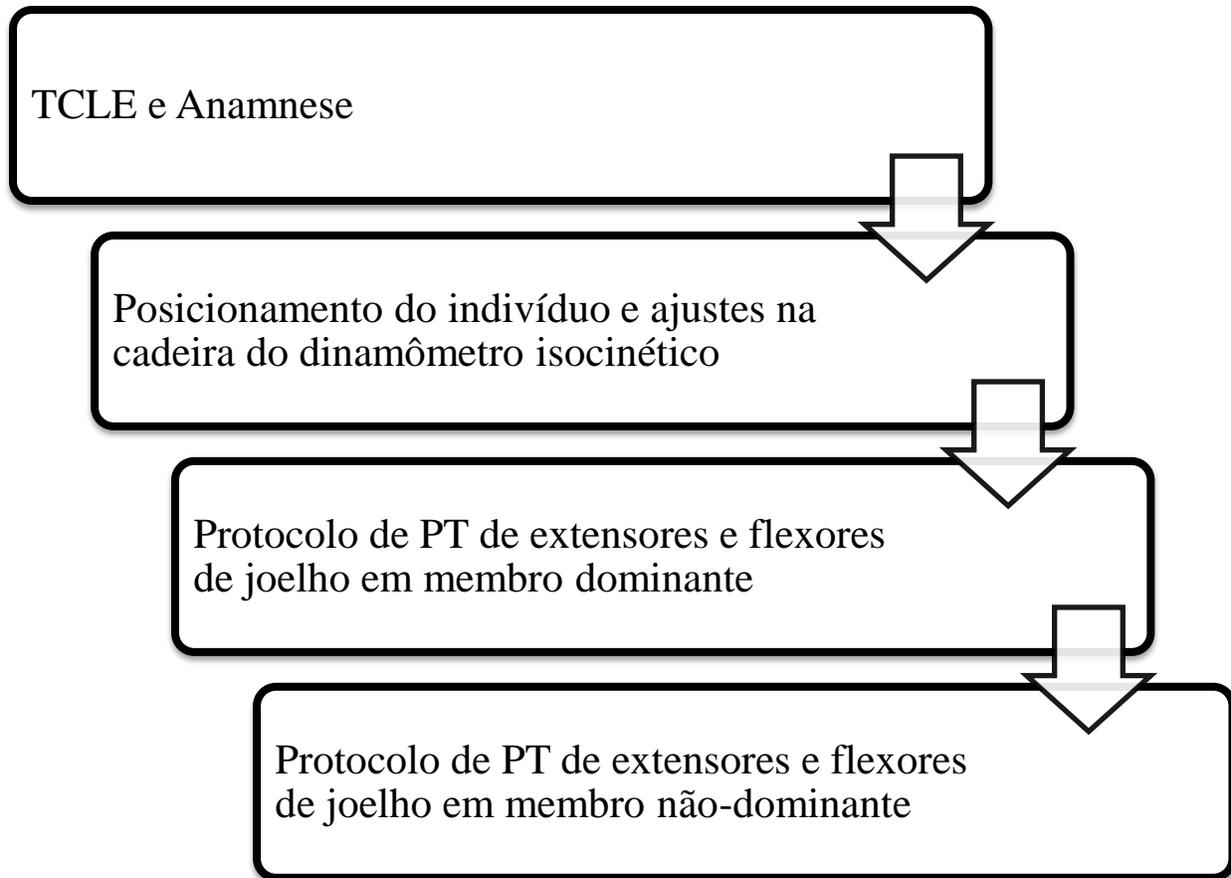


Figura 1: Procedimentos adotados ao longo da coleta de dados.

4.2 Amostra

Participaram do estudo 47 homens adultos (idade: $25,81 \pm 6,2$ anos, massa: $81,24 \pm 14,86$ kg) saudáveis e que foram alocados em um dos seguintes grupos: 1) Grupo TRC - indivíduos ativos praticantes de CrossFit em *box* afiliados há pelo menos um ano 2) Grupo TRM - indivíduos ativos praticantes de musculação, há pelo menos um ano 3) Grupo SDT - indivíduos sedentários, sem prática de atividade física regular há pelo menos um ano. Todos os voluntários assinaram um TCLE para a participação na pesquisa contendo informações acerca do propósito do estudo e dos possíveis efeitos adversos. Não foram incluídos no estudo

indivíduos com qualquer comprometimento osteomioarticular que impedisse a realização dos testes, com amplitude articular inferior a 85 graus nos joelhos ou qualquer patologia crônica como diabetes, hipertensão ou doenças do coração.

4.3 Teste de Pico de Torque

Para a avaliação do pico de torque dinâmico de membros inferiores foi utilizado um dinamômetro isocinético Biodex System IV (Biodex Medical, Inc., Shirley, NY). Os voluntários foram posicionados sentados, estando o centro da articulação do joelho alinhado com o eixo de rotação do dinamômetro. Os mesmos ainda foram presos à cadeira por cintos de fixação colocados um na cintura e dois cruzando o peito (Figura 2).



Figura 2: Posicionamento do voluntário no Biodex IV durante os testes.

Durante todo o esforço físico, os voluntários receberam incentivo verbal pelo pesquisador responsável e foram instruídos a segurar os cintos que cruzavam o peito de forma a padronizar a postura dos executantes. O dinamômetro isocinético foi previamente calibrado seguindo as recomendações do fabricante e o *software* de comando utilizado foi o Biodex Advantage 4.X.

O protocolo de PT dinâmico teve uma série de familiarização com quatro repetições submáximas de extensão e flexão a 120°/s, seguido por um intervalo de descanso de um minuto antes do início do teste. O teste para mensuração do PT consistiu na realização de duas séries de quatro extensões/flexões de joelho em condições concêntricas realizadas a 60°/s (Benck et al. 2016). O intervalo entre as séries foi de um minuto. O protocolo dinâmico foi realizado no membro dominante e logo em seguida no membro não-dominante.

Para o cálculo do pico de torque relativo à massa corporal (PT/BW), o PT foi dividido pela massa dos voluntários, em quilogramas e o resultado da razão foi multiplicado por 100. Para cada membro, foi calculada a razão I/Q dividindo o PT/BW encontrado nos isquiotibiais durante a flexão de joelho pelo PT/BW encontrado no quadríceps femoral durante a extensão de joelho. O cálculo das diferenças bilaterais (DB) primeiro observou qual membro atingiu o maior PT para cada movimento específico. Desse PT foi subtraído o valor do PT do membro contrário e em seguida essa diferença foi dividida pelo maior valor de PT do indivíduo para esse músculo. O mesmo processo foi realizado tanto para os músculos extensores de joelho como para os flexores de joelho. O resultado das DB diferenças bilaterais estão descritas em percentual relativo ao maior PT encontrado para aquele grupamento muscular.

4.4 Análise Estatística

A análise estatística descritiva dos dados foi realizada por meio de média e desvio padrão. As variáveis dependentes estudadas foram: PT/BW do quadríceps e dos isquiotibiais de membro dominante e membro não-dominante, razão I/Q de membro dominante e não-dominante e diferença bilateral de quadríceps e isquiotibiais. Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Foram realizadas análises de variância (ANOVA) *one way* para cada variável estudada a fim de comparar as medidas entre grupos. Todo o processamento estatístico foi realizado utilizando o programa *Statistical Package for the Social Sciences* – SPSS (Versão 17). O nível de significância adotado foi de 5% para todas as análises.

5. Resultados

A caracterização da amostra com os valores das médias de idade, massa e tempo de experiência na modalidade de cada grupo encontram-se descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização dos grupos estudados (média \pm DP).

	Grupo SDT (n=13)	Grupo TRM (n=16)	Grupo TRC (n=18)
Idade (anos)	24,85 \pm 5,68	23,81 \pm 6,48	28,28 \pm 5,86
Massa (kg)	85,61 \pm 21,52	82,6 \pm 12,23	76,87 \pm 10,01
Experiência de treino (meses)	-	41,5 \pm 26,27	32,28 \pm 22,61

SDT = sedentários; TRM = treinamento resistido musculação; TRC = Treinamento resistido CrossFit

Os valores da razão I/Q de membro dominante e de membro não-dominante para cada grupo estudado encontram-se apresentados na Tabela 2.

Não foram encontradas diferenças significativas entre grupos para a razão I/Q no membro dominante. No entanto, o valor da razão I/Q de membro não-dominante foi significativamente maior no grupo TRC comparado ao grupo TRM ($P < 0,05$).

Tabela 2 – Razão I/Q (média ± DP) de membros dominante e não-dominante para os grupos estudados.

	Grupo SDT (n=13)	Grupo TRM (n=16)	Grupo TRC (n=18)
Razão I/Q dominante	0,45 ± 0,06	0,47 ± 0,06	0,47 ± 0,06
Razão I/Q não-dominante	0,47 ± 0,07	0,45 ± 0,03	0,50 ± 0,07*

SDT = sedentários; TRM = treinamento resistido musculação; TRC = Treinamento resistido CrossFit; * - Razão I/Q de membro não-dominante significativamente maior no Grupo TRC comparado ao Grupo TRM (P=0,045).

A Tabela 3 apresenta os dados da diferença bilateral (DB) entre os músculos quadríceps assim como entre os músculos isquiotibiais para todos os grupos estudados. O valor da diferença aparece em percentual relativo ao valor do membro com maior pico de torque. Não houve diferença significativa entre nenhum dos grupos.

Tabela 3 – Diferenças bilaterais de quadríceps e de isquiotibiais (média ± DP) para os grupos estudados.

	Grupo SDT (n=13)	Grupo TRM (n=16)	Grupo TRC (n=18)
DB Quadríceps (%)	9,22 ± 6,56	9,61 ± 5,65	8,97 ± 6,44
DB Isquiotibiais (%)	9,44 ± 4,45	6,50 ± 4,56	8,80 ± 6,41

SDT = sedentários; TRM = treinamento resistido musculação; TRC = Treinamento resistido CrossFit

Na tabela 4 são apresentados os valores de pico de torque relativo à massa corporal (PT/BW) do músculo quadríceps, lados dominante e não-dominante, assim como dos isquiotibiais, lados dominante e não-dominante.

Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos estudados para as variáveis de PT/BW de quadríceps e de isquiotibiais de membros dominantes. No entanto, o PT/BW do quadríceps de membro não-dominante foi significativamente maior ($P<0,05$) no grupo TRM comparado ao grupo SDT. Além disso, o PT/BW dos isquiotibiais de membro não-dominante foi significativamente maior ($P<0,05$) no grupo TRC comparado ao grupo SDT.

Tabela 4 – Pico de torque relativo (PT/BW) de quadríceps e isquiotibiais de membros dominante e não-dominante para os grupos estudados.

	Grupo SDT (n=13)	Grupo TRM (n=16)	Grupo TRC (n=18)
PT/BW Qua Dom (N.m)	296,81 ± 38,12	325,37 ± 52,26	329,30 ± 47,37
PT/BW Qua nDom (N.m)	277,79 ± 35,64	321,72 ± 44,13*	302,77 ± 41,62
PT/BW Isq Dom (N.m)	133,38 ± 26,78	151,21 ± 21,97	153,64 ± 26,74
PT/BW Isq nDom (N.m)	131,20 ± 24,81	143,87 ± 17,48	149,38 ± 15,48 [#]

SDT = sedentários; TRM = treinamento resistido musculação; TRC = Treinamento resistido CrossFit; Qua = Quadríceps; Isq = Isquiotibiais; Dom = Membro dominante; nDom = Membro não-dominante; * - PT/BW do quadríceps de membro não-dominantes foi significativamente maior no Grupo TRM comparado ao Grupo SDT ($P=0,019$); [#] - PT/BW dos isquiotibiais de membro não-dominante foi significativamente maior no Grupo TRC comparado ao Grupo SDT ($P=0,037$).

6. Discussão

O presente estudo teve por objetivo principal comparar os efeitos da prática de diferentes modalidades de treinamento resistido, assim como do sedentarismo, no equilíbrio muscular da articulação do joelho em jovens adultos. Essa pesquisa surgiu de uma busca por estudos que relatassem o equilíbrio muscular no joelho de praticantes de CrossFit ou de levantamento de peso. Foi então que a falta de outras pesquisas nessa área levou o presente estudo a ser realizado de uma maneira descritiva, já que a população de praticantes de CrossFit ainda não havia sido estudada com essa finalidade. Da mesma forma, existia uma lacuna de estudos comparando a população de praticantes de CrossFit com outras populações comumente mais estudadas, como a de praticantes de musculação e de sedentários.

No que diz respeito ao equilíbrio do joelho, sabe-se que a musculatura da parte posterior da coxa deve ser mais fraca do que a musculatura da parte anterior. No entanto, segundo Coombs e Garbutt (2002), a proporção dessas forças atuantes no joelho ainda não apresenta um consenso entre os pesquisadores da área. A maioria dos estudos encontrados na literatura aponta que a musculatura da parte posterior da coxa deve ter 60% da força da parte anterior, apresentando assim uma razão I/Q de 0,6, apesar de seus resultados mostrarem valores inferiores a esse nível considerado “ótimo” (Benck et al., 2016; Da Silva et al., 2013; Ferreira et al., 2008; Rosene et al., 2001).

Os resultados do presente estudo mostraram que de uma forma geral os equilíbrios musculares dos joelhos foram semelhantes entre os grupos estudados, com exceção da razão I/Q de membro não-dominante, que foi maior no grupo TRC comparado ao grupo TRM. Cabe ressaltar ainda, que todos os valores de membros dominantes e não-dominantes encontrados para as razões I/Q tanto em sedentários quanto em treinados, estiveram abaixo do valor considerado ideal pela literatura.

Apenas dois voluntários dos 47 participantes do estudo apresentaram algum dos membros com uma razão I/Q atingindo o nível considerado “ótimo” de 0,6. Ao associar os baixos valores de razão I/Q encontrados no presente estudo aos resultados de diversos outros estudos (Benck et al., 2016; Da Silva et al., 2013; Ferreira et al., 2008; Rosene et al., 2001), que da mesma forma apresentaram valores inferiores a 0,6 para a razão I/Q, é possível, ao menos, sugerir o uso cauteloso deste valor, frequentemente considerado como ideal. Da mesma forma, a realização de novos estudos com a finalidade de reavaliar a razoabilidade do uso desse valor na avaliação do equilíbrio muscular de joelho se faz necessária.

Para comparar o equilíbrio muscular do joelho entre os grupos estudados, foram utilizados para cálculo da razão I/Q, os valores dos picos de torque relativos às massas corporais (PT/BW) adquiridos durante o teste dinâmico com velocidade angular de 60°/s nos membros dominante e não-dominante. No membro dominante, os valores da razão I/Q não diferiram estatisticamente entre os grupos estudados e foram de 0,45 para o grupo SDT, 0,47 para o grupo TRM e 0,47 para o grupo TRC. No membro não-dominante, a razão I/Q de 0,45 para o grupo TRM foi significativamente inferior a do grupo TRC, cujo valor foi de 0,50. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que os voluntários do grupo TRM tiveram um PT/BW no quadríceps do membro não-dominante praticamente igual ao PT/BW do lado dominante, porém nos isquiotibiais, o PT/BW do membro não-dominante foi bem mais baixo quando comparado ao do membro dominante, resultando em uma razão I/Q inferior. No grupo TRC foi encontrado o inverso, já que seus praticantes apresentaram o PT/BW do quadríceps não-dominante bem mais baixo do que no membro dominante, e, não sendo a diferença entre os isquiotibiais tão grande, o grupo apresentou uma razão I/Q mais alta. Tais resultados podem estar ligados ao fato de que no treinamento de musculação vários exercícios são realizados unilateralmente, enquanto no CrossFit a maioria dos

movimentos são realizados com o corpo inteiro, o que levaria a necessidade da musculatura da parte posterior do membro não-dominante gerar uma força similar à mesma musculatura do lado dominante, a fim de trabalharem simultaneamente.

Tafari e seus colaboradores (2016) ao compararem praticantes de CrossFit, LPO e *bodybuilding*, no que diz respeito aos padrões de movimento avaliados por meio do teste *Functional Movement Screen* (FMS), encontraram resultados próximos para os grupos estudados, diferenciando apenas o alto nível de concordância entre os resultados dos testes bilaterais no grupo de praticantes de CrossFit. Segundo Chris Beardsley (2017), o teste FMS é uma ferramenta de triagem de movimentos composta por sete testes para o corpo inteiro, em que cinco deles são pontuados separadamente por membros dominantes e não-dominantes. Os achados de Tafari et al. (2016) indicam que o grupo de praticantes de CrossFit apresentou uma simetria maior nos cinco testes quando comparado aos grupos de praticantes de *bodybuilding* e de LPO, o que contribui para o entendimento da diferença encontrada na razão I/Q de membro não-dominante entre o grupo TRC e o grupo TRM.

Ainda, o estudo de Moran et al. (2017) também utilizou o teste FMS em uma população de praticantes de CrossFit. O intuito do estudo foi avaliar o nível do risco de lesão associado ao treinamento da modalidade e também examinar a influência de vários possíveis fatores de risco. O estudo teve duração de 12 semanas e uma amostra de 117 participantes, sendo 66 homens e 51 mulheres. Ao final do estudo foi descrita uma taxa de lesão de 2,10 por 1000 horas de treino. Vale destacar que a maior taxa de lesões ocorreu em homens que já tivessem sofrido alguma lesão nos seis meses anteriores e que apresentaram uma maior assimetria entre membros.

Apesar de ter havido diferença significativa entre as razões I/Q de TRM e TRC no membro não-dominante, as diferenças bilaterais tanto do quadríceps

quanto dos isquiotibiais foram semelhantes entre os três grupos estudados. Nenhum dos grupos apresentou média de diferença bilateral (DB) em níveis que indicassem risco de lesão. Entretanto, a média dos três grupos ficou bem próxima a 10% no cálculo da DB do quadríceps com médias de 9,22, 9,61 e 8,97 para os grupos SDT, TRM e TRC, respectivamente. No cálculo da DB dos isquiotibiais os valores foram um pouco mais baixos, com médias de 9,44, 6,50 e 8,80 para os grupos SDT, TRM e TRC, respectivamente. É interessante notar que o grupo TRM apresentou a maior DB no quadríceps, enquanto nos isquiotibiais obteve a menor DB. Ao observar esses extremos, é possível perceber que, especificamente no grupo da musculação, a musculatura anterior da coxa mostrou-se menos equilibrada entre os membros direito e esquerdo que a musculatura da parte posterior de coxa, porém sem atingir uma diferença estatisticamente significativa.

Nossos resultados mostraram que a razão I/Q para o membro não-dominante do grupo SDT não diferiu estatisticamente dos demais grupos. Da mesma forma, não houve diferença significativa da razão I/Q de membro dominante para o grupo SDT comparado aos grupos TRM e TRC. Tais resultados nos levariam a crer que o equilíbrio muscular do grupo sedentário não tenha sido mais afetado pela falta de exercícios regulares. No entanto, foi possível observar que o PT/BW dos isquiotibiais de membro não-dominante do grupo SDT foi significativamente inferior ao grupo TRC ($P=0,039$) e, da mesma forma, o PT/BW de quadríceps não-dominante foi inferior ao grupo TRM ($P=0,023$). Observamos, portanto, por meio dos resultados de PT/BW, diferenças entre praticantes de exercício resistido e sedentários no que diz respeito à capacidade de produzir força relativa ao seu peso corporal no membro não-dominante comparado ao dominante, ainda que essas diferenças não tenham sido observadas nos valores da razão I/Q.

Sabe-se que a musculatura da parte posterior da coxa é responsável por segurar a movimentação anterior da tíbia durante uma contração do quadríceps.

Assim, se os isquiotibiais forem fracos, essa função acaba por sobrecarregar o ligamento cruzado anterior (LCA) (Baratta et al., 1988; Coombs; Garbutt, 2002). Estudos apontam ainda que se os isquiotibiais tiverem força menor do que 40% da força do quadríceps, esse sujeito estará em risco de lesão do LCA (Santos et al., 2013). No entanto, nenhum dos grupos estudados apresentou valor médio da razão I/Q que pudesse indicar risco de lesão do LCA. Apenas nove voluntários dos 47 participantes tiveram uma razão I/Q considerada de risco em pelo menos um dos membros.

Diversos estudos sobre lesão em praticantes de CrossFit apresentaram o joelho como uma das três articulações mais frequentemente lesionadas (Weisenthal et al., 2014; Moran et al., 2017; Montalvo et al., 2017). A partir dos resultados do presente estudo entendemos que as lesões ocorridas no joelho em praticantes de CrossFit e também de musculação estejam mais provavelmente ligadas a uma técnica pobre durante a execução do movimento, em especial com cargas altas ou sob fadiga extrema, do que a possíveis desequilíbrios musculares.

7. Conclusão

Não foram encontradas diferenças significativas na razão I/Q entre os grupos estudados, com a exceção da razão I/Q de membros não-dominantes, que foi maior no grupo dos praticantes de CrossFit comparado ao de praticantes de musculação. Sendo assim, os resultados encontrados no presente estudo nos levam a crer que lesões de joelho em praticantes de treinamento resistido não são decorrentes de desequilíbrios musculares.

8. Referências

AAGAARD, P.; SIMONSEN, E. B.; MAGNUSSON, P.; LARSSON, B.; DYHRE-POULSEN, P. A New concept for Isokinetic Hamstring:Quadriceps Muscle Strength Ratio. **American Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 2, p.231-237, 1998.

BABIASH, P. E. **Determining the Energy Expenditure and Relative Intensity of Two CrossFit Workouts**. 2013. 42 f. Tese (Mestrado em Fisiologia do exercício clínico) – College of Exercise and Sports Science, University of Wisconsin – LA Crosse, 2013.

BAUMANN, W.; GROSS, V.; QUADE, K.; GALBIERZ, P.; SCHWIRTZ, A. The Snatch Technique of World Class Weightlifters at the 1985 World Championships. **International Journal of Sports Biomechanics**, v. 4, p. 68-69, 1988.

BEARDSLEY, C. **Functional Movement Screen (FMS)**. Disponível em: <<https://www.strengthandconditioningresearch.com/functional-movement-screen-fms/#CONT>> Acesso em: junho de 2017.

BELLAR, D.; HATCHETT, A.; JUGDE, L. W.; BREAU, M. E.; MARCUS, L. The Relationship of Aerobic Capacity, Anaerobic Peak Power and Experience to Performance in CrossFit Exercise. **Biology of Sport**, v. 32, n. 4, p. 315-320, 2015.

BENCK, B. T.; DAVID, A. C.; CARMO, J. C. Déficits no equilíbrio muscular em jovens atletas de ginástica feminina. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 38, n. 4, p. 342-348, 2016.

BUTCHER, S. J.; NEYEDLY, T. J.; HORVEY, K. J.; BENKO, C. R. Do Physiological Measures Predict Selected CrossFit® Benchmark Performance? **Open Access Journal of Sports Medicine**, v. 6, p. 241-247, 2015.

CALHOON, G.; FRY, A. C. Injury Rates and Profiles of Elite Competitive Weightlifters. **Journal of Athletic Training**, v. 34, n. 3, p.232-238, 1999.

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.

DA SILVA, B. G. C.; BOTTARO, M.; WEBER, F. S.; RADAELLI, R.; GAYA, A. R.; CARDOSO, M. S.; BROWN, L. E.; CARREGARO, R.; PINTO, R. S. Comparison of Hamstring/Quadriceps Ratio Between Isoinertial and Isokinetic Measurements. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 21, n. 2, p. 107-112, 2013.

DVIR, Z.; EGER, G.; HALPERIN, N.; SHKLAR, A. Thigh Muscle Activity and Anterior Cruciate Ligament Insufficiency. **Clinical Biomechanics**, v. 4, p. 87-91, 1989.

FERREIRA, A.; MACEDO, R.; CARVALHO, P. Avaliação Isocinética dos Músculos Extensores e Flexores do Joelho em Atletas de Basquetebol Feminino da Região Norte. **Revista Portuguesa de Fisioterapia no Desporto**, v. 2, n. 2, p. 29-36, 2008.

GLASSMAN, G. **FOUNDATIONS**. Disponível em: <<https://www.CrossFit.com/cf-download/Foundations.pdf>> Acesso em: abril de 2015.

GLASSMAN, G. **Statistics from the 2016 OPEN**, 2016. Disponível em: <<http://games.crossfit.com/video/statistics-2016-open>> Acesso em: Junho de 2016.

GRYGOROWICZ, M.; KUBACKI, J.; PILIS, W.; GIEREMEK, K.; RZEPKA, R. Selected Isokinetic Tests in Knee Injury Prevention. **Biology of Sport**, v. 27, n.1, p. 47-51, 2010.

HAK, P. T.; HODZOVIC, E.; HICKEY, B. The nature and prevalence of injury during CrossFit training. **Journal of Strength and Conditioning Research (Published Ahead of Print)**, 22 Novembro, 2013.

HEINRICH, K. M.; PATEL, P. M.; O'NEAL, J. L.; HEINRICH, B. S. High-intensity compared to moderate-intensity training for exercise initiation, enjoyment, adherence, and intentions: and intervention study. **BCM Public Health**, v. 14, p. 789-795, 2014.

HOEGER, W. W. K.; BARETTE, S. L.; HALE, D. F.; HOPKINS, D. R. Relationship between repetitions and selected percentages of One Repetition Maximum. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 1, n. 1, p. 11-13, 1987.

HOEGER, W. W. K.; HOPKINS, D. R.; BARETTE, S. L.; HALE, D. F. Relationship between repetitions and selected percentages of One Repetition Maximum: A comparison between Untrained and Trained Males and Females. **Journal of Applied Sports Science Research**, v. 4, n. 2, p. 47-54, 1990.

KEOGH, J. W. L.; WINWOOD, P. W. The epidemiology of injuries across the weight training sports: a systematic review. **Sports Medicine**, v. 47, n. 3, p. 479-501, 2017.

KRAEMER, W. J.; ADAMS, K.; CAFERENLLI, E.; DUDLEY, G. A.; DOOLY, C.; FEIGENBAUM, M. S.; FLECK, S. J.; FRANKLIN, B.; FRY, A. C.; HOFFMAN, J. R.; NEWTON, R. U.; POTTEIGER, J.; STONE, M. H.; RATAMESS, N. A.; TRIPLETTE-MCBRIDE, T. American College of Sports Medicine position Stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 2, p. 364-380, 2002.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 4, p. 674-688, 2004.

LANFERDINI, F. J.; ROCHA, C. S. S.; FRASSON, V. B.; VAZ, M. A. Influência do Treinamento Excêntrico nas Razões de Torque de Flexores/Extensores do Joelho. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 17, n. 1, p.40-45, 2010.

LOPES, L.; DALMUT, A. B.; AZEVEDO, L. S.; VALERIO, V.; COPPATTI, N.; BONA, C. C. Pico de Torque e Relação Isquiotibiais/Quadríceps de Idosas Praticantes de Ginástica em Dois Grupos de Convivência no Contexto Passa Fundo – RS. **Revista Brasileira de Ciências do Envelhecimento Humano**, v. 7, n. 1, p. 42-51, 2010.

MAGALHAES, J.; OLIVEIRA, J.; ASCENSAO, A.; SOARES, J. A Concentric Quadriceps and Hamstring Isokinetic Strength in Volleyball and Soccer Players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 44, n. 2, p. 119-125, 2004.

MONTALVO, A. M.; SHAEFER, H.; RODRIGUEZ, B.; LI, T.; EPNERE, K.; MYER, G. D. Retrospective injury epidemiology and risk factors for injury in CrossFit. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 16, p. 53-59, 2017.

MORAN, S.; BOOKER, H.; STAINES, J.; WILLIAMS, S. Rates and risk factors of injury in CrossFit: a Prospective cohort study. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. (Published Ahead of Print)**, 13 de Janeiro, 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.

SANTOS, H. H.; HANASHIRO, D. N.; AVILA, M. A.; CAMARGO, P. R.; OLIVEIRA, A. B.; SALVINI, T. F. Efeito do Treino Isocinético Excêntrico sobre a Razão I/Q do Torque e EMGs em Sujeitos Saudáveis. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n.3, 2013.

SHIMANO, T.; KRAEMER, W. J.; SPIERING, B. A.; VOLEK, J. S.; HATFIELD, D. L.; SILVESTRE, R.; VINGREN, J. L.; FRAGALA, M. S.; MARESH, C. M.; FLECK, S. J.; NEWTON, R. U.; SPREUWENBERG, L. P.; HAKKINEN, K. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 819-823, 2006.

SMITH, M. M.; SOMMER, A. J.; STARKOFF, B. E.; DEVOR, S. T. CrossFit-Based High Intensity Power Training Improves Maximal Aerobic Fitness and Body Composition. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 11, p. 3159-3172, 2013.

TAFURI, S; NOTARNICOLA, A; MONNO, A; FERRETTI, F; MORETTI, B. CrossFit athletes exhibit high symmetry of fundamental movement patterns. A cross-sectional study. **Muscles, Ligaments and Tendons Journal**, v. 6, n. 1, p. 157-160, 2016.

TOURNY-CHOLLET, C.; LEROY, D. Conventional vs. Dynamic Hamstring-Quadriceps Strength Ratios: A Comparison Between Players and Sedentary Subjects. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 10, n. 4, p. 183-192, 2002.

WEISENTHAL, B. M.; BECK, C. A.; MALONEY, M. D.; DEHAVEN, K. E.; GIORDANO, B. D. Injury Rate and Patterns Among CrossFit Athletes **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 2, n. 4, 2014.

WHITEMAN-SANDLAND, J.; HAWKINS, J.; CLAYTON, D. The role of social capital and community belongingness for exercise adherence: An exploratory study of the CrossFit gym model. **Journal of Health Psychology (Published Ahead of Print)**, 2016.

ANEXO I – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Convidamos você a participar do projeto de pesquisa “Efeitos da atividade física na resposta eletromuscular dos extensores de joelho em homens adultos saudáveis” sob a responsabilidade do pesquisador Flávio Chrispim Junker.

Tem se tornado muito comum entre uma população de adultos o treinamento resistido. Não somente a musculação, mas hoje em dia o crescimento do CrossFit é surpreendente. Um método treina com exercícios multi-articulares enquanto o outro foca o treinamento em uma articulação por vez. Não existem estudos que comparam essas modalidades de treino quanto à resposta eletromuscular dos músculos extensores do joelho, e nem com uma comparação com um grupo de adultos sedentários. Com isso, o objetivo desta pesquisa é comparar os efeitos da prática de atividade física na resposta eletromuscular de homens ativos e sedentários.

Você receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que seu nome não aparecerá, sendo mantido o mais rigoroso sigilo pela omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo.

Nessa pesquisa a sua participação será requisitada em apenas um dia de testes. Nesse dia será solicitado que você responda um questionário com perguntas sobre sua prática de atividade física do último ano que deverá tomar 5 minutos, após o qual serão realizados dois testes simples com duração total estimada de uma hora. O primeiro será um teste de avaliação de força máxima para os movimentos de flexão e extensão de joelho em ambas as pernas. Será realizada uma contração máxima de 5 segundos sem movimentar a perna, e após isso, duas séries de 4 repetições de flexão e extensão do joelho. O teste será realizado em ambas as pernas, e terá um aquecimento de 10 repetições sem carga. O segundo teste será uma avaliação da sua impulsão vertical, em que será exigido que se posicione ao lado de uma parede, salte e toque no ponto mais alto possível da parede. Nesse teste cada voluntário terá duas tentativas. Os dois testes serão realizados nas dependências da Faculdade de Educação Física (FEF) da Universidade de Brasília, sendo o primeiro no laboratório de força e o segundo no pátio da FEF. Alertamos que por se tratar de testes de esforço máximo poderá ocorrer dores locais decorrentes de estiramento muscular.

Você pode se recusar a participar de qualquer procedimento por qualquer razão, podendo até desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para você. Sua participação é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração.

Todas as despesas que você tiver relacionadas diretamente ao projeto de pesquisa (tais como, passagem para o local da pesquisa, chamadas a cobrar, alimentação no local da pesquisa ou exames para realização da pesquisa) serão cobertas pelo pesquisador responsável.

Os exercícios que serão realizados nos testes serão tarefas com um grau de complexidade baixo. A chance de um possível dano ao sujeito se restringe ao estiramento muscular. Para amenizar a chance desse evento será realizado um aquecimento específico com uma série de 10 repetições em que o sujeito irá aumentar a carga ao longo das repetições. Ainda assim, caso haja algum dano direto ou indireto decorrente de sua participação na pesquisa, você poderá ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil. Se aceitar participar da pesquisa estará contribuindo para a produção de conhecimento em uma área pouco estudada e com grande necessidade de estudos. Os estudos nessa área poderão ajudar profissionais da área de educação física a prescrever treinos para membros inferiores que terão uma maior base científica.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de cinco anos, após isso serão destruídos.

Qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor entre em contato com o pesquisador responsável, Flávio Chrispim Junker, pelo telefone: (61) 33801707 ou pelo email: flaviojunker@gmail.com.

Este projeto foi Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde (CEP/FS) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidos pelo telefone (61) 3107-1947 ou do e-mail cepfs@unb.br ou cepfsunb@gmail.com, horário de atendimento de 10:00hs às 12:00hs e de 13:30hs às 15:30hs, de segunda a sexta-feira. O CEP/FS

se localiza na Faculdade de Ciências da Saúde, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o senhor.

Nome / assinatura

Pesquisador Responsável

Nome e assinatura

Brasília, ___ de _____ de _____.

ANEXO II – Anamnese

Anamnese

Sujeito:

Nome: _____

Idade: _____

Pratica atividade física regular?

Sim

Não

Se sim, há quanto tempo? _____

Qual modalidade de atividade física? _____

Qual a frequência de treinos? _____

Teve alguma lesão no último ano?

Sim

Não

Se sim, quantas? _____

Se sim, em que lugar do corpo? _____