

Ana Luiza Resende Rodrigues

**CARACTERIZAÇÃO DA PERFORMANCE MUSCULAR EM
PRATICANTES DE CROSSFIT**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2019

Ana Luiza Resende Rodrigues

**CARACTERIZAÇÃO DA PERFORMANCE MUSCULAR EM
PRATICANTES DE CROSSFIT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Área de Concentração: Desempenho Motor e Funcional Humano

Orientador: Prof^a. Dr^a. Juliana de Melo Ocarino

Coorientador: Prof. Dr. Renan Alves Resende

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2019

R696c Rodrigues, Ana Luiza Resende
2019 Caracterização da performance muscular em praticantes de crossfit. [manuscrito]
/ Ana Luiza Resende Rodrigues – 2019.
53 f., enc.: il.

Orientadora: Juliana de Melo Ocarino
Coorientador: Renan Alves Resende

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de
Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Bibliografia: f. 47-50

1. Exercícios físicos – aspectos fisiológicos – Teses. 2. Força muscular –
Teses. I. Ocarino, Juliana de Melo. II. Resende, Renan Alves. III. Universidade
Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia
Ocupacional. IV. Título.

CDU: 796.325.015.3

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Danilo Francisco de Souza Lage, CRB 6: n° 3132, da
Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

UFMG

FOLHA DE APROVAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DA PERFORMANCE MUSCULAR EM PRATICANTES DE CROSSFIT

ANA LUIZA RESENDE RODRIGUES

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO, como requisito para obtenção do grau de Mestre em CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO, área de concentração DESEMPENHO FUNCIONAL HUMANO.

Aprovada em 29 de agosto de 2019, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a) Juliana de Melo Ocarino - Orientador
UFMG


Prof(ã) Sérgio Teixeira da Fonseca
UFMG


Prof(a) Mauro Heleno Chagas
UFMG

Belo Horizonte, 29 de agosto de 2019.

Esta dissertação é apenas uma parte de um grande projeto idealizado por meus pais.

A eles dedico esse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Juliana de Melo Ocarino por todos os ensinamentos e oportunidades. Foi uma honra ser orientada por uma professora e pesquisadora tão talentosa. A você minha eterna gratidão, admiração e respeito.

Agradeço ao meu co-orientador, Prof. Dr. Renan Alves Resende. Muito obrigada pelas valiosas contribuições, que foram fundamentais para este trabalho e para a minha formação acadêmica.

Agradeço à Dr^a Lívia Silveira Pogetti pelo suporte. Gratidão pela disponibilidade e trocas de conhecimento.

Agradeço aos professores do programa de pós-graduação em Ciências da Reabilitação, em especial aos que tive mais contato: Dr. Sérgio Teixeira Fonseca, Dr. Thales Rezende de Souza, Dr^a Christina de Faria (que me acompanhou no estágio em docência). Vocês me inspiram continuamente a entender o quão complexo é o nosso sistema! A todo o grupo, muito obrigada por contribuir com a carreira que estou iniciando.

Gratidão à Universidade Federal de Minas Gerais por ser minha casa nesses 7 anos. Levo com orgulho o nome da Universidade que me proporcionou uma vivência única de crescimento.

Agradeço aos alunos que me auxiliaram nas coletas: Henrique Faria, Larissa Alves, Paula Martins e Júlia Marfort. A dedicação de vocês é grande parte desse trabalho, inclusive o incentivo verbal.

Aos voluntários que participaram deste estudo. Obrigada pelo empenho e por tornarem esse estudo possível.

Aos membros da banca de defesa de mestrado. Obrigada pela disponibilidade.

Agradeço aos amigos da pós-graduação que dividiram o desafio de se tornarem mestres comigo.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por financiar a minha formação como mestre e tornar a ciência brasileira possível, apesar de todos os obstáculos.

À minha família, mola propulsora, que está sempre me incentivando a cada novo desafio nessa busca do crescimento pessoal e profissional.

Aos meus pais, Humberto e Ana Maria, meu maior exemplo de força e de afeto. Obrigada por serem meu porto seguro e tornar tudo isso possível. Eu amo vocês!

Ao meu irmão Zezé, por todo companheirismo. Aprendi com você a correr atrás dos meus sonhos. Continuamos na aposta!

À Kátia e o Bob, Didinho e Dedéia, Madrinha Sirléia, Janaína e Carlinhos. Aos meus avós Luiza, Leida e Geraldo. Senti a torcida de vocês, mesmo de longe. Muito obrigada! Ao meu eterno avô Pedro, que onde quer que esteja está fazendo suas gambiarras pra tudo dar certo por aqui.

Às amigas da República Vegas, Alícia e Lara, que acompanharam de perto todo o processo da produção deste trabalho. Obrigada por todo o incentivo, conversas e noites em claro.

Aos meus amigos: Tigre, Verônica, Cestaro, Marina, Bernardo, Nico e a todo CDG – não tenho palavras pra agradecer a presença de vocês nessa trajetória. Vocês foram tão peculiares quanto essenciais. Gratidão por vocês comporem a minha segunda família. Ao Rafa, que me deu estímulo para seguir em frente quando eu mesma achei que não conseguiria.

Enfim, obrigada a todos que de alguma forma contribuíram para a produção deste trabalho.

PREFÁCIO

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

De acordo com as normas para elaboração de dissertações do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Minas Gerais, este trabalho possui três partes. A primeira é composta por uma introdução expandida, composta pela revisão bibliográfica sobre o tema, justificativa e o objetivo do estudo. A segunda parte é formada por um artigo, com introdução, descrição dos métodos, resultados, discussão e conclusão. O artigo foi redigido de acordo com as normas do periódico escolhido para publicação: *The Journal of Strength and Conditioning Research* (ISSN 1064-8011). A terceira e última parte deste trabalho possui as considerações finais, referências bibliográficas, apêndices e o mini-curriculum da autora desta dissertação.

RESUMO

Introdução: CrossFit é um esporte composto por exercícios constantemente variados de alta intensidade, executados com pouco ou nenhum descanso entre as séries. A prática do CrossFit, caracterizada pela diversidade de exercícios e alta intensidade, impõe uma alta demanda sobre sistema musculoesquelético. Contudo, dados sobre parâmetros de desempenho muscular em diferentes articulações nessa população ainda são pouco reportados na literatura.

Objetivos: Caracterizar o perfil de performance muscular de praticantes de CrossFit e verificar o efeito da dominância e sexo sobre esses parâmetros. Além disso, foi verificada a correlação entre o tempo de prática no esporte e o volume de treinamento com o desempenho muscular.

Metodologia: Trata-se de um estudo transversal de caráter descritivo, cuja amostra foi composta por 111 indivíduos (58 homens e 53 mulheres). O desempenho muscular de flexores e extensores de joelho e flexores, extensores e abdutores de quadril foi investigado por meio do dinamômetro isocinético em duas velocidades angulares. Além disso, foi avaliada a força isométrica de extensores do tronco, abdutores horizontais de ombro e retratores da escápula e da preensão palmar. A análise descritiva (média, desvio padrão e intervalo de confiança de 95%) foi utilizada para caracterizar as variáveis deste estudo. As análises de variância mista (MANOVA) foram utilizadas para comparar as variáveis isocinéticas de cada grupo muscular analisado (pico de torque e trabalho máximo normalizados pelo peso corporal, potência, fadiga e razão flexores:extensores) e a força de preensão palmar entre os sexos e membros dominante e não dominante. Testes-t independentes foram utilizados para comparar a força isométrica lombar e dos abdutores horizontais de ombro e retratores da escápula entre os sexos. Por fim, o coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para verificar a correlação entre o tempo de prática no CrossFit e o volume de treinamento com as forças isométricas avaliadas e o pico de torque isocinético das articulações do joelho e quadril a 60°/s.

Resultados: Os homens apresentaram melhor desempenho do que as mulheres em todas as variáveis de performance muscular ($p < 0,05$), exceto para o índices de fadiga de flexores e extensores de joelho e quadril e abdutores de quadril, trabalho máximo de flexores de quadril a 60°/s, pico de torque e trabalho máximo de abdutores de quadril a 60°/s e 240°/s ($p > 0,05$). Além disso, na comparação entre os membros, o membro dominante apresentou maiores valores de preensão palmar ($p = 0,002$), maior potência de extensores de joelho a 60°/s ($p = 0,015$), menor razão flexores:extensores de joelho a 60°/s ($p = 0,021$) e a 300°/s ($p = 0,008$) e menor índice de fadiga de extensores de joelho ($p = 0,002$). O tempo de prática no CrossFit não se correlacionou com o desempenho muscular ($p > 0,05$). O volume de treinamento se correlacionou apenas com o pico de torque a 60°/s dos músculos flexores do joelho ($r = 0,189$; $p = 0,048$).

Conclusão: O presente estudo permitiu caracterizar o desempenho muscular de vários grupos musculares em praticantes de CrossFit. Os homens apresentaram melhor desempenho muscular do que as mulheres, mesmo que essas variáveis tenham sido normalizadas pelo peso corporal. A ausência de assimetria entre membros dominante e não dominante para a maioria das variáveis sugere que o CrossFit impõe uma demanda simétrica sobre os sistema musculoesquelético. Por fim, os resultados revelaram que, na amostra avaliada, as variáveis relacionadas ao treinamento não se correlacionaram com a maioria das variáveis de desempenho muscular.

Palavras-chave: CrossFit. Treinamento funcional de alta intensidade. Desempenho muscular. Avaliação isocinética . Avaliação isométrica.

ABSTRACT

Introduction: CrossFit is a sport composed of varied high intensity exercises performed with little or no rest between sets. The practice of CrossFit, characterized by the diversity of exercises and high intensity, imposes a high demand on the musculoskeletal system. However, muscle performance parameters of different joints in this population are still poorly reported in the literature. **Objectives:** The purpose of this study was to characterize the muscular performance profile of CrossFit practitioners, assessed the influence of sex and dominance. In addition, we also assessed the association of CrossFit years of practice and training volume with muscular performance. **Methods:** It is a cross-sectional study. The sample was composed of 111 subjects (58 men and 53 women). The participants were submitted to evaluation of isokinetic strength of knee and hip flexors and extensors, and hip abductors in two angular velocities, isometric strength of trunk extensors, shoulder horizontal abductors and scapular retractors muscles and handgrip strength. Descriptive analysis was used to characterize the study variables. Mixed multivariate analyses of variance (MANOVA) were used to compare the isokinetic variables (peak of torque and maximum work normalized by body mass, power, work fatigue and flexors:extensors ratio) of each muscle between sexes and limbs (dominant and non-dominant). The same analysis was used to evaluate the handgrip strength. Independent t-tests were used to compare sexes considering the lumbar and shoulder horizontal abductors and scapular retractors strength variables. Finally, Pearson's correlation coefficients were used to test if CrossFit years of practice and training volume were associated with isometric strength and peak of torque in the knee and hip joints at 60°/s. **Results:** Men had better performance than the women in all variables of muscular performance ($p < 0,05$), except in work fatigue of the flexors and extensors of knee and hip and hip abductors, maximum work of hip flexors at 60°/s, peak torque and maximum work of hip abductors at 60°/s and 240°/s ($p > 0,05$). In addition, the dominant limb had higher values of handgrip strength ($p = 0,002$), higher power of knee extensors at 60°/s ($p = 0,015$), lower values of knee flexors:extensors ratio at 60°/s ($p = 0,021$) and 300°/s ($p = 0,008$) and lower work fatigue of knee extensors ($p = 0,002$). The time of participation in CrossFit was not correlated to muscular performance ($p > 0,05$). The training volume variable was correlated only with peak torque at 60°/s of knee flexors muscles ($r = 0,189$; $p = 0,048$). **Conclusion:** The present study characterized the muscular performance of CrossFit practitioners. The men had better muscular performance than women, even after normalization by body mass. The absence of asymmetry between dominant and non-dominant limbs for most variables suggests that CrossFit imposes a symmetrical demand on the musculoskeletal system. Finally, the results revealed that the variables related to training did not influence most variables of muscular performance.

Keywords: CrossFit. High-intensity functional training. Muscle performance. Isokinetic evaluation. Isometric evaluation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. ARTIGO	17
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICES	48
Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	48
Apêndice 2 – Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa	51
MINICURRÍCULO	52

1 INTRODUÇÃO

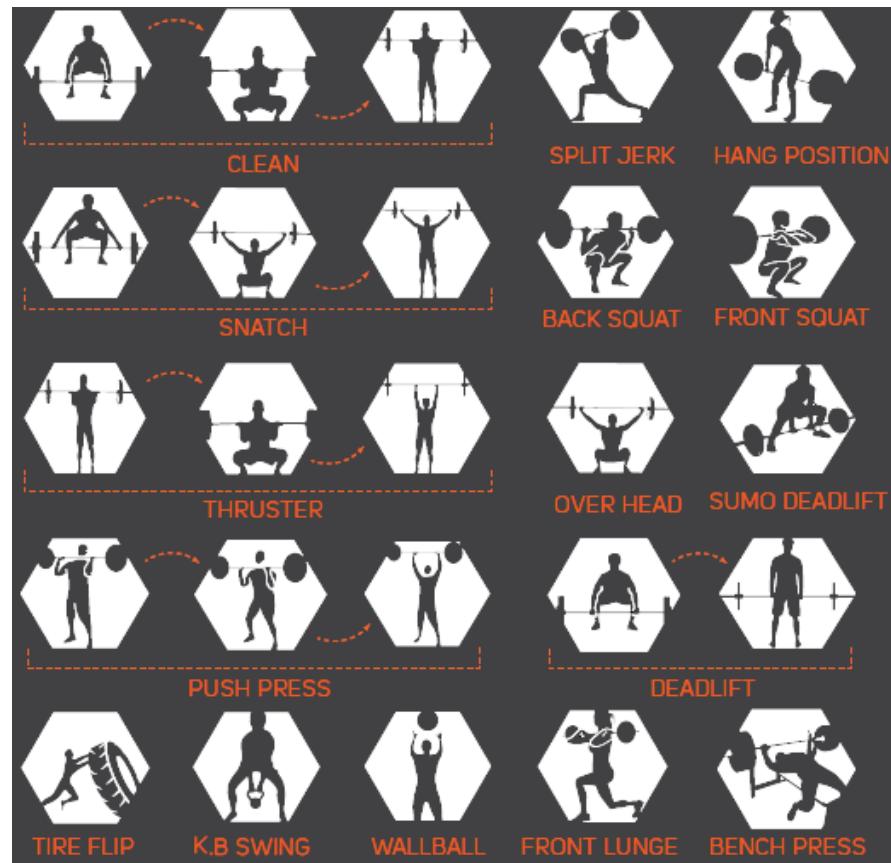
CrossFit ou Treinamento de Modalidades Mistas é um programa de força e condicionamento que possui ênfase em movimentos funcionais, sendo composto por exercícios constantemente variados e de alta intensidade (FISKER *et al.*, 2017; CLAUDINO *et al.*, 2018). A prática do CrossFit utiliza uma mistura de elementos de diferentes modalidades esportivas como exercícios da ginástica, de levantamento de peso olímpico (LPO) e cardiorrespiratórios (GLASSMAN, 2002; 2007). A filosofia deste programa de treinamento criado por Glassman em 2001 visa aperfeiçoar a competência física em dez domínios: resistência, força e flexibilidade muscular, energia, velocidade, coordenação, agilidade, equilíbrio, precisão e resistência cardiovascular e respiratória (GLASSMAN, 2007). Desde então, o esporte conta com um número crescente de praticantes e, atualmente, encontra-se presente em 142 países com mais de 15000 academias afiliadas (crossfitmaps.com).

As sessões de treino do CrossFit são divididas basicamente em três momentos (aquecimento, *Skill* e *WOD*). O aquecimento é realizado em intensidade e níveis de complexidade menores, objetivando a preparação para as atividades que virão na subsequência. Um segundo momento, denominado *skill*, é realizado para trabalhar a habilidade do indivíduo necessária ao aprendizado de um novo movimento ou exercício e também pode ser composto por séries de exercícios de força. A terceira parte da sessão, considerada o momento principal do treino, é o *WOD* (“*workout of the day*”), caracterizado por combinações de diferentes modalidades esportivas (BUTCHER *et al.*, 2015; SPREY *et al.*, 2016).

Os treinos são compostos por uma grande variedade de movimentos que vão desde exercícios aeróbicos, calistênicos a atividades que envolvem força e potência muscular. Os principais exercícios do CrossFit encontram-se nas Figuras de 1 a 3. Esses movimentos são realizados em alta intensidade com pouco ou nenhum descanso entre as séries (WEISENTHAL *et al.*, 2014). O WOD pode ter vários formatos, como o maior número de repetições a ser realizado no menor tempo possível ou o maior número de repetições possível durante um período determinado, em inglês “*as many repetitions as possible*” (AMRAP) (SMITH *et al.*, 2013). Esse treinamento permite que um grupo de indivíduos com diferentes

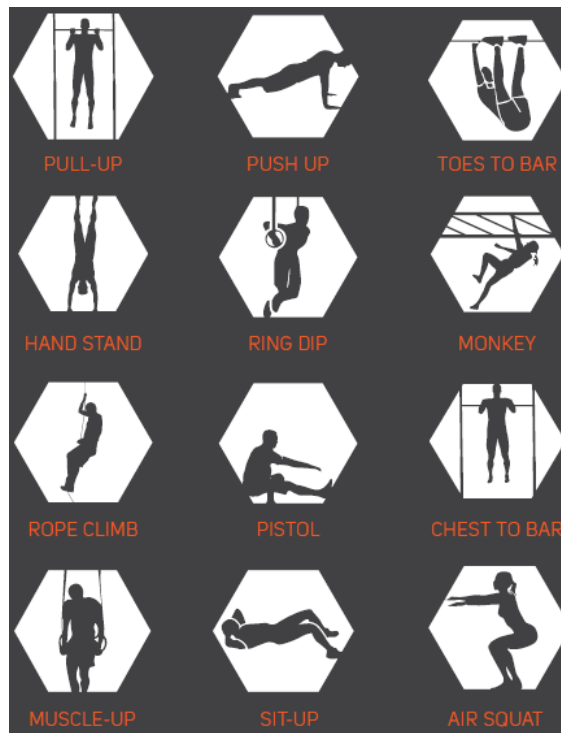
níveis de experiência e habilidade realizem o mesmo treino, respeitando a individualidade de cada um. Para isso, o treinador pode simplificar o movimento ou modificar a sobrecarga do exercício, de forma a permitir que todos participem. Além disso, o treinador pode utilizar como base os *Benchmarks*, que são WODs ou “treinos padrão” que servem como parâmetro avaliativo individual, possibilitando assim verificar a evolução dos atletas (BUTCHER *et al.*, 2015)

Figura 1- Exercícios característicos do LPO e *powerlifting* incorporados no CrossFit



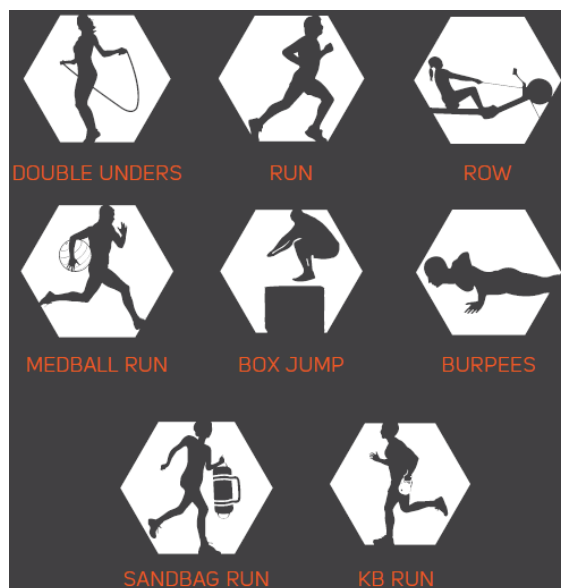
Fonte: MODIFICADO DO DICIONÁRIO DO CROSSFIT, 2018.

Figura 2- Exercícios característicos da ginástica incorporados no CrossFit



Fonte: MODIFICADO DO DICIONÁRIO DO CROSSFIT, 2018.

Figura 3- Exercícios aeróbicos/cíclicos incorporados no CrossFit.



Fonte: MODIFICADO DO DICIONÁRIO DO CROSSFIT, 2018.

A literatura científica investiga os possíveis benefícios e riscos relacionados à prática do CrossFit. Em sua maioria, os estudos buscam os efeitos do esporte em parâmetros relacionados à composição corporal, comportamento psicossocial, fatores fisiológicos e risco de lesões musculoesqueléticas. Os principais benefícios da atividade física acontecem de forma crônica, porém, algumas mudanças fisiológicas também são observadas de forma aguda, isto é, com apenas uma sessão de treino. Tibana *et al.* (2016) avaliou o efeito de dois dias consecutivos de treinamentos diferentes em homens treinados. Observou-se que apenas uma sessão de treinamento foi capaz de gerar estímulos a ponto de promover importantes alterações metabólicas, como a diminuição nos níveis de citocinas anti-inflamatórias (IL6 e IL10), assim como um aumento relevante da concentração de lactato e glicose sanguíneos (TIBANA *et al.*, 2016). Smith *et al.* (2013) avaliou 43 adultos saudáveis com diferentes níveis de aptidão física, submetidos a 10 semanas de treinamento de CrossFit. Os resultados demonstram que a modalidade foi capaz de aumentar VO2 máximo e reduzir os índices de gordura corporal em todos os grupos estudados, independentemente do gênero e nível de aptidão física (SMITH *et al.*, 2013). Da mesma forma, Cialowicz *et al.* (2015) observaram melhoras consideráveis nos níveis de VO2 máximo após três meses de treinamento em ambos os sexos, como também um aumento da BDNF (proteína responsável pelo aumento da massa magra nos homens e redução de gordura corporal nas mulheres) (MURAWSKA-CIALOWICZ *et al.*, 2015).

Apesar dos múltiplos benefícios da prática do CrossFit, a modalidade tem sido alvo de muitas críticas, especialmente porque acredita-se que o esporte possa gerar um alto número de lesões (PARTRIDGE *et al.*, 2014). Contudo, a literatura apresenta taxas entre 2,1 e 3,3 lesões a cada 1000 horas de treinamento, valores que são compatíveis com modalidades semelhantes como LPO, ginástica e *powerlifting* e mais baixas do que em outros esportes como futebol, basquetebol, *hockey* e *rugby* (HAK *et al.*, 2013; MONTALVO *et al.*, 2017; MORAN *et al.*, 2017). As articulações mais lesionadas são o ombro, seguido pela coluna lombar; há divergências na literatura quanto à terceira articulação mais atingida, sendo elas o joelho e o cotovelo (HAK *et al.*, 2013; WEISENTHAL *et al.*, 2014; SUMMITT *et al.*, 2016; FEITO *et al.*, 2018). Além disso, os resultados dos estudos mostram que os riscos de lesão foram maiores em homens (WEISENTHAL *et al.*, 2014; MORAN *et al.*, 2017), em indivíduos competidores (MONTALVO *et al.*, 2017) e em atletas com tempo de prática no esporte maior que 6 meses (SPREY *et al.*, 2016; MONTALVO *et al.*, 2017). Dessa forma, a adequada realização da rotina de treinamento depende de competência técnica para adotar a execução

correta dos movimentos e da capacidade do sistema musculoesquelético do indivíduo para lidar com alta demanda de geração e dissipação de força.

O CrossFit impõe demandas em diferentes segmentos corporais. Por exemplo, durante o agachamento, a musculatura dos membros inferiores do atleta não deve apenas gerar o movimento no plano sagital, mas também estabilizar o membro inferior nos outros planos, permitindo um alinhamento dinâmico adequado durante o exercício (CASHMAN, 2012). Além da demanda para os músculos dos membros inferiores, vários exercícios também impõem demanda nos músculos do tronco e dos membros superiores, como os movimentos do LPO e os movimentos da ginástica (KONRAD *et al.*, 2001; COOLS *et al.*, 2007; ERIKSSON CROMMERT *et al.*, 2014). A execução segura desses exercícios requer força muscular do tronco e ombro para gerar movimento e estabilizar esses segmentos. Além da capacidade de geração de força, devido às características do treinamento desse esporte relacionadas à alta velocidade de execução dos movimentos, ao elevado número de repetições e ao curto tempo de recuperação entre as séries (MEYER *et al.*, 2017), o atleta também precisa ter atributos como resistência e potência muscular para a realização do treinamento. Por exemplo, estudos identificaram o aumento da taxa de lactato sanguíneo e a diminuição na capacidade de geração de potência muscular durante uma sessão de treinamento, o que está relacionado à ocorrência de fadiga muscular (TIBANA *et al.*, 2016; MATÉ-MUÑOZ *et al.*, 2017; TIBANA *et al.*, 2017). Portanto, a prática do CrossFit impõe demanda em diferentes músculos e articulações exigindo desses capacidade para gerar, dissipar e transferir energia mecânica durante a realização dos movimentos.

A investigação dos parâmetros relacionados ao desempenho muscular (por exemplo, força, trabalho, potência e resistência) é necessária considerando a alta demanda que a prática do CrossFit impõe ao sistema musculoesquelético. Contudo, a caracterização do desempenho muscular desses atletas ainda é escassa na literatura. Kramer *et al.* (2016) relataram dados isocinéticos para os músculos do joelho avaliando o efeito da suplementação crônica de nitrato em praticantes de CrossFit (KRAMER *et al.*, 2016). Esse estudo demonstrou que não houve melhora significativa da força após a ingestão de nitrato. Já Motta *et al.* (2018) verificaram a diferença entre os sexos e a assimetria entre os membros através da avaliação da capacidade de geração de torque isocinético (concêntrico e excêntrico) das articulações do joelho e ombro em praticantes de CrossFit (MOTTA *et al.*, 2018). O estudo aponta que os homens apresentam maior capacidade de geração de torque, o que está diretamente

relacionado com a maior proporção de massa magra em relação às mulheres. Além disso, não houve assimetria entre membros no pico de torque de flexores e extensores de joelho e rotadores internos de ombro. No entanto, esses autores não relataram outros parâmetros de desempenho muscular, como trabalho, potência e fadiga muscular, dados que são geralmente negligenciados na maioria dos estudos de avaliação isocinética (LEE *et al.*, 2018; MOTTA *et al.*, 2018; RISBERG *et al.*, 2018). Além disso, não há dados na literatura sobre o desempenho muscular de demais grupos musculares nessa população. Sendo assim, é necessária uma avaliação abrangente do desempenho muscular em praticantes de CrossFit, considerando que é uma modalidade que envolve multisegmentos.

O objetivo deste estudo foi caracterizar o perfil de desempenho muscular de praticantes de CrossFit através da avaliação de flexores e extensores de joelho e quadril, abdutores de quadril, extensores de tronco, abdutores horizontais de ombro e retratores da escápula e preensão palmar e verificar o efeito do sexo e dominância sobre o desempenho muscular. Além disso, foi avaliada a associação entre o tempo de prática no esporte e o volume de treinamento com o desempenho muscular.

2 ARTIGO

Lower limbs, trunk and upper limbs muscular performance in CrossFit practitioners: effect of sex and dominance

Ana Luiza R. Rodrigues^a, Renan A. Resende^a, Livia S. Pogetti^a, Henrique M. P. Faria^a,
Juliana M. Ocarino^a.

^a Graduate Program in Rehabilitation Science, Physical Therapy Department, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Corresponding Author

Juliana M. Ocarino

Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Pampulha, Avenida Antônio Carlos 6627,
Physical Education, Physical Therapy and Occupational Therapy School, Department of
Physical Therapy, 31270901, Belo Horizonte, MG, Brazil.

Phone number: +55 (31) 34097409

Fax number: +55 (31) 34094783

Email: julianaocarino@gmail.com

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES - Finance Code 001), State of Minas Gerais Funding Agency (FAPEMIG) and Brazilian Funding Agency (CNPq).

ABSTRACT

The practice of CrossFit, characterized by a diversity of exercises and high intensity, imposes a high demand on the musculoskeletal system. The aim of this study was to characterize the muscular performance profile of CrossFit practitioners, assessing the influence of sex and dominance. We also assessed the association of CrossFit years of practice and training volume with muscular performance. The sample (n =111; 58 men and 53 women) was submitted to evaluation of isokinetic strength of knee flexors (KF) and extensors (KE), hip flexors (HF) and extensors (HE), and hip abductors (HA) in two angular velocities, isometric strength of trunk extensors (TE), shoulder horizontal abductors and scapular retractors (SASR) muscles and handgrip strength (HD). Mixed multivariate analyses of variance, independent t-tests and Pearson coefficient were used as statistical analyses. Men presented better performance than the women in most variables of muscular performance ($p < 0.05$). The dominant limb had higher values of HD strength ($p = 0.002$), higher power of KE at 60°/s ($p = 0.015$), lower values of knee flexors:extensors ratio at 60°/s ($p = 0.021$) and 300°/s ($p = 0.008$) and lower work fatigue of KE ($p = 0.002$). The training volume variable was correlated only with peak torque at 60°/s of KF muscles ($r = 0.189$; $p = 0.048$). The present study characterized the muscular performance of CrossFit practitioners. The men presented better muscular performance than the women even in the variables normalized by body mass. The absence of asymmetry between dominant and non-dominant limbs for most variables suggests that CrossFit imposes a symmetrical demand on the musculoskeletal system. Finally, the results revealed that the variables related to training did not influence most variables of muscular performance.

Keywords: CrossFit; High-intensity functional training; Muscle performance; Isokinetic evaluation; Isometric evaluation.

INTRODUCTION

CrossFit is a kind of weight-training sports that involves high-intensity exercises performed quickly and with little or no recovery time (13, 20). The objective of this training program is to improve physical attributes in different domains, such as strength, flexibility, power, agility, balance, coordination, precision, cardiovascular and respiratory endurance (13, 23). In order to accomplish this objective, the CrossFit training routine involves varied functional movements of different sport modalities, such as weightlifting (e.g. squat, overhead press), gymnastics (e.g. hing exercises, handstand, push-ups), and cardiorespiratory conditioning (e.g. running, rowing, jump) (22).

During the CrossFit sessions, circuit training is often employed to impose physical demands on different body segments. For example, during squats, the athlete's lower limbs muscles must not only generate and control movement in the sagittal plane, but also stabilize the lower limbs movement in the frontal and transverse planes in order to maintain appropriate dynamic alignment during the exercise (11). Moreover, several exercises, such as weightlifting (Olympic lifts, power lifts) and gym up movements (push-ups and hing exercises), also demand trunk and upper limbs muscles strength (14, 18, 25). In addition to strength, the high movement velocity, high number of repetitions and short or no recovery time between sets of CrossFit training programs (30) also demand muscular endurance, power and work performance. For example, there is evidence that a CrossFit training session increases the blood lactate rate (28) and decreases muscle capacity to generate power, which can also be related to the occurrence of muscular fatigue (38). Therefore, the CrossFit practice involves multijoint movements to execute a great variety of exercises, requiring different muscle functions, such as torque, work, power, and endurance.

The appropriate performance during CrossFit training depends on the correct execution of movements and the capacity of the musculoskeletal system to generate, dissipate and transfer mechanical energy among body segments involved in execution of the exercises (31). In addition, the presence of asymmetry between limbs and/or muscle imbalance between agonist and antagonist muscles has been proposed as risk factors for sports injuries (6, 27, 36). In this sense, muscular performance assessment can provide data related to weakness, asymmetries or muscular imbalance in CrossFit practitioners, which may help sports team to direct training or rehabilitation routine for these individuals. However, muscular performance data for this population are not well reported in literature. Thus, the purpose of this study was to characterize the muscular performance of CrossFit practitioners and to investigate the influence of sex and limb dominance. In addition, we also investigated the association of CrossFit years of practice and training volume with muscular performance.

METHODS

Experimental Approach to the Problem

This cross-sectional study assessed muscular performance of the knee, hip, lumbar, shoulder horizontal abductors and scapular retractors muscles and handgrip strength in CrossFit practitioners of both sexes and different categories. Information about CrossFit years of practice and training volume were also collected in order to investigate if these variables were associated with muscular performance.

Subjects

A total of 172 Crossfit practitioners were initially recruited (89 man and 83 women). Sixty one were excluded because they did not fit the inclusion criteria and 111 practitioners (58 men and 53 women) concluded the study. Descriptive characteristics of the participants are presented in Table 1. The inclusion criteria were: 18 to 45 years of age; minimum of one year of CrossFit practice, absence of musculoskeletal injury in the last 6 months and/or surgery in the past year. Injury was defined as time loss from training equal or greater than 7 days, or 14 days of training with decreased capacity (41). Individuals who were unable to perform the tests or who experienced pain during the procedure were excluded from the study. Prior to participation, the objectives, procedures, and risks of the study were explained to the participants and they signed an informed-consent form. This study was approved by the Ethics Committee at the University (Protocol number: CAAE 93670418.9.0000.5149).

Insert_table 1_about_here

Procedures

Initially, participants completed the sample characterization form and body mass and height were measured. After, the participants performed a warm-up of 1 minute of jumping jack. The order of the strength tests was: isometric strength of the lumbar extensors, shoulder horizontal abductors and scapular retractors muscles and handgrip strength and isokinetic strength of the knee and hip muscles. Each subject performed three submaximal contractions before isometric tests and at each tested speed in the isokinetic for

familiarization. The practitioners received verbal encouragement to perform maximum force during the tests (35).

The maximal voluntary isometric contraction of the lumbar extensors was assessed using a lumbar hydraulic dynamometer (Cz Flexar Lr-221[®]), with a capacity of 200kgf (9). The practitioner was placed in standing position on the platform, with the knees and elbows extended, trunk flexed at 120° and both hands holding the bar of the device. After positioning, the practitioner was instructed to extend the trunk with maximum muscular contraction for 5 seconds. The maximal voluntary isometric strength of the shoulder horizontal abductors and scapular retractors muscles was assessed using a hydraulic scapular dynamometer (Crown[®] brand) with a capacity of 50kgf. The participant was in standing position with hips aligned with shoulders. The scapular dynamometer was held with both hands with a neutral grip on the sternum line. The elbows were flexed and shoulders abducted at 90° (9). The practitioner was instructed to pull the arms simultaneously, performing maximum strength of shoulder horizontal abduction and scapular retraction for 5 seconds. In order to assess the handgrip strength with the Jamar[®] dynamometer, the subject was positioned in a chair without arm support, with the shoulder adducted, elbow flexed at 90° and wrist in neutral position, according to the recommendations of the *American Society of Hand Therapy* (7). An isometric contraction was required for 5 seconds, bilaterally, starting with the dominant limb (defined by the preferred hand to write) (16). The isometric strength data were converted into Newton (N) and normalized by the body mass of each participant to allow comparison between individuals. Three trials were performed for each isometric test with 30 seconds of rest time between them. The test-retest reliability of the maximal voluntary isometric contraction tests was assessed in a pilot study performed with ten participants and seven days of interval between measurements. The intraclass correlation coefficient (ICC_{3,3}), 95%

interval confidence (lower limit – upper limit) and standard error of measurement were 0.910, 0.680 – 0.977 and 1.49 N/kg for lumbar extensors, 0.827, 0.448 – 0.954 and 0.26 N/kg for shoulder horizontal abductors and scapular retractors muscles, 0.884, 0.601 – 0.970 and 0.92 N/kg for handgrip strength of dominant hand and 0.886, 0.541 – 0.964 and 0.87 N/kg of non-dominant hand.

The performance of knee and hip muscles was assessed using an isokinetic dynamometer (Biodex System® 4 Pro) in the concentric mode, starting with the dominant limb (5, 21, 29), which was defined as the preferred leg to kick a ball as far as possible (40). For the knee flexors and extensors muscles, the participants were positioned seated with the trunk inclined at 70°. The trunk and the tested thigh were stabilized using the chair belts. The rotational axis of the dynamometer was aligned to the lateral epicondyle of the femur and the lever attached on 2cm (centimeters) above the lateral malleolus. The range of motion was 95° (100° to 5° of flexion) (15). The protocol for the assessment of concentric strength of the knee flexors and extensors consisted of 5 repetitions at 60°/s and 30 repetitions at 300°/s (39).

To assess the hip flexors and extensors muscles, the participant was positioned in supine over the dynamometer chair (12, 17). The rotational axis was aligned to the hip anteriorly and superior to the greater trochanter. The device lever was attached on the distal third of the thigh. The range of motion was 110° (10° to 120° of flexion). The protocol for the hip flexors and extensors assessment consisted of 5 repetitions at 60°/s and 30 repetitions at 240°/s.

In order to assess the hip abductors muscles, the participant was positioned side lying (3). The assessed limb was positioned parallel to the ground in neutral position. The

contralateral hip and knee were flexed and fixed with straps. The trunk was stabilized using a belt proximal to the iliac crest. The axis of rotation of the dynamometer was aligned with greater trochanter of the femur (3, 8). The lever was attached to the distal third of the thigh. The range of hip motion was 45° (0° [neutral position]) to 45° of hip abduction). The protocol for hip abductors assessment consisted of 5 repetitions at 60°/s (5).

The participants had one minute of rest between assessments at different angular velocities. For all isokinetic tests, the tested leg was weighted to correct for the effects of gravity on the torque measured, according to the specifications of the Biodex Manual. The variables selected were: peak torque normalized by body mass, maximum work normalized by body mass, work fatigue, average power, and agonist:antagonist ratio (1). In order to guarantee that only the isokinetic portion of the test was used, the windowing option was turned on.

Statistical analysis

Descriptive analysis (mean, standard deviation and 95% confidence intervals) was used to characterize the sample and the study variables. Normality of the data was verified with Kolmogorov-Smirnov test. Five mixed multivariate analyses of variance (MANOVA) were used to compare the isokinetic variables (peak of torque and maximum work normalized by body mass, power, work fatigue and agonist:antagonist ratio) of each muscle (knee flexors and extensors, hip flexors, extensors and abductors) between sexes and limbs (dominant and non-dominant). Mixed analyses of variance (ANOVA) were performed to locate differences. ANOVA was also used to compare the handgrip strength between sexes and limbs. In

addition, the sexes were compared considering the lumbar and shoulder horizontal abductors and scapular retractors isometric strength using independent t-test. Finally, Pearson's correlation coefficients were used to test if CrossFit years of practice and training volume were associated with isometric strength and peak of torque in knee and hip joint at 60°/s. The probability of type I error was set at 0.05 for all statistical analyses.

RESULTS

The descriptive data of the performance of the trunk extensors, shoulder horizontal abductors and scapular retractors, handgrip, knee flexors and extensors, hip flexors, extensors and abductors muscles are presented in Tables 2 to 5, respectively.

Insert_table 2_about_here

Considering the isometric strength, men performed greater strength for the lumbar extensors ($t = 8.205$; $d = 1.563$; $p < 0.001$), shoulder horizontal abductors and scapular retractor muscles ($t = 3.366$; $d = 0.641$; $p = 0.001$) and for handgrip strength ($F = 8.06$; $d = 0.771$; $p = 0.001$). In addition, the dominant hand developed greater palmar strength than non-dominant hand ($F = 1.518$; $d = 0.286$; $p < 0.002$).

Insert-table 3_about_here

The analysis of isokinetic performance of the knee joint revealed that men presented better performance compared to women in all variables for the knee flexors and extensors

muscles ($p < 0.05$), except for work fatigue (Table 2). Effect of dominance was observed for flexors:extensors ratio at $60^\circ/s$ ($p = 0.021$) and $300^\circ/s$ ($p = 0.008$), the dominant limb presented smaller ratio compared to the non-dominant limb. Effect of dominance was also observed in knee extensors power $60^\circ/s$ ($p = 0.015$) and in work fatigue ($p = 0.002$). The dominant limb presented better performance in these variables compared to the non-dominant limb. No interaction effect was observed for the muscular performance variables of the knee joint ($p > 0.05$).

Insert-table 4_about_here

Considering the performance of the hip extensors muscles, men presented better performance compared to women in all variables ($p < 0.001$), except for work fatigue. For the hip flexors muscles, male practitioners presented better performance than women for peak torque at $60^\circ/s$ ($p = 0.040$) and $240^\circ/s$ ($p = 0.001$) maximum work at $240^\circ/s$ ($p = 0.011$) and power at $60^\circ/s$ ($p < 0.001$) and $240^\circ/s$ ($p < 0.001$). In addition, men had greater flexors:extensors ratio at $60^\circ/s$ ($p = 0.033$) and $240^\circ/s$ ($p = 0.010$) compared to women. No main effect dominance or interaction effect was observed for all isokinetic variables for hip flexors and extensors muscles ($p > 0.05$). For the hip abductor muscles, men developed greater power at $60^\circ/s$ ($p < 0.001$) and $240^\circ/s$ ($p < 0.001$) in comparison to women. No other sex differences or main effect of limb dominance and interaction effect was observed ($p > 0.05$).

Insert-table 5_about_here

Insert-table 6_about_here

There was no association of CrossFit years of practice and training volume with muscular performance variables ($p > 0.05$). The training volume variable was correlated only with peak torque of knee flexors muscles at $60^\circ/\text{s}$ ($r = 0.189$, $p = 0.048$).

DISCUSSION

The purpose of this study was to characterize the muscular performance of CrossFit practitioners and to investigate the influence of sex, limb dominance, CrossFit years of practice and training volume. The results revealed that men exhibited greater muscular performance than women. CrossFit practitioners showed symmetry between dominant and non-dominant limbs in most of the muscular performance variables. Finally, weak positive correlation was found between weekly training hours and isokinetic peak torque of knee flexors at $60^\circ/\text{s}$.

The present study has provided descriptive values of muscular performance for the knee, hip, trunk extensors muscles, shoulder horizontal abductors and scapular retractors muscles, and handgrip strength in CrossFit practitioners of both sexes. Few studies assessed muscular performance in this population (26, 32). Kramer et al (24) reported isokinetic peak torque for knee muscles assessing the effect of chronic dietary nitrate supplementation. However, these authors did not normalize torque values by body mass, which makes it impossible to compare with our results (26). Motta et al (32) assessed the isokinetic peak torque of the knee and shoulder muscles in CrossFit practitioners and found slightly greater

values of concentric peak torque of knee flexors (16%), extensors (8%) and flexors:extensors ratio (9%) in both sexes when compared to data reported in the present study. These studies focused on the assessment of the knee joint and on the peak torque variable. Therefore, they did not report other parameters of muscular performance, such as work, power and work fatigue. The assessment of these other variables is important since they inform about the capability of the muscle develops strength along the range of motion (work), along the repetitions (work fatigue) and about the rate of force production (power), complementing the information about maximum strength (peak of torque). In this sense, the evaluation of these muscles functions would allow more comprehensive characterization of muscular performance of CrossFit practitioners. However, there is no data in the literature about different muscular parameters for the knee joint, neither for the other muscular groups assessed in the present study. In this perspective, our study presents the characterization of muscular performance of the knee, hip, trunk extensors, shoulder horizontal abductors and scapular retractors muscles, and handgrip strength in CrossFit practitioners. These data may contribute to future comparisons in sports (training and rehabilitation) and research settings.

We observed lower values (46%) of flexors:extensors ratio of the knee joint at 60°/s than the values previously demonstrated by other studies (47% to 60%) (24), or to values observed for practitioners of high-intensity functional training (mean of 52.12%) (32). There is no data in the literature about flexors:extensors ratio of hip joint in CrossFit athletes. However, our athletes exhibited muscle ratio between the hip flexors and extensors (men= 68%, woman= 62%) similar to those of healthy individuals (men= 75% and woman 65%) (10). Considering that the presence of muscular imbalances has been pointed as a risk factor for injury in athletes (33, 42), a special attention to strengthening of hamstrings should be

taken into account in CrossFit practitioners assessed in this study in order to minimize these muscular imbalance observed in the knee joint.

CrossFit practitioners showed work fatigue of approximately 40% for knee extensors, 42% for knee flexors, 37.5% for hip extensors, 24.5% for hip flexors and 26.5% for hip abductors. CrossFit practice involves high power throughout the training, which can result in muscle fatigue (28). For example, Mate-Muñoz et al. (28) reported that the exercises performed in one CrossFit session resulted in muscle fatigue, decreasing jump height, maximum strength and power in athletes. The results of the present study demonstrated that the knee muscles showed less muscular endurance (greater fatigue) when compared to the hip joint muscles, for both sexes. Considering that the fatigue can modify the quality of movement and consequently predispose the athlete to injury (41), training sessions including a greater number of repetitions for the knee muscles could improve these muscles endurance in CrossFit practitioners.

The present study also characterized the isometric strength of the trunk extensors, shoulder horizontal abductors and scapular retractors muscles, and handgrip strength in CrossFit practitioners. The muscles of these joints are recruited during the majority of CrossFit exercises, such as powerlifting and gymnastics movements. Korakais et al. (2) assessed the isometric strength of the lumbar extensors in competitive and uncompetitive male powerlifters in sitting position. They found lower values (mean of 5.32 Nm/kg) of lumbar extensors torque in comparison to the athletes assessed in the present study (17.8 Nm/kg). This difference might be explained by the different test positions. We chose to assess the lumbar extensors in standing position, with the trunk inclined anteriorly, because it

resembles the powerlifting exercises performed during the CrossFit training sessions. Regarding the upper body, we opted for assessing strength during a movement that involves isometric contraction of shoulder and scapular muscles similar to the demand of holding bars that occur during several exercises in CrossFit. There is no data in the literature to compare with the upper body measure used in the present study. Therefore, this study can contribute to the establishment of reference values that can be used in future comparisons.

The assessment of sex effects revealed that men exhibited better muscular performance compared to women, even when variables were normalized by body mass. Considering that muscle strength is influenced by body size, the normalization of these variables by body mass has traditionally been performed to remove body size dependence (4). Men that practice high-intensity functional training also demonstrated better performance than women (32). The fact that men have a higher percentage of lean mass (80.15%) relative to total body mass than women (70.8%) might help to explain these findings (32). Therefore, the strength normalization by body mass minimized, but did not eliminate, sex differences. However, normalization of strength variables by body mass is still important to allow comparisons between different populations and studies results (4), since this procedure reduces the influence of body size on these variables.

Regarding limb dominance effect, the results of the present study revealed lack of asymmetry between limbs in most of the muscular performance variables. Specifically, dominant limb demonstrated better performance than non-dominant only for knee extensors power at 60°/s and work fatigue, and for handgrip strength. Considering the knee flexors:extensors ratio variable, the dominant limb showed lower ratio compared to non-dominant limb during both angular speeds. The clinical relevance of these differences must be

addressed. We observed slight differences between dominant and non-dominant limbs in these variables (mean difference of 3.8 watts for knee extensors power at 60°/s, 3.3% for work fatigue, 0.020N/kg for handgrip strength e 1.6% for flexors:extensors ratio). In addition, the limbs demonstrated less than 10% of difference for all variables, which is the cut-off point of asymmetry between limbs that may increase the athlete's risk of injury (6, 27, 36). Despite the statistical significance reached due to the large sample size (34), the magnitude of the differences suggests that these asymmetries are not clinically relevant. There was no dominance effect for the other muscular performance variables. The lack of asymmetries was also observed in a study investigating movement pattern in CrossFit practitioners (37). Tafuri et al (37) demonstrated that CrossFit practitioners were symmetrical during movement pattern tests compared to Olympic weightlifting and bodybuilding athletes. As most variables of muscular performance tested in the present study were similar between limbs, the CrossFit practice seems to impose symmetrical demand over the musculoskeletal system.

The results of the present study demonstrated that the participation time in CrossFit did not correlate with variables of muscular performance. A weak positive correlation was only observed for training volume and peak torque of knee flexors at 60°/s, indicating that individuals with higher training hours during week presented greater capacity to generate torque in knee flexors. It was expected that CrossFit years of practice and training volume had a positive correlation with parameters of muscular performance, which was not observed. In our sample, the time of practice in sport ranged from 12 to 96 months in men and 12 to 60 months in women and the hours of training per week ranged from 2 to 24 in men and 2 to 18 hours in women. Perhaps the high variability in these variables may influence the absence of relation with muscular performance. Moreover, due to the inclusion criterion, all athletes had

at least one year of sport practice, maybe the influence of these variables on muscle performance would be more evident in athletes with less experience in sport.

A limitation of the present study was not investigating muscular eccentric strength, which also would be relevant considering the characteristics of the exercises practiced in CrossFit. The assessment of trunk and upper limb muscles was assessed only isometrically, therefore, so further studies can investigate the isotonic strength of these muscles. In addition, the assessment of some CrossFit practitioners with low training volume (2h/week) may have limited the investigation of influence of this variable on muscular performance. A distinction of the present study is the characterization of different parameters regarding muscular performance for knee and hip joints and the evaluation of trunk and upper limbs in both sexes, which are segments that lead with high demand in CrossFit and that present a higher prevalence of injuries in this modality (19).

PRACTICAL IMPLICATIONS

We have no knowledge of previous studies describing muscular performance of lower limbs, trunk and upper limbs in CrossFit practitioners. The present study described data of muscular performance for CrossFit practitioners demonstrating that men presented better performance than women and that this sport seems impose a symmetrical demand over dominant and non-dominant sides. The muscular performance parameters presented in the present study can be used as reference values related to muscle capacity to generate torque, work, power, endurance on the knee and hip joint, as well as the isometric strength for trunk extensors, shoulder horizontal abductors and scapular retractors muscles and handgrip

strength in CrossFit practitioners of both sexes. These parameters can be used in future comparisons in a clinical context of training and rehabilitation or in future studies with this population.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES - Finance Code 001). We are also thankful to the State of Minas Gerais Funding Agency FAPEMIG and to the Brazilian Funding Agency CNPQ.

REFERENCES

1. Amaral GM, Marinho HV, Ocarino JM, Silva PL, Souza TRd, and Fonseca ST. Muscular performance characterization in athletes: a new perspective on isokinetic variables. *Brazilian journal of physical therapy* 18: 521-529, 2014.
2. Androulakis-Korakakis P, Gentil P, Fisher JP, and Steele J. Comparison of Isolated Lumbar Extension Strength in Competitive and Noncompetitive Powerlifters, and Recreationally Trained Men. *Journal of strength and conditioning research*, 2018.
3. Baldon RdM, Lobato DFM, Carvalho LP, Santiago PRP, Benze BG, and Serrão FV. Relationship between eccentric hip torque and lower-limb kinematics: gender differences. *Journal of applied biomechanics* 27: 223-232, 2011.
4. Bazett-Jones DM, Cobb SC, Joshi MN, Cashin SE, and Earl JE. Normalizing hip muscle strength: establishing body-size-independent measurements. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 92: 76-82, 2011.
5. Belhaj K, Meftah S, Mahir L, Lmidmani F, and Elfatimi A. Isokinetic imbalance of adductor–abductor hip muscles in professional soccer players with chronic adductor-related groin pain. *European journal of sport science* 16: 1226-1231, 2016.
6. Bell DR, Sanfilippo JL, Binkley N, and Heiderscheit BC. Lean mass asymmetry influences force and power asymmetry during jumping in collegiate athletes. *Journal*

- of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association* 28: 884, 2014.
7. Bohannon RW, Peolsson A, Massy-Westropp N, Desrosiers J, and Bear-Lehman J. Reference values for adult grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy* 92: 11-15, 2006.
 8. Boling MC, Padua DA, and Alexander Creighton R. Concentric and eccentric torque of the hip musculature in individuals with and without patellofemoral pain. *Journal of athletic training* 44: 7-13, 2009.
 9. Branco BHM, Andreato LV, Ribeiro ED, de Oliveira HG, Almeida FN, and Junior NN. Development of tables for classifying judo athletes according to maximal isometric strength and muscular power, and comparisons between athletes at different competitive levels. *Sport Sciences for Health* 14: 607-614, 2018.
 10. Calmels PM, Nellen M, van der Borne I, Jourdin P, and Minaire P. Concentric and eccentric isokinetic assessment of flexorextensor torque ratios at the hip, knee, and ankle in a sample population of healthy subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 78: 1224-1230, 1997.
 11. Cashman GE. The effect of weak hip abductors or external rotators on knee valgus kinematics in healthy subjects: a systematic review. *Journal of sport rehabilitation* 21: 273-284, 2012.
 12. Castro MPd, Ruschel C, Santos GM, Ferreira T, Pierri CAA, and Roesler H. Isokinetic hip muscle strength: a systematic review of normative data. *Sports biomechanics*: 1-29, 2018.
 13. Claudino JG, Gabbett TJ, Bourgeois F, de Sá Souza H, Miranda RC, Mezêncio B, Soncin R, Cardoso Filho CA, Bottaro M, and Hernandez AJ. Crossfit overview: systematic review and meta-analysis. *Sports medicine-open* 4: 11, 2018.
 14. Cools AM, Geeroms E, Van den Berghe DF, Cambier DC, and Witvrouw EE. Isokinetic scapular muscle performance in young elite gymnasts. *Journal of athletic training* 42: 458, 2007.
 15. Deli CK, Paschalis V, Theodorou AA, Nikolaidis MG, Jamurtas AZ, and Koutedakis Y. Isokinetic knee joint evaluation in track and field events. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 25: 2528-2536, 2011.
 16. Desrosiers J, Bravo G, Hébert R, and Mercier L. Impact of elbow position on grip strength of elderly men. *Journal of Hand Therapy* 8: 27-30, 1995.
 17. Dugailly P-M, Brassinne E, Pirotte E, Mouraux D, Feipel V, and Klein P. Isokinetic assessment of hip muscle concentric strength in normal subjects: A reproducibility study. *Isokinetics and Exercise Science* 13: 129-137, 2005.
 18. Eriksson Crommert M, Ekblom M, and Thorstensson A. Motor control of the trunk during a modified clean and jerk lift. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 24: 758-763, 2014.
 19. Feito Y, Burrows EK, and Tabb LP. A 4-Year Analysis of the Incidence of Injuries Among CrossFit-Trained Participants. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 6: 2325967118803100, 2018.
 20. Fisker F, Kildegaard S, Thygesen M, Grosen K, and Pfeiffer-Jensen M. Acute tendon changes in intense CrossFit workout: an observational cohort study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 27: 1258-1262, 2017.
 21. Ghareeb DM, McLaine AJ, Wojcik JR, and Boyd JM. Effects of Two Warm-up Programs on Balance and Isokinetic Strength in Male High School Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 31: 372-379, 2017.
 22. Gianzina EA and Kassotaki OA. The benefits and risks of the high-intensity CrossFit training. *Sport Sciences for Health* 15: 21-33, 2019.

23. Glassman G. Understanding crossfit. *CrossFit Journal* 56, 2007.
24. Grygorowicz M, Michałowska M, Walczak T, Owen A, Grabski JK, Pyda A, Piontek T, and Kotwicki T. Discussion about different cut-off values of conventional hamstring-to-quadriceps ratio used in hamstring injury prediction among professional male football players. *PloS one* 12: e0188974, 2017.
25. Konrad P, Schmitz K, and Denner A. Neuromuscular evaluation of trunk-training exercises. *Journal of athletic training* 36: 109, 2001.
26. Kramer SJ, Baur DA, Spicer MT, Vukovich MD, and Ormsbee MJ. The effect of six days of dietary nitrate supplementation on performance in trained CrossFit athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 13: 39, 2016.
27. Lynch AD, Logerstedt DS, Grindem H, Eitzen I, Hicks GE, Axe MJ, Engebretsen L, Risberg MA, and Snyder-Mackler L. Consensus criteria for defining ‘successful outcome’ after ACL injury and reconstruction: a Delaware-Oslo ACL cohort investigation. *Br J Sports Med* 49: 335-342, 2015.
28. Maté-Muñoz JL, Lougedo JH, Barba M, García-Fernández P, Garnacho-Castaño MV, and Domínguez R. Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PloS one* 12: e0181855, 2017.
29. Maurelli O, Bernard PL, Dubois R, Ahmaidi S, and Prioux J. Effects of the Competitive Season on the Isokinetic Muscle Parameters Changes in World-Class Handball Players. *Journal of strength and conditioning research*, 2018.
30. Meyer J, Morrison J, and Zuniga J. The benefits and risks of CrossFit: a systematic review. *Workplace health & safety* 65: 612-618, 2017.
31. Montalvo AM, Shaefer H, Rodriguez B, Li T, Epnere K, and Myer GD. Retrospective injury epidemiology and risk factors for injury in CrossFit. *Journal of sports science & medicine* 16: 53, 2017.
32. Motta C, de Lira CA, Vargas VZ, Vancini RL, and Andrade MS. Profiling the Isokinetic Muscle Strength of Athletes Involved in Sports Characterized by Constantly Varied Functional Movements Performed at High Intensity: A Cross-Sectional Study. *PM&R*, 2018.
33. Opar DA and Serpell BG. Is there a potential relationship between prior hamstring strain injury and increased risk for future anterior cruciate ligament injury? *Archives of physical medicine and rehabilitation* 95: 401-405, 2014.
34. Page P. Beyond statistical significance: clinical interpretation of rehabilitation research literature. *International journal of sports physical therapy* 9: 726, 2014.
35. Rendos NK, Harriell K, Qazi S, Regis RC, Alipio TC, and Signorile JF. Variations in Verbal Encouragement Modify Isokinetic Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 33: 708-716, 2019.
36. Risberg MA, Steffen K, Nilstad A, Myklebust G, Kristianslund E, Moltubakk MM, and Krosshaug T. Normative quadriceps and hamstring muscle strength values for female, healthy, elite handball and football players. *Journal of strength and conditioning research* 32: 2314, 2018.
37. Tafuri S, Notarnicola A, Monno A, Ferretti F, and Moretti B. CrossFit athletes exhibit high symmetry of fundamental movement patterns. A cross-sectional study. *Muscles, ligaments and tendons journal* 6: 157, 2016.
38. Tibana RA, de Almeida LM, Frade de Sousa NM, Nascimento DdC, Neto IV, de Almeida JA, de Souza VC, Lopes MdFT, Nobrega OdT, and Vieira DC. Two consecutive days of crossfit training affects pro and anti-inflammatory cytokines and osteoprotegerin without impairments in muscle power. *Frontiers in physiology* 7: 260, 2016.

39. van Dyk N, Bahr R, Whiteley R, Tol JL, Kumar BD, Hamilton B, Farooq A, and Witvrouw E. Hamstring and quadriceps isokinetic strength deficits are weak risk factors for hamstring strain injuries: a 4-year cohort study. *The American journal of sports medicine* 44: 1789-1795, 2016.
40. van Melick N, Meddeler BM, Hoozeboom TJ, Nijhuis-van der Sanden MW, and van Cingel RE. How to determine leg dominance: The agreement between self-reported and observed performance in healthy adults. *PloS one* 12: e0189876, 2017.
41. Weisenthal BM, Beck CA, Maloney MD, DeHaven KE, and Giordano BD. Injury rate and patterns among CrossFit athletes. *Orthopaedic journal of sports medicine* 2: 2325967114531177, 2014.
42. Yeung SS, Suen AM, and Yeung EW. A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *British journal of sports medicine* 43: 589-594, 2009.

TABLE 1 Characterization of the sample, mean and standard deviation (SD).

	MALE	FEMALE
Age (years)	29.41 (5.80)	28.0 (5.26)
Body mass (kg)	81.38 (8.10)	64.01 (8.67)
Height (m)	1.75 (0.06)	1.63 (0.05)
BMI (kg/m ²)	24.85 (2.71)	24.02 (2.71)
Time of participation in CrossFit (months)	29.31 (17.92)	26.09 (12.82)
Hours of training/week	7.44 (4.03)	6.15 (3.28)
Category*		
Scale	13	27
Intermediary	14	20
RX	31	6

BMI body mass index; Kg kilogram; kg/m² kilogram/square meter.

*numbers indicate the frequency of individual in each category.

TABLE 2 Mean, standard deviation (SD) and 95% confidence interval (CI) for isometric strength of the handgrip strength of dominant (DOM) and non-dominant (NDOM) limbs, lumbar extensors and shoulder horizontal abductors and scapular retractors muscles for each sex.

		FEMALE		MALE	
		Mean (SD)	95% CI	Mean (SD)	95% CI
Handgrip N/kg ^{*,**}	DOM	4.44 (0.88)	4.19 – 4.68	5.12 (0.97)	4.86 – 5.37
	NDOM	4.22 (0.92)	3.97 – 4.47	4.94 (0.96)	4.69 – 5.20
Lumbar N/kg [*]		13.15 (3.16)	12.28 – 14.02	17.84 (2.85)	17.02 – 18.59
Shoulder/Scapular N/kg [*]		3.09 (0.94)	3.83 – 3.35	3.61 (0.68)	3.43 – 3.79

N/kg Newton / kilogram; ^{*}significant main effect sex in independent t-test (p<0.05); ^{**}significant main effect dominance in mixed ANOVA (p<0.05).

TABLE 3 Mean, standard deviation (SD) and 95% confidence interval (CI) for knee extensors and flexors muscles peak torque (PT%), maximum work (MW%), average power (Watts), work fatigue (WF%) and flexors:extensors (F:E) ratio of dominant (DOM) and non-dominant (NDOM) limbs for each sex.

		60°/S				300°/S			
		FEMALE		MALE		FEMALE		MALE	
		Mean (SD)	95% CI	Mean (SD)	95% CI	Mean (SD)	95% CI	Mean (SD)	95% CI
PT extensors*	DOM	232.69 (49.29)	219.10 – 246.28	286.88 (41.57)	275.94 – 297.81	127.57 (22.57)	121.35 – 133.79	149.24 (24.03)	142.92 – 155.56
	NDOM	219.89 (43.40)	207.93 – 231.86	276.95 (44.84)	265.16 – 288.88	123.62 (20.53)	117.96 – 129.28	148.96 (23.24)	142.84 – 155.07
PT flexors*	DOM	107.00 (34.99)	97.35 – 116.64	132.25 (23.24)	126.14 – 138.36	64.46 (15.77)	60.11 – 68.81	80.31 (16.40)	75.99 – 84.62
	NDOM	104.20 (21.25)	98.34 – 110.06	131.31 (21.64)	125.62 – 137.00	66.79 (13.84)	62.98 – 70.61	80.50 (14.20)	76.76 – 84.23
MW extensors*	DOM	224.36 (46.80)	211.46 – 237.26	281.48 (38.17)	271.44 – 291.51	116.45 (23.46)	109.98 – 122.91	145.34 (25.64)	138.60 – 152.09
	NDOM	223.27 (53.70)	208.44 – 238.09	278.94 (42.35)	267.81 – 290.08	115.64 (20.24)	110.06 – 121.23	147.24 (26.32)	140.32 – 154.16
MW flexors*	DOM	123.97 (53.15)	109.32 – 138.62	155.59 (28.15)	148.18 – 162.99	57.90 (15.49)	53.63 – 62.17	75.79 (18.87)	70.83 – 80.76
	NDOM	122.96 (25.93)	115.81 – 130.11	158.52 (28.75)	150.96 – 166.08	61.63 (13.82)	57.82 – 65.45	78.06 (17.48)	73.47 – 82.66
Power extensors*,**	DOM	88.69 (23.86)	82.11 – 95.26	145.02 (28.72)	137.47 – 152.58	128.49 (32.87)	119.42 – 137.55	219.95 (49.25)	207.00 – 232.90
	NDOM	86.03 (21.27)	80.17 – 91.90	140.09 (26.01)	133.25 – 146.93	129.33 (28.16)	121.33 – 137.09	222.11 (43.32)	210.72 – 233.50
Power flexors*	DOM	47.83 (15.16)	43.65 – 52.01	76.62 (16.35)	72.32 – 80.92	58.17 (20.05)	52.64 – 63.69	102.75 (29.95)	94.87 – 110.62
	NDOM	46.66 (11.56)	43.47 – 49.85	75.71 (16.94)	71.25 – 80.16	61.24 (15.68)	56.92 – 65.56	102.82 (26.60)	95.82 – 109.81
WF extensors	DOM	-	-	-	-	40.86 (10.55)	37.61 – 44.11	38.09 (9.67)	35.15 – 41.03
	NDOM	-	-	-	-	43.05 (10.14)	39.93 – 46.17	39.63 (9.97)	36.60 – 42.66
WF flexors	DOM	-	-	-	-	41.44 (13.88)	37.17 – 45.72	42.63 (11.54)	39.12 – 46.14
	NDOM	-	-	-	-	43.22 (13.98)	38.92 – 47.52	42.60 (11.51)	39.10 – 46.10
F:E ratio**	DOM	46.25 (10.43)	42.38 – 49.13	46.58 (7.43)	44.62 – 48.53	50.64 (9.83)	47.92 – 53.35	54.03 (9.70)	51.48 – 56.8
	NDOM	48.30 (7.04)	46.36 – 50.24	47.88 (7.48)	45.91 – 49.85	54.46 (10.53)	51.55 – 57.36	54.52 (9.72)	51.96 – 57.07

*significant main effect sex in MANOVA and ANOVA ($p < 0.05$); **significant main effect dominance in MANOVA and ANOVA ($p < 0.05$)

TABLE 4 Mean, standard deviation (SD) and 95% confidence interval (CI) for hip extensors and flexors muscles peak torque (PT%), maximum work (MW%), average power (Watts), work fatigue (WF%) and flexors:extensors (F:E) ratio of dominant (DOM) and non-dominant (NDOM) limbs for each sex.

		60°/S				240°/S			
		FEMALE		MALE		FEMALE		MALE	
		Mean (SD)	CI 95% Lower – Upper	Mean (SD)	CI 95% Lower – Upper	Mean (SD)	CI 95% Lower – Upper	Mean (SD)	CI 95% Lower – Upper
PT extensors*	DOM	112.19 (21.54)	106.25 – 118.13	139.96 (22.74)	133.98 – 145.94	80.49 (21.05)	74.69 – 86.30	110.94 (21.88)	105.18 – 116.69
	NDOM	111.43 (22.52)	105.22– 117.64	137.48 (20.82)	132.00 – 142.95	78.85 (18.71)	73.69 – 84.01	107.60 (20.57)	102.19 – 113.01
PT flexors*	DOM	187.83 (48.56)	174.44 – 201.21	202.90 (50.02)	189.75 – 216.06	136.45 (38.06)	125.96 – 146.94	162.23 (40.41)	151.60 – 172.86
	NDOM	189.40 (41.45)	177.97 – 200.82	209.22 (43.10)	197.89 – 220.56	142.64 (47.15)	129.64 – 155.63	164.94 (38.62)	154.79 – 175.10
MW extensors*	DOM	157.78 (24.89)	150.92 – 164.65	189.15 (29.76)	181.33 – 196.98	97.97 (19.01)	92.72 – 103.21	123.01 (22.48)	117.10 – 128.30
	NDOM	155.06 (25.58)	148.01 – 162.11	184.77 (30.33)	176.79 – 192.74	93.89 (18.30)	88.84 – 98.93	120.32 (24.39)	113.91 – 126.74
MW flexors*	DOM	290.38 (78.17)	268.83 – 311.93	294.44 (77.37)	274.09 – 314.78	194.52 (58.24)	178.47 – 210.58	226.05 (67.14)	208.40 – 243.71
	NDOM	284.45 (67.70)	265.79 – 303.11	293.64 (74.19)	274.13 – 313.15	197.06 (61.88)	180.00 – 214.12	228.96 (54.84)	214.54 – 243.38
Power extensors*	DOM	46.61 (9.48)	44.00 – 49.22	80.23 (25.57)	73.51 – 86.96	74.57 (19.29)	69.25 – 79.89	128.22 (28.55)	120.71 – 135.72
	NDOM	46.00 (8.99)	43.52 – 48.48	75.76 (12.93)	72.36 – 79.16	71.30 (16.90)	66.64 – 75.96	122.44 (25.43)	115.76 – 129.13
Power flexors*	DOM	84.08 (18.37)	79.01 – 89.14	116.08 (28.82)	108.50 – 123.66	148.50 (42.95)	136.66 – 160.34	219.55 (77.61)	199.14 – 239.96
	NDOM	84.57 (18.32)	79.52– 89.62	118.37 (28.92)	110.76 – 125.97	146.17 (52.09)	131.81 – 160.53	221.13 (72.87)	201.97 – 240.29
WF extensors	DOM	-	-	-	-	36.40 (9.44)	32.32 – 40.49	39.12 (8.28)	35.62 – 42.61
	NDOM	-	-	-	-	37.43 (10.47)	32.90 – 41.964	38.28 (9.42)	34.30 – 42.26
WF flexors	DOM	-	-	-	-	25.94 (9.49)	21.83 – 30.04	25.63 (11.16)	20.92 – 30.35
	NDOM	-	-	-	-	24.40 (10.95)	19.67 – 29.14	25.40 (10.74)	20.86 – 29.94
F:E Ratio *	DOM	62.50 (17.93)	57.56 – 67.45	68.84 (12.39)	65.58 – 72.10	61.53 (22.35)	55.09 – 67.97	72.23 (19.55)	67.08 – 77.37
	NDOM	62.39 (18.80)	57.21 – 67.58	67.24 (10.39)	64.50 – 69.97	61.80 (24.53)	55.09 – 68.56	71.60 (25.52)	65.15 – 78.05

*significant main effect sex in MANOVA and ANOVA ($p < 0.05$); **significant main effect dominance in MANOVA and ANOVA ($p < 0.05$)

TABLE 5 Mean, standard deviation (SD) and 95% confidence interval (CI) for hip abductors muscles peak torque (PT%), maximum work (MW%), average power (Watts) and work fatigue (WF%) of dominant (DOM) and non-dominant (NDOM) limbs for each sex.

		60°/S				240°/S			
		FEMALE		MALE		FEMALE		MALE	
		Mean (SD)	CI 95% Lower – Upper	Mean (SD)	CI 95% Lower – Upper	Mean (SD)	CI 95% Lower – Upper	Mean (SD)	CI 95% Lower – Upper
PT abductors	DOM	122.19 (23.16)	116.33 – 129.10	134.48 (27.89)	127.15 – 141.82	67.49 (18.25)	62.46 – 72.52	72.28 (18.95)	67.30 – 77.26
	NDOM	125.61 (27.93)	117.91 – 133.31	137.54 (26.46)	130.58 – 144.49	67.63 (19.46)	62.26 – 72.99	70.03 (16.11)	65.80 – 74.27
MW abductors	DOM	61.38 (14.41)	57.41 – 65.36	61.62 (14.46)	57.82 – 65.43	29.71 (11.70)	24.77 – 34.65	29.81 (7.30)	27.44 – 32.18
	NDOM	61.05 (12.44)	57.62 – 64.48	61.81 (13.64)	58.23 – 65.40	29.24 (10.08)	24.98 – 33.50	28.81 (5.10)	27.16 – 30.47
Power abductors *	DOM	39.86 (7.94)	37.67 – 42.05	55.77 (12.11)	52.59 – 58.96	36.72 (10.75)	32.18 – 41.26	58.06 (19.29)	51.81 – 64.32
	NDOM	40.35 (8.89)	37.90 – 42.80	56.09 (10.30)	53.38 – 58.80	35.37 (11.13)	30.66 – 40.07	52.70 (17.14)	47.14 – 58.26
WF abductors	DOM	-	-	-	-	27.75 (16.16)	20.93 – 34.58	24.96 (12.33)	20.96 – 28.95
	NDOM	-	-	-	-	27.85 (16.15)	21.03 – 34.68	29.97 (11.58)	26.22 – 33.73

*significant main effect sex in MANOVA and ANOVA ($p < 0.05$); **significant main effect dominance in MANOVA and ANOVA ($p < 0.05$)

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O CrossFit é um esporte que impõe uma alta demanda sobre sistema musculoesquelético, exigindo de componentes da performance muscular, como força, potência e resistência. Dada a natureza dos movimentos do esporte e o envolvimento de diversos segmentos corporais, o objetivo deste estudo foi caracterizar o desempenho muscular das articulações do joelho, quadril, tronco e membros superiores. Desta forma, foi possível realizar um mapeamento do desempenho dos praticantes desta modalidade esportiva. Além disso, foram avaliadas as diferenças entre os gêneros, a simetria entre os membros dominante e não dominante e a relação da performance muscular com o tempo de prática no esporte e horas semanais de treinamento.

Os resultados demonstraram que os homens exibiram melhor desempenho muscular em todos os segmentos avaliados em relação às mulheres, mesmo normalizando as variáveis pelo peso corporal. Ressalta-se que o presente estudo é o primeiro a reportar os valores das articulações do quadril, tronco e membros superiores nesta população em ambos os sexos, além de complementar os valores da articulação do joelho já relatados na literatura, com os dados de trabalho, potência e fadiga muscular. Em relação à comparação entre os membros dominante e não dominante, os resultados do presente estudo revelaram ausência de assimetria entre os membros na maioria das variáveis de desempenho muscular, demonstrando que a prática do CrossFit parece impor uma demanda simétrica no sistema musculoesquelético.

O tempo de prática no CrossFit não se correlacionou com as variáveis de desempenho muscular. Uma correlação positiva fraca foi observada apenas para as horas semanais de treinamento e pico de torque dos flexores de joelho a 60°/s, indicando que indivíduos com maior volume de treinamento apresentam maior capacidade de gerar torque nos flexores de joelho. Esperava-se que o tempo de prática no esporte e no volume de treinamento tivesse mostrado uma correlação positiva com os parâmetros de desempenho muscular, o que não foi observado. Talvez a alta variabilidade do tempo de prática e horas de treinamento semanais da amostra do presente estudo possa ter influenciado na ausência de relação com o desempenho muscular. Além disso, devido ao critério de inclusão, todos os atletas tiveram pelo menos um ano de prática no esporte, talvez a influência dessas variáveis no desempenho muscular fosse mais evidente em atletas com menor experiência no esporte.

Os parâmetros de desempenho muscular apresentados neste estudo podem ser utilizados como valores de referência para avaliação da capacidade de gerar torque, trabalho, potência e fadiga dos flexores e extensores de joelho e quadril e dos abdutores de quadril, bem como habilidade a força isométrica de geração para extensores de tronco, cintura escapular e preensão palmar em praticantes de CrossFit. Esses parâmetros podem ser utilizados em futuras comparações em um contexto clínico de treinamento e reabilitação ou em futuros estudos com essa população.

REFERÊNCIAS

BUTCHER, S. J. *et al.* Do physiological measures predict selected CrossFit® benchmark performance? **Open access journal of sports medicine**, v. 6, p. 241, 2015.

CASHMAN, G. E. The effect of weak hip abductors or external rotators on knee valgus kinematics in healthy subjects: a systematic review. **Journal of sport rehabilitation**, v. 21, n. 3, p. 273-284, 2012. ISSN 1056-6716.

CLAUDINO, J. G. *et al.* Crossfit overview: systematic review and meta-analysis. **Sports medicine-open**, v. 4, n. 1, p. 11, 2018. ISSN 2198-9761.

COOLS, A. M. *et al.* Isokinetic scapular muscle performance in young elite gymnasts. **Journal of athletic training**, v. 42, n. 4, p. 458, 2007.

CROMMERT, M. E.; EKBLÖM, M.; THORSTENSSON, A. Motor control of the trunk during a modified clean and jerk lift. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 24, n. 5, p. 758-763, 2014. ISSN 0905-7188.

FEITO, Y.; BURROWS, E. K.; TABB, L. P. A 4-Year Analysis of the Incidence of Injuries Among CrossFit-Trained Participants. **Orthopaedic journal of sports medicine**, v. 6, n. 10, p. 2325967118803100, 2018. ISSN 2325-9671.

FISKER, F. *et al.* Acute tendon changes in intense CrossFit workout: an observational cohort study. **Scandinavian journal of medicine and science in sports**, v. 27, n. 11, p. 1258-1262, 2017. ISSN 0905-7188.

GLASSMAN, G. What is fitness. **CrossFit journal**, v. 1, n. 3, p. 1-11, 2002.

_____. Understanding crossfit. **CrossFit journal**, v. 56, n. 1, 2007.

HAK, P. T.; HODZOVIC, E.; HICKEY, B. The nature and prevalence of injury during CrossFit training. **Journal of strength and conditioning research**, 2013. ISSN 1064-8011.

KONRAD, P.; SCHMITZ, K.; DENNER, A. Neuromuscular evaluation of trunk-training exercises. **Journal of athletic training**, v. 36, n. 2, p. 109, 2001.

KRAMER, S. J. *et al.* The effect of six days of dietary nitrate supplementation on performance in trained CrossFit athletes. **Journal of the international society of sports nutrition**, v. 13, n. 1, p. 39, 2016. ISSN 1550-2783.

LEE, J. W. *et al.* Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players. **Journal of science and medicine in sport**, v. 21, n. 8, p. 789-793, 2018. ISSN 1440-2440.

MATÉ-MUÑOZ, J. L. *et al.* Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. **PloS one**, v. 12, n. 7, p. e0181855, 2017. ISSN 1932-6203.

MEYER, J.; MORRISON, J.; ZUNIGA, J. The benefits and risks of CrossFit: a systematic review. **Workplace health and safety**, v. 65, n. 12, p. 612-618, 2017. ISSN 2165-0799.

MONTALVO, A. M. *et al.* Retrospective injury epidemiology and risk factors for injury in CrossFit. **Journal of sports science and medicine**, v. 16, n. 1, p. 53, 2017.

MORAN, S. *et al.* Rates and risk factors of injury in CrossFit: a prospective cohort study. **Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 57, n. 9, p. 1147-1153, 2017.

MOTTA, C. *et al.* Profiling the Isokinetic Muscle Strength of Athletes Involved in Sports Characterized by Constantly Varied Functional Movements Performed at High Intensity: A Cross-Sectional Study. **Physical medicine and rehabilitation**, 2018. ISSN 1934-1482.

MURAWSKA-CIALOWICZ, E.; WOJNA, J.; ZUWALA-JAGIELLO, J. Crossfit training changes brain-derived neurotrophic factor and irisin levels at rest, after wingate and progressive tests, and improves aerobic capacity and body composition of young physically active men and women. **Journal of physiology and pharmacology**:, v. 66, n. 6, p. 811-821, 2015.

PARTRIDGE, J. A.; KNAPP, B. A.; MASSENGALE, B. D. An investigation of motivational variables in CrossFit facilities. **Journal of strength and conditioning research**, v. 28, n. 6, p. 1714-1721, 2014. ISSN 1064-8011.

RISBERG, M. A. *et al.* Normative quadriceps and hamstring muscle strength values for female, healthy, elite handball and football players. **Journal of strength and conditioning research**, v. 32, n. 8, p. 2314, 2018.

SMITH, M. M. *et al.* 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.

SPREY, J. W. *et al.* An epidemiological profile of crossfit athletes in Brazil. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 4, n. 8, p. 2325967116663706, 2016. ISSN 2325-9671.

SUMMITT, R. J. *et al.* Shoulder injuries in individuals who participate in CrossFit training. **Sports Health**, v. 8, n. 6, p. 541-546, 2016. ISSN 1941-7381.

TIBANA, R. A. *et al.* Extreme conditioning program induced acute hypotensive effects are independent of the exercise session intensity. **International journal of exercise science**, v. 10, n. 8, p. 1165, 2017.

TIBANA, R. A. *et al.* Two consecutive days of crossfit training affects pro and anti-inflammatory cytokines and osteoprotegerin without impairments in muscle power. **Frontiers in physiology**, v. 7, p. 260, 2016. ISSN 1664-042X.

WEISENTHAL, B. M. *et al.* Injury rate and patterns among CrossFit athletes. **Orthopaedic journal of sports medicine**, v. 2, n. 4, p. 2325967114531177, 2014. ISSN 2325-9671.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Estudo: Avaliação das propriedades musculares e articulares em atletas

Investigador Principal: Ana Luiza Resende Rodrigues

Orientadores: Prof^a. Dr^a Juliana M. Ocarino e Prof. Dr. Renan A. Resende

Gostaríamos de convidá-lo a participar de nosso estudo. O nosso objetivo é avaliar propriedades musculares e articulares em atletas de diferentes modalidades. Os testes que você irá realizar depende da modalidade que você pratica.

Procedimentos: Os testes serão realizados nas dependências da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais (Laboratório de Performance Humana ou Laboratório 1 do setor de fisioterapia do CTE). Inicialmente, você responderá a um questionário para coleta de informações referente à prática esportiva e em seguida suas medidas de peso e altura serão coletadas.

Antes da sua leitura e de você assinar esse termo de consentimento, o examinador irá marcar os testes que você irá realizar de acordo com a modalidade esportiva que você pratica. Então, você executará o seguinte(s) teste(s):

(X) Força de tronco – A força de tronco será medida por um dinamômetro lombar. Você será posicionado de pé, sobre a plataforma com os joelhos e cotovelos estendidos. Será instruído a realizar o movimento de extensão (subida) de tronco com o máximo de força e deve-se manter essa contração durante 5 segundos.

(X) Força global dos membros superiores – Para esta avaliação será utilizado um dinamômetro escapular. Você será posicionado de pé, segurando o aparelho na altura do peito com os ombros elevados. Será instruído a realizar o movimento de puxada do aparelho com o máximo de força e deve-se manter essa contração durante 5 segundos.

(X) Força de preensão palmar – Para a avaliação da força de preensão palmar, você estará sentado, com o tronco apoiado e cotovelo fletido. Será requisitado a você que aperte o instrumento o mais forte que conseguir por 5 segundos.

() Força de quadril (Hipsit) – Neste teste você estará deitado de lado, com o quadril e os joelhos dobrados. Será requerido que você realize uma força para cima com o quadril, mantendo os calcanhares colados, durante 5 segundos. Nesse momento, haverá um dinamômetro portátil na sua coxa, que medirá a força que você está executando durante o movimento.

(X) Dinamometria isocinética – Você será posicionado sobre o dinamômetro isocinético e sua perna será fixada à alavanca desse aparelho. Essa alavanca só realiza a mesma força que você executa no teste, ou seja, ela é responsiva e por essa razão não existe o risco de lesão ou sobrecarga. Vamos avaliar a força dos seus joelhos, quadris e tornozelos. Você realizará dois testes de força máxima dos músculos do seu quadril. No primeiro teste, você será posicionado deitado, de barriga para cima e no segundo, você ficará deitado de lado. Para avaliar a força máxima do joelho e tornozelo, você estará sentado. Em todos os testes você será encorajado a mover a alavanca realizando sua força máxima, inicialmente por 5 repetições e depois por 30 repetições.

() ADM de dorsiflexão – Para avaliação da amplitude de movimento de dorsiflexão, você será posicionado de pé, com os dedos alinhado a uma linha tracejada que vai do chão à parede. A instrução dada é de que você encoste o joelho na parede sem retirar o calcanhar do chão.

() Avaliação da rigidez de rotadores laterais de quadril – Você será posicionado deitado de barriga para baixo sobre a maca e o examinador irá mover a sua perna com o joelho dobrado para coletar as medidas. Nesse momento, você deverá manter-se o mais relaxado possível, sem resistir ou ajudar o movimento.

() Star test modificado – O teste consiste em alcançar a maior distância possível com o apoio em um único membro, sobre três fitas métricas sobre o chão. Você será solicitado a alcançar com o outro pé três vezes cada uma das direções, uma na direção anterior, e duas na direção posterior.

() Avaliação do agachamento unipodal – Para a avaliação dos movimentos do tronco e da perna serão utilizadas duas câmeras de vídeo para filmá-lo realizando o agachamento com uma perna só. Serão colocados marcadores em lugares estratégicos para que possamos verificar as angulações entre as articulações durante o movimento.

Antes de iniciar os testes de força, você irá executar 1 minuto de aquecimento como aquecimento. O examinador irá lhe explicar de forma clara a execução dos movimentos e você terá algumas tentativas de familiarização com os testes para garantir seu entendimento. As avaliações irão durar de 30 minutos a duas horas.

Riscos e desconfortos: A sua participação no estudo oferece riscos mínimos à sua saúde. Poderá ocorrer um desconforto pela fadiga muscular após ter realizado contrações musculares máximas. Neste caso, nós iremos oferecer aplicação de gelo para alívio do desconforto.

Benefícios esperados: Após sua participação no estudo, você irá receber um relatório com os seus resultados em todos os testes que você irá realizar. Além disso, este relatório irá conter recomendações sobre o que você precisa trabalhar no sentido de corrigir algum déficit. Além disso, os resultados desse estudo levantarão dados descritivos importantes sobre as características musculares e articulares de atletas, o que irá contribuir para o avanço de programas de prevenção de lesões na modalidade.

Confidencialidade: Para garantir a confidencialidade da informação obtida, seu nome não será utilizado em qualquer publicação ou material relacionado ao estudo.

Recusa ou desistência da participação: Sua participação é inteiramente voluntária e você está livre para recusar participar ou desistir do estudo em qualquer momento sem que isso possa lhe acarretar qualquer prejuízo.

Gastos: Caso você necessite deslocar-se para universidade para participar da pesquisa, os gastos com o seu transporte serão de sua responsabilidade.

Após a leitura completa deste documento, caso concorde em participar do estudo, você deverá assinar o termo de consentimento abaixo e rubricar todas as folhas desse termo. Você irá receber uma cópia e outra será arquivada pelo pesquisador.

TERMO DE CONSENTIMENTO

Eu li e entendi toda a informação acima. Todas as minhas dúvidas foram satisfatoriamente respondidas e eu concordo em ser um voluntário do estudo.

_____	_____
Assinatura do Voluntário	Data
_____	_____
Ana Luiza Resende Rodrigues - Mestranda	Data
_____	_____
Prof ^ª . Dr ^ª . Juliana M. Ocarino – Orientadora	Data
_____	_____
Prof. Dr. Renan A. Resende – Co-orientador	Data

COEP – Comitê de Ética em Pesquisa/UFMG

Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º. Andar – Sala 2005

– Cep 31270-901- Belo Horizonte – MG / Telefax: (31) 3409-4592

Email: coep@prpq.ufmg.br

Mestranda: Ana Luiza Resende Rodrigues – email: analurodrigues25@gmail.com

Telefone: (32) 999045976

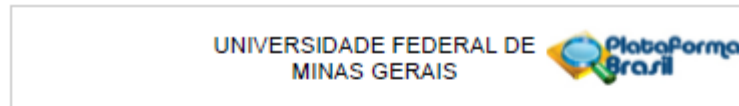
Orientadora: Prof^ª Dr^ª Juliana M. Ocarino – email: julianaocarino@gmail.com

Telefone: (31) 3409-7409

Co-orientador: Prof. Dr. Renan A. Resende – email: renan.aresende@gmail.com

Telefone: (31) 3409-7412

Apêndice 2 – Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES MUSCULARES E ARTICULARES EM ATLETAS

Pesquisador: Juliana de Melo Ocarino

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 93670418.9.0000.5149

Instituição Proponente: Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.809.938

Apresentação do Projeto:

Avaliações de propriedades musculares e articulares são ações de rotina do projeto de Extensão Atuações da Fisioterapia Esportiva no Centro de Treinamento Esportivo da UFMG (Registro SIEX: 402849). Propriedades musculares e articulares são essenciais para o desempenho humano na prática de esportes. Estes componentes são específicos para cada sujeito e sofrem a influência de vários fatores (e.g. idade, sexo, modalidade). Além disso, diversos estudos vêm demonstrando que alterações nesses parâmetros estão associadas a lesões esportivas. A avaliação desses parâmetros no cotidiano da prática esportiva deve ser realizada por meio de testes e instrumentos que sejam válidos e confiáveis. A escolha de qual parâmetro a ser avaliado deve ser baseada na modalidade esportiva praticada, ou seja, embasada de acordo com a demanda do gesto esportivo. Portanto, o objetivo desse estudo é iniciar composição de um banco de dados do projeto de extensão por meio de realizar a avaliação das propriedades musculares e articulares em atletas de diferentes modalidades esportivas. Especificamente, de acordo com a modalidade esportiva, poderão ser realizadas avaliações do desempenho muscular de membros inferiores (MMII), superiores e tronco por meio de dinamometria (isocinética, lombar, escapular e manual), avaliação da flexibilidade, rigidez, alinhamento e amplitude de movimento articular (ADM) dos MMII. Além disso, será observada a capacidade dos atletas na execução do star teste modificado e do agachamento unipodal. A amostra será composta por atletas da comunidade e do Centro de Treinamento Esportivo da Universidade Federal de Minas Gerais que concordem com sua participação no estudo

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2ª Ad Sl 2005
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@cpq.ufmg.br

MINI-CURRÍCULO

Nome: Ana Luiza Resende Rodrigues

Nome em citações bibliográficas: RODRIGUES, A.L.R.; RODRIGUES, ALR.

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/2243067674018059>

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Graduada em Fisioterapia (2017) pela mesma instituição. Possui experiência na área de Fisioterapia, com ênfase em ortopedia, biomecânica clínica e esportiva.

Formação acadêmica/titulação

Bacharel em Fisioterapia pela Universidade Federal de Minas Gerais (2012/2 a 2017/1).

Mestranda em Ciências da Reabilitação pela Universidade Federal de Minas Gerais na linha de pesquisa de estudos do desempenho motor funcional humano (Conceito CAPES 6), sob orientação da Prof. Dr^a Juliana de Melo Ocarino e Co-orientada pelo Prof. Dr. Renan Alves Resende. Bolsista vinculada à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais).

Formação complementar

Certificação Internacional em Kinetic Control – Análise de Movimento – Módulo 1: Teoria e conceitos com carga horária de 8 horas (12 de Setembro de 2014).

Certificação Internacional em Kinetic Control – Análise de Movimento – Módulo 1: Soluções para quadril e membro inferior com carga horária de 32 horas (13 a 21 de Setembro de 2014).

Curso de Dry Needling realizado pela Escola Brasileira de Osteopatia com carga horária de 30 horas (20 a 21 de Novembro de 2016).

Publicações em anais de congresso, apresentações em evento científico e premiações

Apresentação do trabalho “Tecnologias sonoras terapêuticas” no XXI Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica (CREEM/RJ) na Universidade Federal do Rio de Janeiro (Outubro de 2014).

Apresentação do trabalho “Tecnologias Sonoras Terapêuticas” no XVII Encontro de Extensão na Semana de Conhecimento da UFMG, sendo promovido como de RELEVÂNCIA ACADÊMICA e também recebendo MENÇÃO HONROSA (Outubro de 2014).

Apresentação de pôster na 67ª Reunião Anual da SBPC na Universidade Federal de São Carlos com o trabalho “Grupo PARAMEC: Inovação Tecnológica pra melhorar a vida das pessoas com deficiência” (Julho de 2015).

Apresentação do trabalho “Criação de tecnologias assistivas para auxílio de alunos assistidos pelo NAI: Relato de experiência” no XVIII Encontro de Extensão na Semana de Conhecimento da UFMG, sendo o mesmo selecionado como de RELEVÂNCIA ACADÊMICA (Outubro de 2015).

Apresentação do trabalho “Tipos de lesões apresentadas por atletas do centro do centro de treinamento esportivo da UFMG” no XX ENCONTRO DE EXTENSÃO, promovido pela Pró-Reitoria de Extensão da UFMG em Belo Horizonte (21 de Agosto a 15 de Setembro de 2017)

Apresentação do trabalho “Relação entre o torque dos músculos do tronco e o desempenho de atletas no Star Teste Modificado” no XXII Congresso Brasileiro de Fisioterapia (COBRAFI) em Belo Horizonte, sendo o mesmo publicado nos anais do Congresso (30 de Maio a 02 de Junho de 2018).