



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

LIVIA GABRIELA CAMPOS ALVES
MARCELA SEIXAS MAIA DA SILVA

ANÁLISE DE FATORES EPIDEMIOLÓGICOS, LABORATORIAIS E SUBJETIVOS
PREVALENTES NA LESÃO MUSCULAR CAUSADA POR TREINAMENTO DE
CROSSFIT

BRASÍLIA
2021



CENTRO UNIVERSITARIO DE BRASILIA - CEUB
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

LIVIA GABRIELA CAMPOS ALVES
MARCELA SEIXAS MAIA DA SILVA

ANÁLISE DE FATORES EPIDEMIOLÓGICOS, LABORATORIAIS E SUBJETIVOS
PREVALENTES NA LESÃO MUSCULAR CAUSADA POR TREINAMENTO DE
CROSSFIT

Relatório final de pesquisa de Iniciação
Científica apresentado à Assessoria de Pós-
Graduação e Pesquisa.
Orientação: Dr. Alessandro Oliveira da Silva

BRASÍLIA 2021
RESUMO

O CrossFit é uma prática relativamente nova, a qual envolve um treinamento de alta intensidade de diversas articulações, ligamentos e grupos musculares, o que traz a necessidade fundamental de analisar variáveis laboratoriais que implicam no grau de lesão muscular, anabolismo e catabolismo derivado dessa prática. Este estudo objetiva verificar os níveis circulantes hormonais de testosterona e cortisol em repouso e após a realização de um protocolo de CrossFit em mulheres já praticantes de exercício físico. Tais hormônios permitem a análise das alterações metabólicas agudas subsequentes ao CrossFit. Com esse intuito, a pesquisa - de caráter experimental e quantitativo - selecionou 14 indivíduos do sexo feminino que cumpriam os critérios de inclusão determinados (sendo o principal realizar atividade física regularmente por no mínimo 6 meses). Para caracterização das amostras analisou-se a idade, composição corporal (por meio de bioimpedância), Músculo- gordura, Análise de Obesidade (IMC e % de gordura), Massa magra, Circunferência da Cintura (CC), Circunferência do quadril (CQ) e sua relação RCQ (relação cintura-quadril), Estatura (realizada com estadiômetro de parede). Solicitou-se a realização do programa de treinamento baseado no “Wod Cindy” - execução do máximo de séries possíveis de 5 pull ups, 10 push ups e 15 squats em 20 minutos. Foram colhidos testosterona e cortisol pré e pós-exercício. Foi constatado uma redução significativa da testosterona pós-exercícios e um aumento do cortisol pós-exercício. A relação Testosterona/Cortisol pós exercício, então, demonstra-se negativa indicando, após a execução da série proposta, um estado catabólico (testosterona é um hormônio anabolizante associado a síntese protéica, diminuição de degradação de proteínas enquanto o cortisol é um hormônio catabólico anti-inflamatório). O estudo enfatiza que a alteração para o catabolismo ocorre agudamente após o exercício, afastando a discussão das complicações crônicas do aumento de cortisol ou redução de testosterona. Isso é de suma importância para compreensão da fisiologia por trás das lesões musculares e ganho muscular do CrossFit. Mas, novos estudos mostram-se necessários para avaliar a alteração do estado catabólico avaliado para o anabólico (incluindo sua duração e momento de transição metabólica), assim como estudos para esclarecimento de outras variáveis hormonais associadas ao acréscimo e decréscimo, respectivamente, de cortisol e testosterona, ampliando o conhecimento dessa área que está demonstrando constante aumento de interesse por atletas.

Palavra-chave: Crossfit; Injúria por Crossfit; Lesão por CrossFit.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	5
2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
3- MÉTODO	16
4- RESULTADO E DISCUSSÃO	18
5- CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
REFERÊNCIAS	21
APÊNDICE	26

INTRODUÇÃO

A modalidade CrossFit está cada vez mais popular em todo o mundo e isso se deve a fatores já estudados e comprovados cientificamente. Os benefícios do exercício físico, como a diminuição da taxa de mortalidade por doenças crônicas - diabetes, câncer, artrite e doenças cardiovasculares - contribuem para essa popularidade. Outra razão é o fato de ser um exercício realizado de forma coletiva, podendo trazer benefícios em aspectos psicológicos - estresse, depressão e ansiedade - que melhoram significativamente a qualidade de vida dos praticantes. Além disso, a atividade em grupo desenvolve senso de comunidade, o que contribui para maior adesão [1,2].

Entretanto, além dos benefícios que são conhecidos, também existem malefícios trazidos pela prática desses exercícios de alta intensidade, como lesões musculares e articulares. Isso se deve ao desequilíbrio entre a alta intensidade de contração/movimento e os curtos intervalos de descanso, e ao desequilíbrio entre o tempo de recuperação insuficiente que não é proporcional à fadiga gerada pelo exercício [3,4].

Uma revisão sistemática realizada em 2018, constatou que grande parte da literatura atual sobre lesões músculo esqueléticas causadas pelo CrossFit, são de baixa qualidade, pois possuem baixo nível de evidência e alto risco de viés. Estudo retrospectivo recente realizado no sul da Flórida demonstrou que 62 entre 191 atletas avaliados por 6 meses apresentaram lesões, sendo 2,3 lesões para cada 1000h de treinamento. Outro estudo realizado em 2020 estimou que a incidência de lesões musculares esqueléticas foi de 2,1 a 3,1 lesões por 1000h [2,5,6].

É essencial a análise do estresse fisiológico e da fadiga produzidos no treinamento de CrossFit, além de verificar a recuperação antes de novo treinamento para evitar lesões e situações de excesso de exercício. Apesar dos estudos mencionados acima, ainda há déficit no conhecimentos sobre marcadores biológicos e alteração muscular observados no dano muscular causado por esse treino com sobrecarga, demonstrando a importância do aprofundamento do assunto que será realizado nesta pesquisa [6].

Concentração plasmática de testosterona e cortisol

A testosterona é um hormônio responsável pelo anabolismo realizando síntese proteica nos músculos. Evidências demonstram que a supressão desse hormônio reduz a adaptação da força em pessoas do sexo masculino saudáveis [7,8].

O cortisol é um glicocorticóide que atua como hormônio catabólico. Esse hormônio melhora o desempenho do exercício físico além de auxiliar na recuperação pós-treinamento, devido a sua função de recrutamento de substratos que possui efeitos anti-inflamatório reduzindo a produção de citocinas. É frequentemente utilizado como marcador de estresse psicológico e fisiológico. Seu aumento prolongado na corrente sanguínea é usado na prática de exercício físico para mostrar sua ação de inibição sobre o sistema neuromuscular [7,8,9,10].

O córtex adrenal é responsável pela produção de cortisol, secreção de testosterona e secreção de precursores de androgênios. A liberação desses hormônios é controlada pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), e são positivamente "acopladas", isto é, a secreção de ambas ocorre em paralelo [11].

Em situações fisiológicas, esses dois marcadores estão no seu pico durante o período matinal e decrescem durante o dia. Ambos possuem importância nas adaptações musculares e são usados como importantes biomarcadores para a avaliação do catabolismo ou anabolismo do corpo, já que estão intimamente relacionados com o controle da síntese e lise de proteínas. Estudos sugerem que a dosagem desses hormônios podem ser usados para analisar e acompanhar a recuperação de atletas. [8,9].

Evidências recentes indicam que os níveis de cortisol variam aumentando subitamente logo após o exercício e decrescendo depois de 24h do exercício. E a testosterona livre tem queda brusca após o treinamento exaustivo [9].

O cortisol é um hormônio de função catabólica, é um dos principais glucocorticóides em seres humanos sendo secretado a partir do córtex adrenal em resposta ao estresse físico e/ou psicológico. Em resposta a esse estresse, o eixo Hipotálamo-Pituitária-Adrenal (HPA) é ativado e, conseqüentemente, ocorre a liberação de cortisol, que portanto exerce um papel importante no equilíbrio eletrolítico e no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídeos [12,13].

A função catabólica do Cortisol está ligada ao metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídeos, e sua ação por níveis elevados, se prolongada, pode levar à proteólise muscular e perda de massa. O cortisol estimula o fracionamento das proteínas e acelera a utilização das gorduras para obtenção de energia, através da lipólise [14,15].

A função catabólica do Cortisol está ligada ao metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídeos, e sua ação por níveis elevados, se prolongada, pode levar à proteólise muscular e

perda de massa. O cortisol estimula o fracionamento das proteínas e acelera a utilização das gorduras para obtenção de energia, através da lipólise [14,15].

A Testosterona é considerada um hormônio que tem relação com a Síntese e diminuição da degradação de proteína muscular. É um hormônio masculino de função anabólica e androgênica, produzido pelas células de Leydig nos testículos. Há também uma pequena quantidade de secretada pelas glândulas supra-renais [16].

Em mulheres, segundo Crewther et al., (2006) Gerlinger-Romero et al., (2014) os ovários e adrenais são os responsáveis pela produção da testosterona. A Testosterona é mais produzida e liberada por indivíduos do sexo masculino, o que faz jus a sua função, maior massa muscular e características como mais pêlos, voz mais grave, produção de espermatozoides, etc. A testosterona também está presente no sistema feminino em menores quantidades, e depende da biossíntese de glicocorticóide, na qual o córtex adrenal, secreta esteróides androgênicos que podem ser convertidos em testosterona na periferia [17].

Vários estudos que relacionam a resposta hormonal da Testosterona e Cortisol com o exercício físico estudam esta resposta Aguda e/ou Crônica, sendo a população basicamente já adaptada a algum método de treinamento, onde na maioria das vezes os indivíduos investigados são homens e já praticantes de algum exercício, sobretudo, treinamento de força. A partir do que propõe alguns estudos, os níveis de Cortisol são aumentados pós exercício, havendo uma resposta negativa da razão T:C, prevalecendo o estado Catabólico, como proposto pelo estudo de UCHIDA et al., 2006, [18].

O Objetivo do presente estudo foi verificar os níveis circulantes hormonais de testosterona e cortisol em repouso e após realização de um determinado protocolo de Crossfit em mulheres já praticantes de exercícios físicos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Anatomia do músculo esquelético

O músculo esquelético tem em sua composição fibras que se estendem por todo o seu comprimento, cada uma das fibras é inervada por uma terminação nervosa. As fibras musculares são constituídas por miofibrilas, que são formadas por miofilamentos de miosina (espessos) e de actina (delgados), que se localizam lado a lado. Cada filamento de miosina e actina, é formado por polímeros de moléculas protéicas grandes que promovem a contração muscular. De modo geral, o músculo esquelético possui características como bandas claras, bandas escuras, pontes cruzadas, disco Z e sarcômero [13,19].

Os sarcômeros, são estruturas das fibras musculares estriadas, nele estão inseridas proteínas envolvidas na atividade muscular, actina e miosina. Quando há contração de vários sarcômeros, é possível a contração do músculo por completo. As extremidades do sarcômeros são delimitadas pelo discos Z, que cruzam as miofibrilas de uma para outra proporcionando integração e alinhamento entre elas. Na região periférica do sarcômero, observa-se a banda I e na parte central, a banda A [13,19].

Os filamentos de miosina e actina se interdigitam parcialmente e isso faz com que as miofibrilas tenham bandas claras e escuras alternadas. As bandas claras, ou também chamadas de bandas I, são formadas por filamentos de actina. Já as bandas escuras, ou bandas A, contêm filamentos de miosina e as extremidades dos filamentos de actina. A estrutura dos filamentos de miosina é composta por corpo e cabeça, sendo a última funcionalmente similar a uma enzima adenosina trifosfatase responsável pela quebra de trifosfato de adenosina (ATP) ofertando energia para a contração. Os filamentos de actina são compostos por actina, tropomiosina e troponina, e têm suas extremidades fixadas ao disco Z [13,19].

Os filamentos de actina e miosina interagem entre si por meio das pontes cruzadas, que são projeções laterais dos filamentos de miosina que se estendem por toda sua superfície, exceto no centro, e essa interação é responsável pela contração [13].

Contração muscular

No repouso, a interação entre a actina e a miosina é inibida pelo complexo troponina-tropomiosina, que inibem ou cobrem fisicamente os locais ativos dos filamentos de actina do músculo relaxado. Para que seja realizada a contração é necessária a presença de íons cálcio, responsável pela inibição do complexo troponina-tropomiosina. Este se combina com a

troponina C e faz com que o complexo de troponina atraia a tropomiosina, tendo como resultado a exposição dos locais ativos da actina e ligação com a miosina [13,19].

Para que aconteça uma contração muscular, é necessário um potencial de ação que se propaga pelo neurônio motor até a extremidade da fibra muscular. Na fenda sináptica, é secretado o neurotransmissor acetilcolina, que age nos canais de acetilcolina dependentes de voltagem induzindo a sua abertura. Com isso, há abertura dos canais de íons sódio, potássio e cálcio que seguem seus gradientes de concentração, responsáveis por iniciar o potencial gerador ou potencial de placa motora terminal. Devido a isso, ocorre abertura local de canais de sódio dependentes de voltagem e então a deflagração de um potencial de ação na fibra muscular, que induz a liberação de íons cálcio para dentro do sarcoplasma. Os íons cálcio, por sua vez, geram atração entre os filamentos de actina e miosina e possibilita que eles deslizem conjuntamente, produzindo o processo contrátil [13,19].

A contração muscular é cessada quando os íons cálcios saem do sarcoplasma, que são bombeados de volta para o retículo sarcoplasmático onde se concentram até a chegada de um próximo potencial de ação [13,19].

Na contração, ocorre interação entre os filamentos de actina e miosina por meio das pontes cruzadas localizadas nas laterais das miosinas. Há então, o deslizamento dos filamentos de actina em direção ao centro dos filamentos de miosina. Esse processo, chamado de *WalkAlong*, acontece por meio do movimento das cabeças das pontes cruzadas, para frente e para trás, percorrendo pelo filamento de actina com intuito de puxar as suas extremidades até o centro dos filamentos de miosina [13,19,20].

A tensão desenvolvida na contração depende da superposição entre os dois filamentos e, portanto, do tamanho do sarcômero. A tensão máxima adquirida durante uma contração acontece quando o sarcômero tem cerca de 2 micrômetros de comprimento e assim os filamentos de actina conseguem ligação efetiva com as pontes cruzadas da miosina. Em sarcômeros muito longos, como não há sobreposição dos filamentos, o músculo não desenvolve tensão. Já nos sarcômeros muito curtos, a tensão também está prejudicada porque há contato entre os discos Z e as extremidades das miosinas, diminuindo a força de contração [13,19,20].

O uso de ATP é essencial na contração muscular, sendo usado para realizar principalmente 3 funções: (1) Ativar o mecanismo de *WalkAlong*; (2) Viabilizar o transporte ativo de cálcio para dentro do retículo sarcoplasmático; (3) Permitir o transporte ativo de íons sódio e potássio através da membrana da fibra muscular [13,19].

A energia usada no processo de contração, provém da quebra do ATP em difosfato de adenosina (ADP). Posteriormente, esse ADP é refosforilado, através de diferentes mecanismos, para formar um novo ATP. Entre esses processos, o mais importante é realizado a partir da fosfocreatina, que é capaz de liberar um novo íon fosfato inorgânico que se liga ao ADP constituindo novo ATP. A creatina quinase (CK) é essencial nessa fase, sendo responsável pela refosforilação da creatina para que no futuro seja usada novamente como fonte de energia [13,19].

A intensidade da contração de um músculo é dependente da adição das forças das contrações individuais que é realizada pela soma por unidades motoras múltiplas e da soma por frequência. A somação das unidades motoras se inicia com envio de um sinal fraco vindo do sistema nervoso central (SNC) que estimula as fibras menores. À medida que esse sinal aumenta, as unidades maiores são excitadas e possuem 50 vezes mais força contrátil, isso é denominado princípio do tamanho. A somação por frequência acontece quando a frequência das contrações aumentam, até que uma contração seja sobreposta à outra fazendo com que a força total de contração aumente, ou seja, a frequência é diretamente proporcional à força total de contração [13,20].

Para que haja o acoplamento excitação-contração (E-C) é importante que os potenciais de ação recebidos pelo SNC se distribuam para toda a extensão da fibra muscular por meio dos túbulos transversos (túbulos T), que estão organizados de forma transversal em relação à fibra muscular e são preenchidos pelo líquido extracelular. Ao chegar um potencial de ação, este se propaga no túbulo T e chega até as cisternas terminais, onde é estimulado a abertura de canais de cálcio, e os íons cálcio do retículo sarcoplasmático são liberados para o sarcoplasma que circunda as miofibrilas, gerando a contração muscular [13,19].

No retículo sarcoplasmática estão presentes bombas de cálcio que ficam ativas constantemente, com função de proporcionar o retorno do cálcio liberado na contração para dentro dos túbulos longitudinais. Com isso, há diminuição da concentração de cálcio no sarcolema e assim há a cessação da contração muscular. Todo esse processo de contração-cessação ocorre em cerca de milissegundos [13,19].

Hipertrofia e atrofia muscular:

O aumento da massa total de um músculo é chamada de hipertrofia muscular. Esse processo é consequência do aumento do número de filamentos de actina e miosina, que

causa a separação entre miofibrilas já existentes para a formação de novas miofibrilas. O oposto ocorre em situações nas quais o músculo é inutilizado, por exemplo na ausência do suprimento nervoso, e então os filamentos são degradados de forma mais rápida que a sua substituição, resultando no processo de atrofia muscular [13].

CrossFit

O CrossFit é uma modalidade de exercício físico que envolve o desenvolvimento de força e condicionamento físico extremo de forma multifacetada e multiarticular, organizado em forma de circuito. Para isso, utiliza o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) associado a ginástica balística, levantamento de peso olímpico e treinamento utilizando altas cargas com curtos intervalos de descanso [1,21,4].

Essa modalidade é usada para aprimorar vários domínios de condicionamento físico como: flexibilidade, velocidade, coordenação, equilíbrio, resistência cardiovascular, agilidade, resistência respiratória e força [4].

O Consórcio de Saúde e Desempenho Militar, produziu um documento de consenso no qual aborda que, embora existam vários benefícios adquiridos no exercício do CrossFit, há “risco desproporcional de lesão musculoesquelética desses programas exigentes, especialmente para participantes iniciantes, resultando em perda de tempo de serviço, tratamento médico e reabilitação extensa” [22].

A sobrecarga causada pelo programa de condicionamento extremo pode ocasionar fadiga precoce, menor resistência aos esforços, estresse oxidativo excessivo, maior percepção de esforço e conseqüente dano muscular. O dano muscular é observado por dano da ultraestrutura da fibra muscular e pela presença de inflamação que causa diminuição da força muscular e edema. Esse contexto somado à progressão inadequada de carga, podem chegar a causar complicações a longo prazo como o overreaching e overtraining [3,4,23,24].

Dano muscular no exercício

A prática de exercício físico pode trazer adaptações positivas ao músculo esquelético como maior resistência proporcionada pela biogênese mitocondrial, angiogênese e maior força de hipertrofia. Para que esses benefícios sejam adquiridos é essencial o equilíbrio entre o exercício, causando fadiga muscular, e o repouso, importante para a restauração, fornecendo tempo para que as alterações metabólicas e estruturais aconteçam. Quando esse período cíclico não é respeitado por tempo prolongado, pode haver um declínio do desempenho físico, e então levar ao estado de overreaching, que pode progredir para síndrome de overtraining [3].

O declínio do desempenho, associado à altos níveis de fadiga e distúrbios psicológicos e hormonais caracterizam o overreaching e a síndrome de overtraining (OTS). Além disso, esses distúrbios podem ter como consequência maior incidência de doenças, distúrbios do sono e uma diminuição do desempenho temporária ou definitiva. A diferenciação entre o overreaching e o OTS é de difícil estabelecimento, e é feita basicamente por diagnóstico de exclusão. No entanto, estudos demonstram que os sintomas de OTS são mais graves e o seu tempo de recuperação é mais prolongado, podendo durar de meses a anos, enquanto no overreaching a recuperação leva semanas a meses [23,24].

Os danos musculares adquiridos durante o exercício físico ocorrem mais significativamente em contrações excêntricas e isométricas de longo comprimento muscular. Esses danos são observados por meio de alterações ultraestruturais no tecido muscular, redução da amplitude de movimento, redução da força muscular, dor muscular tardia (DOMS), edema muscular, efluxo de proteínas miocelulares (creatina quinase - CK) e outros sinais e sintomas [25,26].

Dano da ultraestrutura da fibra muscular

O dano mecânico da ultraestrutura da fibra muscular foi proposto para fundamentar o dano muscular induzido pelo exercício e a perda de força muscular. As alterações ultraestruturais no tecido muscular são caracterizadas pela ruptura miofibrilar ultraestrutural transitória, na qual o dano mecânico aos sarcômeros é referente à relação de comprimento-tensão do sarcômero. Fisiologicamente, a tensão da fibra muscular é proporcional à justaposição entre os filamentos de miosina e actina em um sarcômero. A tensão máxima ocorre em um comprimento ótimo de sarcômero, no qual há quantidade máxima de pontes cruzadas formadas [13,27].

Na contração excêntrica, é observada uma diminuição constante das ligações de pontes cruzadas disponíveis, de acordo com o nível de alongamento. As cargas externas utilizadas nos exercícios tensionam o sarcômero e podem lesionar a ultraestrutura deles causando a perda da integridade do disco Z e com isso perda dos limites do sarcômero e do local de ancoragem da actina, e essa interrupção leva à diminuição da força muscular e sobrecarregam as estruturas do sarcolema e do túbulo T. Esses fenômenos proporcionam a abertura de canais de cálcio mecano-sensitivos (controlados por presença de estiramento), rompimento da membrana e alteração funcional no acoplamento excitação-contração [13,28,29].

A partir da abertura dos canais de cálcio mecano-sensitivos, a presença de cálcio no citosol excita as enzimas da calpaína (proteases de cisteína dependente de cálcio) a degenerar proteínas contráteis e de acoplamento E-C, tendo como consequência a perda prolongada de força muscular. Dessa forma, outras lesões podem ser observadas como ruptura do sarcolema e do endomísio como consequência da força de cisalhamento que acontece na contração, levando ao aumento de CK sérico com seu pico de 96 a 120h (enzima presente no sarcolema de células musculares) [27,29].

A CK é uma proteína importante para o metabolismo muscular, como já citado anteriormente, e a elevação de sua concentração sérica é usada como marcador de estresse físico. O extravasamento dessa substância para a corrente sanguínea é considerado indicador de dano à estrutura da fibra muscular. As suas concentrações variam de acordo com sexo, raça e tipo de exercício: sendo observado maior elevação em exercícios excêntricos quando comparados aos concêntricos [30,31,32,33].

Dor muscular tardia

A dor muscular tardia é consequência da inflamação originada dos microtraumas que ocorrem durante o exercício físico nas miofibras. Existem dois mecanismos principais responsáveis pela indução da hiperalgesia causados por contrações excêntricas. Há ativação da via do fator neurotrófico proveniente da linha celular COX-2-glial e a ativação da via do fator de crescimento do nervo receptor da B2-bradicinina. Essas substâncias agem: (1) diretamente, atuando sobre os nociceptores musculares; e (2) indiretamente, atuando sobre receptores extracelulares induzindo secreção de neurotrofinas que estimulam nociceptores e promovem a dor muscular tardia. Estudos apontam que a dor muscular tardia é solucionada 4 dias após o exercício, mesmo em situações em que a recuperação muscular é mais demorada. Acredita-se ainda que a hiperalgesia está mais relacionada a inflamação na matriz extracelular que os danos e inflamação da miofibra [34,35].

Inflamação causando redução da força muscular e edema:

Embora seja comprovada a função benéfica da inflamação a curto prazo no reparo tecidual, quando prolongada, contribui na fisiopatologia e nas alterações encontradas no dano muscular. Os reflexos clássicos de inflamação no local de injúria são a dor muscular tardia, o edema muscular e a redução da força muscular devido a diminuição da respiração mitocondrial. O edema muscular é documentado por meio do aumento da circunferência do

local e atinge seu pico de 4-5 dias após o exercício e causa, conseqüentemente, redução da amplitude do movimento [36].

Diante de uma lesão muscular, é observada uma resposta inflamatória local e sistêmica que é originada por meio da produção de citocinas e quimiocinas pelas células do sistema imune, principalmente interleucina-1 (IL-1), interleucina-6 (IL-6), interleucina-10 (IL-10), interferon γ (IFN γ), fator de necrose tumoral (TNF- α) e proteína C reativa (PCR). A IL-6 quando presente em grandes quantidades e por longos períodos, causa menor expressão de proteínas na cadeia de transporte de elétrons mitocondriais e capacidade respiratória reduzida, que é refletido clinicamente como redução da força muscular [37].

Além disso, outro mecanismo observado na redução da força muscular é a influência das citocinas na produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), que resulta na fadiga e declínio do desempenho físico. Por fim, também é observado o acúmulo de leucócitos no espaço extracelular do músculo após o dano muscular induzido por exercício físico, que já podem ser identificados a partir de 1-24h após o exercício excêntrico [38,39].

Todos esses eventos e, principalmente, o estímulo da IL-6, culminam com o aumento da PCR na corrente sanguínea, uma proteína hepática membro do sistema imune inato, que está relacionada com a resposta aguda a estímulos inflamatórios, como dano ao tecido muscular [40,41,42]

Cortisol X Testosterona

Os fatores que possivelmente influenciam as respostas hormonais para mensuração de níveis de Cortisol e Testosterona, correlacionam esta de forma aguda a variáveis ligadas a sessão de treino, como, número de séries e repetições, carga e tempo de intervalo, o que confere uma plasticidade na resposta do sistema endócrino ao exercício. A identificação de tais fatores estimulantes de respostas hormonais se torna importante para que haja uma melhor periodização e prescrição de treinamento proporcionando um ambiente metabólico em relação a determinados objetivos [43].

Para que haja adaptações fisiológicas em resposta ao treino de força, o músculo deve ser submetido a uma carga de esforço acima daquela que habitualmente está acostumado a suportar, sendo um treino de volume com alta intensidade a melhor estratégia para aumentar os níveis de testosterona e talvez diminuir os níveis de cortisol. A testosterona parece aumentar após sessões curtas e intensas de treinamento, principalmente de força, já

o cortisol parece aumentar com sessões longas e intensas de treinamento, principalmente aeróbio [44,16].

O Exercício físico em relação ao Cortisol está relacionado com a intensidade do esforço realizado, em que os esforços mais intensos tendem a induzir maiores concentrações devido a elevação demanda metabólica e a sua importância em relação ao exercício físico se dá por seus efeitos catabólicos exercidos sobre o músculo esquelético [45,46]

Alterações na concentração destes hormônios estão associadas a modulação de diversas respostas induzidas pelo treinamento, como hipertrofia e ganho de força, o que se pode dar pela razão T:C, de determinação de estado Anabólico ou Catabólico. Estudos propõem haver uma relação negativa de (T:C) aguda, após execução do exercício, porém, esta relação inverte-se na fase de recuperação, o que possivelmente poderia se associar que a resposta crônica seria positiva de promoção de ambiente Anabólico [47].

MÉTODO

Metodologia

A presente pesquisa teve caráter experimental e natureza quantitativa, realizada com mulheres praticantes de CrossFit.

Local de realização da pesquisa:

As medidas de composição corporal foram realizadas no próprio local de prática das atividades, isso foi devido a conveniência da amostra.

Amostra:

Participaram do estudo 14 Indivíduos do sexo feminino ($25,7 \pm 4,53$ anos). As voluntárias foram recrutadas através da divulgação da pesquisa internamente em um Centro de treinamento do Crossfit (BOX), as quais atenderam aos seguintes critérios de inclusão: praticar Crossfit nos últimos seis meses regularmente por pelo menos três vezes na semana, não possuírem problemas ortopédicos e articulares que impedissem a realização da atividade física ou que pudesse agravar o dano osteoarticular, e que concordassem em assinar o termo de consentimento livre e esclarecido. Foram excluídas aquelas que alegaram não ter

praticado exercícios físicos regularmente nos últimos seis meses anteriores a pesquisa, que possuíam alguns problemas ortopédicos e articulares nos membros inferiores e que não assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Instrumentos e procedimentos metodológicos:

Os procedimentos para caracterização da amostra, sobretudo a composição corporal, foi realizada por bioimpedância (*INBODY 570*), e o programa de treinamento do Crossfit foi baseado no "Wod Cindy" que consiste em fazer o máximo de séries possíveis desta sucessão de exercícios: 5 pull ups, 10 push ups e 15 squats em 20 minutos. As coletas sanguíneas foram realizadas por enfermeira devidamente treinada nos momentos pré e logo após a execução do protocolo de TFE.

Avaliação da composição corporal:

As medidas de composição corporal foram realizadas por bioimpedância (*INBODY 570*), que larga uma corrente elétrica alternada segura (Imperceptível ao ser humano) no corpo do sujeito, entre o braço e perna do mesmo lado da pessoa, através dessa corrente elétrica são medidos valores de bioimpedância, que seria uma resistência natural a passagem de corrente elétrica. Para os resultados obtidos foram analisados: Composição corporal, Músculo- gordura, Análise de Obesidade (IMC e % de gordura), Massa magra, Circunferência da Cintura (CC), Circunferência do quadril (CQ) e sua relação RCQ (relação cintura-quadril). Para todas estas medidas, foi pedido aos participantes que estivessem com o mínimo de roupa possível. Medida de estatura foi realizada com estadiômetro de parede (Sanny, São Paulo, Brasil), com capacidade de 2200 mm e divisão de 1 mm.

Procedimentos experimentais de Atividade Física: antes de iniciar a execução do programa "Wod Cindy", as voluntárias foram submetidas à uma fase de aquecimento com adaptação aos exercícios que iriam ser realizados.

Análise Estatística

Inicialmente os dados foram tratados a partir dos procedimentos descritivos, com as informações sendo processadas no pacote computacional BioEstat em sua versão 5.3. Medidas de tendência central e variabilidade dos dados foram representadas como média e desvio padrão. Foi utilizado coeficiente de correlação de Spearman e teste t pareado para comparação dos valores pré e pós-exercício. O nível de significância adotado foi de ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de caracterização da amostra quanto à Idade e Composição Corporal Geral (realizada por meio de bioimpedância), estão indicados na Tabela 1 com média e desvio padrão.

Tabela 1. Valores antropométricos e caracterização da amostra.

VARIÁVEIS	VALORES
Idade (anos)	25,7 ± 4,53
MC (kg)	63,32 ± 8,23
IMC	23,63 ± 2,79
%G	23,22 ± 3,52
MME	28,21 ± 3,64
MLG	46,23 ± 3,45

Nível de significância com ($p < 0,05$). MC= Massa Corporal. 10 RM= 10 repetições máximas. IMC= Índice de Massa Corporal. %G= Percentual de Gordura. MME= Massa Muscular Esquelética. MLG= Massa Livre de Gordura.

Tabela 2. Valores hormonais da amostra, pré e pós exercício.

Variável	Pré Exercício	Pós Exercício
Testosterona	49,63± 19,23 (ng/dL)	36,60±13,69 (ng/dL)
Cortisol	4,52±2,00 (mcg/dL)	6,59± 2,78 (mcg/dL)

Nível de significância com ($p < 0,05$). Valores de Testosterona e Cortisol pré e pós exercício.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, foi demonstrado que as concentrações de Cortisol nas condições pré-intervenção e pós-exercício foram significativamente diferentes, com aumentos nos níveis séricos logo após execução do exercício (pré: $4,52 \pm 2,00$ mcg/dL; pós: $6,59 \pm 2,78$ mcg/dL; $p = 0,0017$). A concentração de Testosterona também indicou diferenças estatisticamente significativas, com um decréscimo nos valores pós exercício (pré: $49,63 \pm 19,23$ ng/dL; pós: $36,60 \pm 13,69$ ng/dL; $p = 0,01$).

Segundo Uchida et al. (2004), foi observado que no período de 8 semanas de treino, a secreção de cortisol antes da sessão de treino foi reduzida em 38%, enquanto após a sessão, essa concentração foi elevada em 48% em relação ao repouso. Segundo Badillo (2001), em pessoas estressadas ou muito ansiosas a produção de cortisol durante exercício é muito maior, com isso, os indivíduos possuem uma maior dificuldade para se recuperarem após o esforço devido ao fato de que possuem uma menor produção de testosterona, com isso, ele afirma que a produção de testosterona é inibida devido a concentração elevada de cortisol no sangue.

Ainda segundo Uchida et al. (2004), a elevação nos níveis de cortisol e a diminuição dos níveis de testosterona são indicadores de sobrecarga de esforço mas não necessariamente de Overtraining, ou seja, de acordo com os resultados na presente pesquisa, os valores obtidos estão relacionados ao esforço exigido durante o treino. De acordo com Viru e Viru (2001), essa alteração nos níveis de cortisol e testosterona são indicativos de overreaching.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo foi observado, após o exercício proposto, um decréscimo abrupto da quantidade sérica de Testosterona - hormônio anabólico androgênico relacionado a síntese proteica muscular e diminuição da degradação de proteínas musculares - (pré: $49,63 \pm 19,23$ ng/dL; pós: $36,60 \pm 13,69$ ng/dL; $p= 0,01$).

Já a concentração de cortisol - hormônio catabólico anti-inflamatório - exibiu um aumento após a execução dos exercícios de CrossFit (pré: $4,52 \pm 2,00$ mcg/dL; pós: $6,59 \pm 2,78$ mcg/dL; $p= 0,0017$). Este glicocorticóide quando cronicamente aumentado inibe o sistema neuromuscular (com proteólise muscular e perda de massa).

A análise hormonal observada neste estudo é aguda, logo após a realização de exercício de CrossFit. O caráter anti-inflamatório do cortisol propicia a redução de lesão muscular assim como de dor muscular decorrente do edema. Dessa forma, a força muscular e amplitude de movimento se mantém com integridade, em comparação a uma musculatura sujeita a inflamação.

Percebe-se que após o exercício a proporção Testosterona/Cortisol (T/C) reduz, apontando para um predomínio catabólico. Essa proporção T/C negativa é aguda e associada ao fim do exercício. Nota-se, também, uma posterior inversão dessa relação, indicando o predomínio anabólico seguido do pico catabólico documentado. É importante que essa relação seja negativa apenas agudamente, pois cronicamente pode comprometer e retardar a recuperação muscular do exercício - principalmente pela atribuição do aumento sérico do cortisol.

Estudos previamente realizados envolvendo a temática de estudo metabólico do CrossFit envolviam principalmente a população do sexo masculino, então a análise de uma amostra do sexo feminino é um diferencial de extrema relevância.

REFERÊNCIAS

- 1 - SZELES, P. R. Q. et al. **CrossFit and the Epidemiology of Musculoskeletal Injuries: A Prospective 12-Week Cohort Study.** Orthopaedic Journal of Sports Medicine, v. 8(3), 2020.
- 2- WHITEMAN-SANDLAND, J. et al. **The role of social capital and community belongingness for exercise adherence: An exploratory study of the CrossFit gym model.** Journal of Health Psychology, v. 23(12), p. 1545-1556, 2016.
- 3- CHENG, A. J., JUDE, B., & LANNER, J. T. **Intramuscular mechanisms of overtraining.** Redox Biology, 2020.
- 4- CLAUDINO, J. G. et al. **CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis.** Sports Medicine-Open, v. 4(1), p. 11, 2018.
- 5- MONTALVO, A. M. **Retrospective Injury Epidemiology and Risk Factors for Injury in CrossFit.** Journal of Sports Science & Medicine, v. 16(1), p. 53–59, 2017.
- 6- TÍMON, R. et al. **48-hour recovery of biochemical parameters and physical performance after two modalities of CrossFit workouts.** Biology of sport 36(3):283-289, 2019.
- 7- TEO, W.; NEWTON, M.J.; MCGUIGAN, M.R. **Circadian rhythms in exercise performance: implications for hormonal and muscular adaptation.** Journal of sports science & medicine;10(4):600-606, 2011
- 8- KVORNING, T. et al. **Suppression of endogenous testosterone production attenuates the response to strength training: a randomized, placebo-controlled, and blinded intervention study.** American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism 291, E1325-1332, 2006.
- 9- ANDERSON, T., LANE, A. R.; HACKNEY, A. C. **Cortisol and testosterone dynamics following exhaustive endurance exercise.** European Journal of Applied Physiology, 116(8), 1503–1509, 2016
- 10- RAMOS, L. et al. **Characterization of Skeletal Muscle Strain Lesion Induced by Stretching in Rats: Effects of Laser Photobiomodulation.** Photomedicine and Laser Surgery, 36(9):460-467, 2018.
- 11- EDWARDS, D. A.; TURAN, B. **Within-person coupling of estradiol, testosterone, and cortisol in women athletes.** PeerJ, 8: e8402., 2020
- 12- BROWNLEE, K. K.; MOORE, A. W.; HACKNEY, A. C. **Relationship between circulating cortisol and testosterone: influence of physical exercise.** Journal of sports science & medicine, v. 4, n. 1, p. 76, 2005.

- 13- HALL, J. E.; GUYTON, A. C. Guyton & Hall. **Tratado de fisiologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.
- 14- SIMMONS, P. S. et al. Increased proteolysis. **An effect of increases in plasma cortisol within the physiologic range**. Journal of Clinical Investigation, v. 73, n. 2, p. 412, 1984.
- 15- FRANÇA, S. C. A. et al. **Resposta divergente da testosterona e do cortisol séricos em atletas masculinos após uma corrida de maratona**. Arq. bras. endocrinol. metab, v. 50, n. 6, p. 1082-1087, 2006.
- 16- ARAÚJO, M. R. **A influência do treinamento de força e do treinamento aeróbio sobre as concentrações hormonais de testosterona e cortisol**. Motricidade, v. 4, n. 2, p. 67-75, 2008.
- 17- GERLINGER-ROMERO, Frederico et al. **Bases moleculares das ações da testosterona, hormônio do crescimento e igf-1 sobre a hipertrofia muscular esquelética e respostas ao treinamento de força**. Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte, v. 12, n. 2, 2014.
- 18- UCHIDA, M. C. et al. **Efeito de diferentes protocolos de treinamento de força sobre parâmetros morfofuncionais, hormonais e imunológicos**. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v. 12, n. 1, p. 21- 26, 2006.
- 19- CRETOIU, D. et al. **Myofibers**. Advances in Experimental Medicine and Biology, vol.1088, 2018.
- 20- DOUGLAS, J.; et al. **Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses**. Sports Medicine, v. 47(4), p.663–675, 2017.
- 21- EVERHART, J. E. et al. **CrossFit-related hip and groin injuries: a case series**. Journal of Hip Preservation Surgery, v.7, p.109-115, 2020.
- 22- BERGERON, M. F. et al. **Consortium for Health and Military Performance and American College of Sports Medicine consensus paper on extreme conditioning programs in military personnel**. Current Sports Medicine Reports, v. 10(6), p. 383-9, 2011.
- 23- BUYSE, L., et al. **Improving the diagnosis of nonfunctional overreaching and overtraining syndrome**. Medicine & Science in Sports & Exercise, v. 51, p.11 , 2019.
- 24- PHILLIP, B. et al. **Overreaching Attenuates Training-induced Improvements in Muscle Oxidative Capacity**. Medicine & Science in Sports & Exercise, v. 52, p.1, 2019.
- 25- MONTALVO, A. M. **Retrospective Injury Epidemiology and Risk Factors for Injury in CrossFit**. Journal of Sports Science & Medicine, v. 16(1), p. 53–59, 2017.

- 26- HYLDAHL, R. D.; HUBAL, M. J **Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise.** Muscle Nerve, Fevereiro, v.49, p.2, 2014.
- 27- DEYHLE, M. R.; SORENSEN, J. R.; HYLDAHL, R. D. **Induction and Assessment of Exertional Skeletal Muscle Damage in Humans.** Journal of Visualized Experiments, 2016
- 28- KAMANDULIS, S. et al. **Prolonged force depression after mechanically demanding contractions is largely independent of Ca(2+) and reactive oxygen species.** The FASEB Journal, v.31, p.11, 2017.
- 29- LIN, M. J.; et al. **Low-intensity eccentric contractions of the knee extensors and flexors protect against muscle damage.** Appl Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 40(10):1004-1011, 2015.
- 30- MOGHADAM-KIA, S.; ODDIS, C.V.; AGGARWAL, R. **Approach to asymptomatic creatine kinase elevation.** Cleveland Clinic Journal of Medicine, 83(1):37-42, 2016.
- 31- CERQUEIRA, E. et al. **Inflammatory Effects of High and Moderate Intensity Exercise - A Systematic Review.** Frontiers in Physiology, 10: 1550, 2019.
- 32- MARQUÉS-JIMÉNEZ, D. et al. **Are compression garments effective for the recovery of exercise-induced muscle damage? A systematic review with meta-analysis.** Physiology & Behavior. 153:133-48, 2016.
- 33- BAUMERT, P. et al. **Genetic variation and exercise-induced muscle damage: implications for athletic performance, injury and ageing.** European Journal of Applied Physiology, 116(9):1595-1625, 2016.
- 34- MIZUMURA, K.; TAGUCHI, T. **Delayed onset muscle soreness: Involvement of neurotrophic factors.** The Journal of Physiological Sciences, v. 66, p. 43–52, 2016.
- 35- DAMAS, F. et al. **Susceptibility to exercise-induced muscle damage: a cluster analysis with a large sample.** International Journal of Sports Medicine, v. 7(8), p. 633-40, 2016.
- 36- YAMADA, T. et al. **Nitrosative modifications of the Ca²⁺ release complex and actin underlie arthritis-induced muscle weakness.** Annals of the Rheumatic Diseases, v. 74, p. 1907–1914, 2015.
- 37- VANDERVEEN, B.N. et al. **The regulation of skeletal muscle fatigability and mitochondrial function by chronically elevated interleukin-6.** Experimental Physiology, v. 104, p. 385–397, 2019.

- 38-** McFARLIN, B. K. et al. **Reduced inflammatory and muscle damage biomarkers following oral supplementation with bioavailable curcumin.** *Biochimica et Biophysica Acta Clinical*, v. 5, p.72-78, 2016
- 39-** PEAKE, J. M. et al. **The effects of cold water immersion and active recovery on inflammation and cell stress responses in human skeletal muscle after resistance exercise.** *The Journal of Physiology*, v. 595, p. 695–711, 2017.
- 40-** FEDEWA, M.V.; HATHAWAY, E.D.; WARD-RITACCO, C.L. **Effect of exercise training on C reactive protein: a systematic review and meta-analysis of randomised and non-randomised controlled trials.** *British journal sports of medicine*, 51(8):670-676, 2017
- 41-** RAMOS, L. et al. **Characterization of Skeletal Muscle Strain Lesion Induced by Stretching in Rats: Effects of Laser Photobiomodulation.** *Photomedicine and Laser Surgery*, 36(9):460-467, 2018.
- 42-** XIA, Z. et al. **Effects of oat protein supplementation on skeletal muscle damage, inflammation and performance recovery following downhill running in untrained collegiate men.** *Journal Food & Function*, 2018.
- 43-** CADORE, Eduardo Lusa et al. **Fatores relacionados com as respostas da testosterona e do cortisol ao treinamento de força.** *Revista brasileira de medicina do esporte.* São Paulo. Vol. 14, n. 1 (jan./fev. 2008), p. 74-78, 2008.
- 44-** SÁ, M. J. P. M. et al. **Efeitos do treino de força nos níveis de testosterona e cortisol.** 2014.
- 45-** SILVA JR, A. J. et al. **Study of the behavior of cortisol, gh and insulin after a session of acute resisted exercise.** *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 20, n. 1, p. 21-25, 2014.
- 46-** RAHIMI, R.; ROHANI, H.; EBRAHIMI, M. **Efectos de los períodos de reposo muy cortos em la relación de testosterona y cortisol durante ejercicios de alta resistencia en hombres.** *Apunts: Medicina de l'esport*, v. 46, n. 171, p. 145-149, 2011.
- 47-** UCHIDA, M. C. et al. **Alteração da relação testosterona: cortisol induzida pelo treinamento de força em mulheres.** *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 10, n. 3, p. 165-8, 2004.

APÊNDICE

Artigo de revisão de escopo da análise de fatores epidemiológicos e subjetivos prevalentes nas injúrias musculares causadas durante o treinamento de CrossFit

Introdução

A modalidade CrossFit está cada vez mais popular em todo o mundo e isso se deve a fatores já estudados e comprovados cientificamente. Os benefícios do exercício físico, como a diminuição da taxa de mortalidade por doenças crônicas - diabetes, câncer, artrite e doenças cardiovasculares - contribuem para essa popularidade. Outra razão é o fato de ser um exercício realizado de forma coletiva, podendo trazer benefícios em aspectos psicológicos - estresse, depressão e ansiedade - que melhoram significativamente a qualidade de vida dos praticantes. Além disso, a atividade em grupo desenvolve senso de comunidade, o que contribui para maior adesão [22,26].

Entretanto, além dos benefícios que são conhecidos, também existem malefícios trazidos pela prática desses exercícios de alta intensidade, como lesões musculares e articulares. Isso se deve ao desequilíbrio entre a alta intensidade de contração/movimento e os curtos intervalos de descanso, e ao desequilíbrio entre o tempo de recuperação insuficiente que não é proporcional à fadiga gerada pelo exercício [2,27].

Uma revisão sistemática realizada em 2018, constatou que grande parte da literatura atual sobre lesões músculo esqueléticas causadas pelo CrossFit, são de baixa qualidade, pois possuem baixo nível de evidência e alto risco de viés. Estudo retrospectivo recente realizado no sul da Flórida demonstrou que 62 entre 191 atletas avaliados por 6 meses apresentaram lesões, sendo 2,3 lesões para cada 1000h de treinamento. Outro estudo realizado em 2020 estimou que a incidência de lesões musculares esqueléticas foi de 2,1 a 3,1 lesões por 1000h [22,29,30].

É essencial a análise do estresse fisiológico e da fadiga produzidos no treinamento de CrossFit, além de verificar a recuperação antes de novo treinamento para evitar lesões e situações de excesso de exercício. Apesar dos estudos mencionados acima, ainda há déficit no conhecimentos sobre marcadores biológicos e alteração muscular observados no dano muscular causado por esse treino com sobrecarga, demonstrando a importância do aprofundamento do assunto que será realizado nesta pesquisa [31].

Objetivo

Procedimentos metodológicos

Esta revisão de escopo foi conduzida de acordo com a metodologia Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR) para revisões de escopo. A revisão envolveu a formulação de uma pergunta de pesquisa para orientar o estudo: “Qual o grau de segurança do Crossfit ao analisar a incidência de injúria muscular?”. A revisão foi realizada entre os dias 16 de março de 2020 e agosto de 2021.

Estratégia de pesquisa

A estratégia de busca teve como objetivo localizar estudos publicados e artigos inéditos. Foi realizada uma pesquisa limitada inicial nas plataformas PUBMED e Google Acadêmico para identificar artigos sobre o tema.

As palavras de texto contidas nos títulos e resumos de artigos relevantes foram usados para desenvolver uma estratégia de busca completa para a plataforma PUBMED. A estratégia de busca incluiu todas as palavras-chave identificadas.

As listas de referência dos artigos selecionados para a íntegra revisão de texto foram examinadas rigorosamente para incluir na revisão.

Palavras-chaves: Muscle crossfit; crossfit injury; muscular crossfit.

Fontes de pesquisa

O banco de dados de escolha da pesquisa foi o PUBMED. Foram selecionados todos os estudos relacionados ao tema que apareceram na busca das palavras chaves publicados nos últimos 10 anos.

Seleção de estudos

Após a busca, foram identificados 130 estudos e todos os registros identificados foram colocados em planilha, sendo 30 duplicatas removidas. Na primeira etapa de revisão foi exibido o título e resumo de cada estudo encontrado através da pesquisa de literatura e eliminados os estudos contra os critérios de inclusão, 15 eliminados por não corresponderem ao tema e 15 eliminados por não corresponderem a metodologia. Na segunda etapa da seleção o texto completo dos estudos foi revisado para extração de dados.

Estudos que não cumpriram os critérios de inclusão dessa etapa também foram eliminados. Os resultados da pesquisa foram relatados na íntegra na revisão de escopo final.

a. Critérios de Inclusão

- i. Estudos em língua portuguesa e língua inglesa.
- ii. Pesquisas realizadas entre 2011-2021
- iii. Meta análises
- iv. Ensaio clínico
- v. Ensaio clínico randomizado controlado
- vi. Revisão sistemática
- vii. Estudos relacionados ao tema
- viii. coorte

a. Critérios de Exclusão:

- i. Estudos que não relacionam lesões ao CrossFit na análise dos resultados.
- ii. Relato de caso, séries de relato de caso
- iii. Relato de opinião
- iv. Assuntos de não interesse para a revisão
- v. Revisão de literatura
- vi. Estudos não relacionados ao tema

Extração de dados

Dois revisores independentes revisaram literaturas relevantes e extraíram dados de estudos elegíveis. Os dados extraídos incluíram, se presente: autor, ano de publicação, objetivo, propósito, população e tamanho da amostra, metodologia, resultados, e principais descobertas. Os dados extraídos foram registrados em tabela.

Apresentação de dados

Os dados extraídos foram colhidos e apresentados em formato diagramático ou tabular de forma que se alinhem com o objetivo desta revisão de escopo. Uma narrativa resumo acompanha o tabulado e/ou resultados mapeados e descreve como os resultados se relacionam com o objetivo da revisão. O gráfico 5 demonstra a seleção dos 31 estudos, a partir dos 130 selecionados, e a categoria de eliminação selecionada para o restante dos

estudos. (ilustrado em gráfico 5)

RESULTADO

Dos 130 estudos analisados, 31 foram selecionados. Para facilitar o entendimento das diversas informações disponíveis a respeito de injúrias provocadas pela prática de Crossfit, os estudos foram divididos em 3 categorias: 1- Comparação da injúria do CrossFit com injúria de outras modalidades, 2- Injúria propriamente dita relacionada ao CrossFit (a qual abrange taxa de incidência, localização, tipo de lesão), 3- Fatores de Risco para lesões musculares no CrossFit). Como alguns estudos abrangem mais de uma categoria serão repetidos na discussão, porém por diferentes finalidades. O gráfico 1 demonstra a porcentagem de estudos selecionado conforme a divisão realizada. (Ilustrado em gráfico 1).

Explorando a primeira categoria (comparação da injúria do CrossFit com injúria de outras modalidades), dos 31 estudos selecionados 11 comparam o CrossFit com outros gêneros esportivos, sendo elas: levantamento de peso olímpico, ginástica artística, corrida a distância, tracking, rugby, futebol americano, hockey, futebol, e exercícios recreacionais. Desses estudos, constatam a semelhança e proximidade da taxa de injúria do CrossFit com outras variedades esportivas. Apenas um é discordante por demonstrar que a taxa de lesão em praticantes de crossfit é superior a outras modalidades. O gráfico 2 demonstra através de porcentagem a relação entre a discordância dos resultados obtidos a respeito dessa temática.

O estudo retrospectivo [46], com amostra de 411 participantes, comparou a probabilidade de lesões auto referidas e a gravidade referente a elas no Crossfit e no levantamento de peso tradicional em um intervalo de 2 anos. Esse estudo foi o único a concluir que os atletas que praticam Crossfit têm maior probabilidade de se lesionar e buscar tratamento médico em comparação a outra modalidade, sendo comparada com os participantes do levantamento de peso tradicional. Apesar dos achados, os autores sugerem que o aumento da probabilidade de lesão pode estar mais relacionado à intensidade com a qual exercícios são realizados do que aos exercícios envolvidos na prática, portanto, a prática exige maior consciência corporal para a prevenção de lesões.

Nos outros 10 artigos inseridos nessa categoria há constatação da semelhança na incidência de injúrias decorrentes ao Crossfit e de outras modalidades de treinamento, assegurando, portanto, a segurança relativa do CrossFit. Foi evidenciado, no estudo

retrospectivo observacional [47] - a partir de uma amostra de 454 pessoas - que a taxa de injúrias músculo esqueléticas do CrossFit é semelhante a de outras práticas de exercício. Esse resultado é compatível aos encontrados nos artigos 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55 e 56, abordados nos próximos parágrafos.

No estudo transversal descritivo observacional [48] foi avaliada a prevalência de injúrias de Crossfit relacionando com o perfil de cada atleta. Com uma amostra de 414 atletas demonstraram, através de informações colhidas em questionários durante 12 meses, que a incidência de injúria no CrossFit é semelhante a outras modalidades (levantamento de peso olímpico e regular e ginástica artística). De conclusão semelhante, o artigo ``The nature and prevalence of injury during CrossFit training`` [49] mostrou a análise de 132 questionários aplicados que avaliava tipos de lesão decorrentes do Crossfit. Foi evidenciado que a taxa de injúria é de 3.1/1000 horas de treino que é semelhante a outras modalidades esportivas (ginástica olímpica, levantamento de peso olímpico). Avaliando essas mesmas modalidades em comparação ao CrossFit, o estudo retrospectivo epidemiológico [50] revelou a incidência de injúria de atletas de Crossfit. Com uma amostra de 191 participantes concluíram que a incidência de lesão por Crossfit é semelhante à encontrada em ginástica e levantamento de peso olímpico.

Incluindo outras modalidades para comparação ao CrossFit, a análise sistemática [51] de 3 estudos demonstrou, semelhantemente aos outros, que o risco de de lesão por Crossfit são semelhante a levantamento de peso olímpico, corrida a distância, track, rugby, futebol americano, hockey, futebol e ginástica. Semelhante a essa análise, o estudo descritivo [52] analisou injúria de ombro nos praticantes de CrossFit. Observou-se que, com a amostra inicial de 187 pessoas, observou-se que a incidência de lesão de ombro no CrossFit não apresenta dissonância em comparação a outras práticas.

Símil aos artigos já mencionados, o estudo de coorte [53], com amostra de 117 participantes avaliou o risco de injúria no CrossFit em 12 semanas. A incidência encontrada foi comparável a outras atividade recreativas, de 2.10/1000h de treinamento. Comparativamente, o estudo descritivo epidemiológico [54], com amostra de 3049 participantes que realizaram questionários sobre treinamentos de alta intensidade, incluindo o Crossfit. Foi observado que a taxa de incidência de injúria em CrossFit é semelhante a métodos de treinamento mais tradicionais, apresentando-se como uma prática segura.

Com abordagem semelhante, o estudo transversal [55] realizou a análise de 3 grupos de atletas -cujas idades variaram entre 17 a 40 anos- de diferentes modalidades esportivas

competitivas (Crossfit, Levantamento de Peso Profissional e Body Building). Os participantes estavam inseridos num treinamento superior a 6 meses de suas respectivas categorias esportivas o que demonstrou maior segurança em parâmetros de simetria e concordância de movimentos. O Crossfit demonstrou-se superior em teste de bilateralidade, e uma superior mobilidade de ombro simetria em comparação aos outros. Mas esses resultados não alteraram a incidência de injúria no CrossFit que se apresenta semelhante em relação aos outros grupos comparados.

A revisão sistemática e metanálise [56] objetivou analisar os achados científicos relacionados a revisões sistemáticas e de metanálise sobre CrossFit. 31 artigos foram incluídos na revisão sistemática e 4 na meta análise. O resultado geral apontou que CrossFit é uma prática associada a alto nível de senso de comunidade, satisfação e motivação, cujo risco é igual a outras modalidades.

A segunda categoria (injúrias propriamente ditas do CrossFit - se referindo ao local das lesões e taxa de incidência) englobou um total de 22 estudos, onde 18 analisaram e discorreram sobre o local da lesão e 18 sobre a taxa de injúria. Divergindo sobre a ordem de acometimento, identificou-se que os principais locais acometidos incluem: ombro, lombar, coluna vertebral, costas, trapézio, músculos costais superiores, discos intervertebrais, braço, deltóide, gastrocnêmio, tendão patelar, tendão de aquiles, joelhos. Como pode-se perceber a anatomia informada foi descrita, em alguns estudos, de forma mais generalizada e em outros de maneira mais técnica. A respeito da taxa de injúria de CrossFit, percebe-se que em alguns artigos foi constatada como lesão em 1000h e em outros como porcentagem em relação a amostra colhida. Para elucidação dos estudos e a taxa de injúria em 1000h apresentadas pode-se conferir na tabela número 1 a diferença em que se apresentam esses dados. A seguir encontra-se a discussão detalhada dos estudos mencionados, acerca do local de lesão e taxa de injúria.

Estudo	Amostra	Taxa de Injúria em 1000h
48	414	3,24
52	980	1,94
53	117	2,10
57	270	1,34
67	Não se aplica	1 - 3,1
69	168	9,5
70	Não se aplica	2,1 - 3,1
71	247	2,71
72	Não se aplica	0,21- 0,54 (competidor)
72	Não se aplica	0,39-1,30 (não competidor)

TABELA 1

Tabela referente a taxa de injúria demonstrada pelos estudos e suas respectivas amostras. Nas revisões de literatura a amostra é indefinida e não se aplica para valores comparativos.

Se tratando da taxa de injúria, encontra-se no estudo epidemiológico transversal [57] obteve uma amostra de 270 pessoas para avaliação de injúrias musculares. Estimadamente encontraram 1,34 lesões por 1000 horas de Crossfit, sendo as lesões mais comuns de ligamentos (31,8%), musculares(23,1%) em ombros (35,9%) e lombar (17,9%). Em contraste observaram que os voluntários que não participavam de competições apresentavam probabilidade 2,64x maior de apresentar uma injúria, e participantes que treinavam menos que 2 vezes por semana apresentavam 3,24 maior probabilidade de lesão em comparação aos que treinavam mais de três vezes por semana. A avaliação de lesões musculares também foi realizada pelo estudo observacional retrospectivo [47] avaliou lesões musculares relacionadas ao CrossFit. Da amostra de 454 pessoas 39.9% já apresentaram injúria músculo-esquelética após treino de CrossFit, sendo 16,7% tendinites. O estudo concluiu que CrossFit é uma prática comparável a outros exercícios, com taxas similares de injúrias músculo esqueléticas.

Com objetivo de assinalar amplamente a respeito do local de lesão - incluindo abrangentemente o músculo e função ventilatória- , no estudo [58] objetivou registrar sintomas de disfunção física pós-exercício (por exemplo, dor muscular excessiva, falta de ar) após CrossFit e avaliações de esforço percebido (RPE) durante CrossFit em comparação com o treinamento de acordo com as diretrizes American College of Sports Medicine (ACSM). Um

questionário foi preenchido por 101 participantes do CrossFit. Esse estudo concluiu que o CrossFit leva a um esforço percebido "muito forte", causando efeitos prejudiciais pós-exercício nos músculos e na função ventilatória em atletas experientes.

Focando em um grupo muscular mais específico (sendo ele o grupo muscular costal), o estudo [59] investigou as mudanças relacionadas à fadiga na cinemática espinhal, cinética e atividade muscular dos músculos das costas durante um desempenho de remo ergométrico total de 2.000 m. Foram analisados 10 sujeitos do sexo masculino com experiência em exercícios de remo e CrossFit. O estudo traz a hipótese de que o aumento significativo da curvatura da coluna torácica esteja conectado aos músculos cansados das costas e pode levar a um carregamento desequilibrado dos discos intervertebrais e outras estruturas. No CrossFit Intervalos de remo extenuantes são combinados com exercícios técnicos com altas cargas nas costas e na coluna podendo levar a estabilização muscular prejudicada e potencialmente a um aumento do risco de lesões.

O estudo retrospectivo transversal descritivo epidemiológico [60] buscou identificar lesões de ombro associadas a levantamento de peso em 100 hospitais de emergência dos EUA e coletou dados sobre idade, sexo, raça, etnicidade, diagnóstico da injúria, local acometido, acidente de trabalho, relação com veículos, intencionalidade. Foi evidenciado que o número de injúrias de ombro relacionadas a levantamento de peso nos EUA está em crescimento (de 8000 injúria por ano nos anos 2000 para 15000 em 2017, e previsão de 25000 em 2030), o que tem relação com o aumento de idade das pessoas que utilizam dessa prática.

Ainda sobre lesão do ombro e costas, mas incluindo também outros grupos de ligamentos, músculos e articulações, o estudo retrospectivo [61] verificou a incidência e taxa de lesão muscular e de tendão no CrossFit, além de fatores de risco potenciais para homens e mulheres. Da amostra de 184 pessoas, 38,6% apresentaram algum tipo de lesão, sendo 83,1% injúrias articulares e/ou 45,1% musculares. A localização das lesões articulares eram predominantemente em ombro, punho e cotovelo, com uma distinção de lombar em mulheres. Quanto a lesões musculares foi notado principalmente deltóide, músculos costais superiores, quadríceps femorais em homem e deltóide, trapézio, músculo costal superior e gastrocnêmio.

Dando enfoque aos tendões, o estudo de coorte observacional [62] objetivou avaliar a sobrecarga aguda da espessura de tendões, por método ultrassonográfico, em treinos intensos de atletas de CrossFit. Com uma amostra de 34 indivíduos foi evidenciado aumento

significativo da espessura do tendão patelar após exercícios intensos (com uma média de 0,47mm), e de 0,17mm no tendão de aquiles. Não foi encontrado diferença na espessura da fásia plantar após o treino.

Demonstrando a mudança de incidência associada à diferença de condicionamento físico, o estudo [63] examinou a eficácia da participação no treinamento funcional de alta intensidade (TFAI) por meio do CrossFit. Os participantes incluíram 45 adultos com 0-27 meses de experiência de TFAI. Os participantes completaram três dias separados de avaliações em 10 domínios de fitness antes e depois de participar do programa por seis meses. O estudo forneceu evidências de várias melhorias de condicionamento físico após seis meses de participação no CrossFit com maior melhoria no tempo de execução de 1,5 milhão entre mulheres com menos experiência.

Enfatizando a regularidade de treino associada a injúria assim como ombro como principal grupo muscular acometido, o estudo transversal observacional descritivo [48] avaliou a prevalência de injúrias em atletas de CrossFit. Com uma amostra de 414 atletas, foi demonstrado - no período de 12 meses de avaliação por questionários - que o ombro e lombar foram os locais mais acometidos. A frequência dessas injúrias foi de 3,24 injúrias em 1000h de treino, com probabilidade de 82,2% de lesões em 12 meses para atletas regulares. Corroborando a evidência de lesão principalmente em ombro e lombar, o estudo descritivo epidemiológico [49] realizou questionários que abrangeram uma amostra de 38 pessoas para estabelecer a frequência de lesões decorrentes de CrossFit. Com isso identificaram prevalência, respectivamente, de lesões no ombro, lombar e joelho. Dos participantes, 19,4% relataram injúria no inquérito colhido. E, mais uma vez mencionando ombro e lombar encontramos no estudo descritivo epidemiológico [64] investigado a incidência de injúria nos praticantes de CrossFit. Obtiveram uma amostra de 449, dentro dos critérios de inclusão, onde as lesões foram, em ordem decrescente de prevalência, no ombro, lombar e joelho. A taxa de injúria foi de 56,1% em 12 meses. Novamente, a análise sistemática [51] de 3 estudos avaliou a taxa de injúria de CrossFit. Apontou que o ombro era o local mais acometido.

Em contraste com os estudos anteriores - por pegar um público diferente -, o estudo de revisão retrospectivo pediátrico [65] investigou lesão de CrossFit na faixa pediátrica. O estudo incluiu 115 participantes. Foi encontrado que injúrias aumentam consistentemente com o tempo e o local é predominantemente membros inferiores (47%), membro superior (27%), joelho (27%), tronco/espinha (25,2%), ombro (16,5%). A proporção pediatria de lesão se concentra principalmente no tronco e coluna vertebral. Da mesma forma, o estudo

transversal [66], de amostra de 413 participantes, objetivou determinar - através de questionários- a prevalência de lesões músculo-esqueléticas relacionadas ao CrossFit. Encontraram que a prevalência é de 24% e as regiões mais afetadas são a coluna lombar, ombro e joelho, respectivamente.

Sobre as características gerais da injúria no CrossFit, o estudo transversal descritivo epidemiológico [67] objetivou avaliar demografia, história de contato prévio com CrossFit e outras atividades, monitoração profissional, presença de lesões associadas ao CrossFit para associar um perfil epidemiológico nos atletas que sofrem injúria decorrente do CrossFit. Com uma amostra de 662, realizaram questionários e encontraram uma taxa de 31% para lesões associadas a CrossFit. As taxas de lesões do CrossFit são comparáveis às de outros esportes recreativos ou competitivos, e as lesões mostram um perfil semelhante ao levantamento de peso, levantamento de peso, musculação, ginástica olímpica e corrida, que têm uma taxa de incidência de lesões quase metade da do futebol.

Em busca de analisar se existe um risco inerente de injúria, especialmente em ombros, dos praticantes de crossfit, o estudo [52] avaliou informações demográficas, características de treino e prevalência de injúrias por 6 meses de 980 indivíduos que praticam crossfit. Foi evidenciado que as lesões de ombro durante a prática de crossfit são comparáveis a outros métodos de exercício recreacional, correspondendo a uma taxa de 1,18 lesões para cada 1000 horas de treinamento. Todas as lesões no ombro ocorreram a uma taxa de 1,94 por 1000 horas de treinamento, enquanto as "novas" lesões no ombro ocorreram a uma taxa de 1,18 por 1000 horas de treinamento. As causas mais atribuídas de lesão foram a forma inadequada (33,3%) e exacerbação de lesão anterior (33,3%). Vinte e cinco (64,1%) daqueles que sofreram lesão relataram 1 mês ou menos de redução de treinamento devido ao ferimento

Acerca do estabelecimento de uma taxa de injúria, o estudo prospectivo de coorte [68] realizou 406 questionários efetivos para investigar a incidência de injúrias musculoesquelética que prevenia o atleta de se exercitar por no mínimo 1 dia, o que classificaram como CRMI. Encontraram que 32% dos atletas relataram essas injúrias e foi encontrado que a taxa de injúria, a cada 1000h de exposição de treino equivalia a 18,9. Com diferente resultado, o estudo [53] - cujo objetivo foi avaliar o nível de risco de injúria associado ao treinamento de crossfit e examinar a influência de potenciais fatores de risco- realizou o acompanhamento de 117 participantes durante 12 semanas e conclui que a taxa

de incidência de injúria associada ao treinamento de crossfit é baixa (2,10/ 1000 horas), em comparação com outras modalidades de atividades fitness recreativas.

Também com outros resultados, assim como com outro público alvo de pesquisa, a Revisão sistemática [69] de dados sobre treinamento funcional de alta intensidade (TFAI) buscou esclarecer a taxa de lesões. Objetivo principal perante a população militar. Programa TFAI é efetivo principalmente para aumentar o desempenho de militares, assim como reduzir o volume de treinamento (especialmente de corrida). A melhor prevenção para injúrias foi evidenciada no acompanhamento durante as atividades. As taxas de incidência de lesões para programas HIFT encontradas variaram de 1,0/1.000 horas a 3,1/1.000 horas de treinamento.

A análise de coorte prospectivo [70] analisou a taxa de injúria no CrossFit. Disponibilizou questionários durante 8 semanas, para atletas de CrossFit, e 168 pessoas entraram nos critérios de inclusão. Do inquérito realizado encontraram que 14,9% dos atletas reportaram injúrias relacionadas a prática comentada e que a taxa de injúria por tempo de exposição equivalia a 9,5 por 1000h.

Como anteriormente demonstrado a respeito da prevalência no ombro, joelho e lombar, a revisão sistemática [71] foi realizada com o propósito de questionar a segurança de treinamentos de alta intensidade, como CrossFit, para então analisar os fatores de risco associados a essas práticas. Foram selecionados 12 estudos. Os resultados demonstraram que as áreas de maior risco de injúria no CrossFit são ombro, joelho e lombar. A taxa de lesão relatada pelos estudos incluídos na revisão variou de 2,1 a 3,1 lesões por 1000 horas de treino. A estrutura com maior índice de lesões foi a articulação do ombro, já que 9/12 (75%) dos estudos reportaram injúrias nesta região. As injúrias em costas e joelhos foram reportadas em 8/12 (66,6%) e 7/12 (59,8%) estudos, respectivamente. Já na análise transversal [72] - que avaliou as taxas de injúria em atletas de CrossFit, com amostra de 1829- foi observado que em participantes não competidores a taxa de injúria era de 0,39-1,30 a cada 1000 horas de treinamento enquanto que nos competidores era de 0,21-0,54 injúria a cada 100 horas de treinamento.

Com diferente resultado, o estudo retrospectivo transversal [73], de nível de evidência 4, analisou a taxa de injúria de atletas participantes de programas de condicionamento extremo, incluindo CrossFit. Com uma amostra de 247, que cumpriam os critérios de inclusão, observaram que o ombro e braço eram as regiões mais lesadas

(incluindo 15% dos atletas), seguidos de tronco, costas e pescoço. A taxa de incidência por horário de treinamento foi de 2,71 por 1000h.

Finalmente, o estudo **“Independent risk factors for recurrent or multiple new injuries in CrossFit athletes”** [74] avaliou 837 pacientes com injúrias músculo-esqueléticas associadas ao CrossFit. Foi constatado que 11,2% dos pacientes apresentavam 2 lesões onde 74% eram em locais diferentes. O principal objetivo do estudo foi associar a fatores de risco, item que será abordado em seguida.

A última categoria se refere aos fatores de risco encontrados no CrossFit, em que 24 dos 31 estudos incluíam informações referentes a essa temática. Os artigos selecionados abrangem tópicos como sexo, idade, experiência com CrossFit, frequência de treino por semana, presença de profissionais para orientar no treino, injúrias prévias, contato prévio com outro esporte e rotina de exercícios para identificar fatores protetores e fatores de risco para injúrias decorrentes do CrossFit. Dos 24 artigos, 7 buscaram correlacionar gênero como um fator de risco, 11 relacionam a presença de um treinador como fator protetor, 2 relataram sobre a presença de injúria prévia e 5 sobre experiência prévia, 1 sobre presença de rotina, 1 com IMC, 2 com peso e 1 com altura. A comparação do gráfico 3 com o gráfico 4 permite visualizar as variáveis que foram analisadas nos estudos com as variáveis que foram propriamente classificadas como fator de risco. (ilustrado em gráfico 3 e 4)

Os achados foram que, no estudo retrospectivo [61], de amostra equivalente a 184 pessoas, identificou, através dos questionários realizados, que gênero era um fator de risco para o local da lesão (mulheres apresentavam mais injúria na lombar e homens no ombro). Experiência, frequência de treino semanal e injúria prévias, acompanhamento com treinador se apresentaram como importantes fatores de risco. No estudo transversal observacional [48], com uma amostra de 414 atletas, não encontrou nenhum resultado relevante quanto ao perfil do paciente para atribuir a fatores de risco para injúria. Foi analisado gênero, peso, altura e prática de outros esportes. O que encontraram foi a importância da prática em ambientes com profissionais qualificados para monitorarem. Confirmar a segurança em diferentes faixas etárias.

Ainda sobre gênero como fator de risco, o estudo descritivo epidemiológico [49] objetivou estabelecer o perfil do atleta que sobre injúrias no CrossFit. Com uma amostra de 486 participantes, demonstraram uma predisposição de 20% do sexo masculino sofrer lesões. Novamente, demonstraram como o envolvimento de treinadores para orientação dos

atletas reduz a taxa de injúria (de 19%). Corroborando esses resultados, a Análise Sistemática [51] de 3 estudos comparou as injúrias do CrossFit com outras modalidades esportivas. A respeito de fatores de risco, observaram que a supervisão de um atleta reduz a taxa de injúria. Associaram que, pelo sexo masculino buscar menos supervisão profissional isso justifica o aumento da incidência nessa população.

Em relação a presença de um treinador e experiência com o esporte, o estudo epidemiológico retrospectivo [50] examinou as injúrias e fatores de risco de lesões decorrentes do CrossFit. Com uma amostra de 191 participantes, observaram uma incidência de 3,24 em 1000h de treinamento, e proporcionalmente 36%. Encontraram que a maior carga horária semanal de treinamento estava associada a maior propensão de lesão, exporam que competidores possuem risco de lesão 5 vezes superior aos iniciantes, o que foi associado a presença de treinadores majoritariamente para iniciantes. O estudo apresenta um bias por 79,2% dos participantes estarem envolvidos em outras modalidades esportivas. Não encontraram nenhuma diferença a respeito de gênero e idade.

Também a respeito da relação entre ambos os sexos, o estudo “Multiple Fitness Improvements Found after 6-Months of High Intensity Functional Training” [63] identificou, com 45 atletas de amostra, diferentes domínios de entre homens e mulheres, avaliados antes e depois de 6 meses de treinamentos funcional de alta intensidade. Avaliou-se flexibilidade, potência, resistência muscular e força e a interação que esses domínios possuem com resistência cardiorrespiratória. Com isso, observaram melhora em flexibilidades em ambos os sexos, e a resistência muscular diferiu no grupo muscular entre os sexos (onde mulheres apresentaram melhora nos grupos abdominais e homens nos grupos musculares do braço e ombro). Achados foram inconclusivos sobre capacidade aeróbica/cardiovascular. Ainda nessa variante, o estudo de coorte [53], com amostra de 117 participantes, avaliou o risco de injúria no CrossFit em 12 semanas. Lesões anteriores e gênero foram identificados como fatores de risco para lesão, enquanto o papel da competência do movimento neste cenário justifica uma investigação mais aprofundada.

Englobando outras variantes que foram tópicos de análise, a revisão sistemática [75] caracterizou, a partir de 25 estudos analisados, as características das injúrias decorrentes do CrossFit, incluindo prevalência, incidência, localização e fator de risco. Observaram que injúria prévia, idade avançada, sexo masculino, IMC alto, falta de supervisão por treinadores, falta de experiência envolvendo CrossFit e participantes competidores eram todos fatores de risco.

O estudo descritivo epidemiológico [54], submeteu 3049 participantes a realizarem questionários sobre treinamentos de alta intensidade, incluindo o Crossfit. Os achados do estudo sugerem que existem 3 grupos principais que podem estar em maior risco para lesões, incluindo aqueles que {1} estão dentro de seu primeiro ano de participação, {2} se engajam nesta modalidade de treinamento menos de 3 dias por semana, e {3} participam de menos de 3 treinos por semana.

O estudo descritivo epidemiológico [64] investigou a epidemiologia e mecanismo de injúria do CrossFit. Com uma amostra de 449, encontraram que o tempo de exposição afeta a incidência. A comparação entre a taxa de lesão entre 6 meses e 1 ano é de 0,001. Em 1 ano a taxa de injúria foi de 56,1%, e essa aumenta quanto menor o tempo de exposição.

Sobre a experiência prévia do atleta, a revisão sistemática [76] analisou 13 estudos (totalizando 2326 participantes adultos) com intuito de analisar os benefícios e riscos do CrossFit. Identificaram como importante fator de risco lesões prévias e como fator protetor uma variada rotina de exercícios de alta intensidade. Na mesma linha, o estudo epidemiológico (2), de amostra de 270 identificou que os atletas que não participavam de competições apresentavam probabilidade de 2,4 vezes maior de apresentar uma injúria. Foi constatado que atletas que treinavam menos de 2 vezes por semana apresentavam 3,24 maior probabilidade de sofrerem lesões em comparação aos que treinavam mais de 3 vezes na semana. Da mesma forma, o estudo retrospectivo [61], de amostra equivalente a 184 pessoas, identificou, através dos questionários realizados, que gênero era um fator de risco para o local da lesão (mulheres apresentavam mais injúria na lombar e homens no ombro). Experiência, frequência de treino semanal e injúria prévias, acompanhamento com treinador se apresentaram como importantes fatores de risco.

A revisão sistemática [71] indicou que a taxa ou razão de lesão depende de uma grande variedade de variáveis a considerar (lesões anteriores, protocolo utilizado, presença de treinadores qualificados, etc.)

A Revisão sistemática [69] de dados sobre treinamento funcional de alta intensidade (TFAI) buscou esclarecer a taxa de lesões e evidenciou que o melhor fator de prevenção para injúrias e o acompanhamento durante as atividades. O estudo transversal [66], com uma amostra de 413 participantes evidenciou que treinar mais do que 4 dias na semana e não receber orientações regulares de um profissional foram associados a maior risco de injúria musculoesquelética.

O estudo [70], com uma amostra de 168 participantes, concluiu que o risco de lesões é maior em participantes novatos em comparação a outros que possuem mais experiência.

O estudo retrospectivo transversal [73] de injúrias reportadas por atletas participantes de programas de condicionamento extremo (ECP), indicou que novos atletas correm um risco considerável de lesões em comparação com atletas mais experientes.

Ja o estudo [74], com amostra de 837 pacientes com injuria devido a crossfit, avaliou os fatores de risco preditores de uma segunda lesao. Fatores de risco independentes para repetição de lesão incluíram idade mais avançada, tempo de participação e participação na estação da primavera. Os fatores de risco para a repetição da lesão relacionada à avaliação e tratamento inicial incluem não receber imagens avançadas, receber uma injeção de corticosteroide ou se submeter à fisioterapia.

O estudo [72] realizou uma análise descritiva de praticantes de crossfit entre 2013 e 2017 com 3049 participantes. Um fator de proteção demonstrado foi a presença de um treinador e métodos próprios para proteção da injúria dos competidores. As lesões musculoesqueléticas se mostraram resultado de desacompanhamento profissional durante os treinos.

O Estudo transversal descritivo epidemiológico [67] objetivou avaliar demografia, história de contato prévio com CrossFit e outras atividades, monitoração profissional, presença de lesões associadas ao CrossFit para associar um perfil epidemiológico nos atletas que sofrem injúria decorrente do CrossFit. Com uma amostra de 662, realizaram questionários e encontraram uma taxa de 31% para lesões associadas a CrossFit. O estudo identificou idade menor que 18 anos, participação em competições de crossfit , duração de sessão de treino maior que 1 hora, acompanhamento profissional e tempo de crossfit maior que 6 meses como fatores de risco

DISCUSSÃO

O CrossFit é uma prática relativamente nova, a qual envolve um treinamento de alta intensidade de diversas articulações, ligamentos e grupos musculares, o que traz a necessidade fundamental de analisar múltiplas variáveis a respeito dos benefícios e malefícios desse exercício. Com o direcionamento do estudo para os 3 principais temas mencionados (1- Comparação da injúria do CrossFit com injúria de outras modalidades, 2- Injúria propriamente dita relacionada ao CrossFit (a qual abrange taxa de incidência, localização, tipo de lesão), 3- Fatores de Risco para lesões musculares no CrossFit. Foi

possível discorrer a respeito da segurança dessa modalidade esportiva. Encontrou-se que a taxa de injúria do CrossFit equivale a taxa de injúria de outros esportes de alta intensidade (peso olímpico, ginástica artística, corrida a distância, tracking, rugby, futebol americano, hockey, futebol) e até a e exercícios recreacionais. A taxa de injúria variou entre 0,21 até 9,5 lesões em 1000 horas, com uma média aritmética de 2,32 lesões por 1000 horas. Os locais relatados em estudo com maior incidência de lesões foram ombro, lombar e joelho. Contudo, não foi encontrada uma relação de proporcionalidade entre esses locais devido a diferentes formas de abordagem dos estudos, impossibilitando concluir o ranqueamento das lesões mais prevalentes dentre as descritas. Logo, estudos adicionais seriam benéficos para compreensão mais elucidada do mecanismo de lesão desses locais e guiar a prevenção de lesões futuras.

No que diz respeito aos fatores de risco, foi evidenciado um aumento de prevalência de injúria no sexo masculino, assim como nos praticantes de CrossFit que não treinam na presença de um profissional para auxiliar. Esses fatores estão associados devido a redução da procura de treinadores por pessoas do sexo masculino. O fator protetor com maior respaldo científico para lesões de CrossFit é a presença de treinadores durante o treino. Outros fatores de risco encontrados, porém em um menor número de estudos, são: frequência de treino semanal, experiência prévia, tempo de treinamento, injúria prévia, IMC, peso e altura. A respeito da frequência dos atletas, os resultados se mostraram inconclusivos. Alguns estudos indicam maior taxa de lesão em atletas de nível competidor - com consequente maior frequência de treinamento - enquanto outros estudos apontam uma redução na taxa de injúria. Novamente, pode ser associado ao fator da presença ou não do treinador durante a prática de CrossFit. Por isso, indica-se uma reavaliação dessas variáveis de forma a excluir o fator confusional. Mais estudos são necessários para esclarecer os fatores de risco dessa modalidade esportiva e a relação de causalidade entre esses fatores para elucidar os resultados divergentes encontrados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por estudos relacionados às variáveis de interesse para pesquisa foi limitada devido ao relativamente recente interesse pelo tema (CrossFit). Dessa forma, os resultados obtidos a partir dos artigos selecionados foram divergentes a algumas temáticas abordadas e necessitam de estudos adicionais para elucidação desses conflitos de literatura e as variáveis metodológicas que o influenciam. As taxas de injúria em 1000h de treino se mostraram discrepantes (variando entre 0,21 até 9,5 lesões em 1000 horas, com uma média aritmética de 2,32 lesões por 1000 horas). Além disso, dados discordantes foram obtidos em relação à frequência e tempo de treinamento como fator de risco à injúria - onde estudos demonstram que maior frequência de treino está associada à redução da taxa de injúria e outros estudos descreveram o aumento dessa taxa. Outro resultado conflitante diz respeito a localização predominante das lesões e os fatores de risco e mecanismo de lesão diretamente relacionados a eles. Estudos adicionais seriam benéficos para maior entendimento de lesões, assim como capacidade para nortear a prevenção adequada.

A análise dos estudos que obtiveram resultados convergentes demonstrou que a taxa de injúria e segurança da prática de CrossFit se assemelha à de outras modalidades esportivas de alta intensidade. A presença de um treinador durante a prática de CrossFit como fator de proteção a injúrias é um outro achado de alto respaldo científico dentro da bibliografia analisada. Por fim, o sexo masculino também foi identificado por alguns estudos como fator de risco, os autores sugerem que este fato pode ter relação com a ausência da busca de treinadores por esses atletas.

Portanto, mais estudos são necessários para esclarecer os fatores de risco dessa modalidade e a relação de causalidade entre esses fatores. Deve ser incentivada a produção de literatura com alta qualidade metodológica a fim de reduzir as limitações como as encontradas nos estudos analisados e elucidar os resultados divergentes, tornando possível a realização de uma prevenção de lesões superior e direcionada na prática da modalidade esportiva CrossFit.

REFERÊNCIAS

- 1- HALL, J. E.; GUYTON, Arthur C. Guyton & Hall. **Tratado de fisiologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.
- 2- CHENG, A. J., JUDE, B., & LANNER, J. T. **Intramuscular mechanisms of overtraining**. Redox Biology, 2020.
- 3- BUYSE, L., et al. **Improving the diagnosis of nonfunctional overreaching and overtraining syndrome**. Medicine & Science in Sports & Exercise, v. 51, p.11 , 2019.
- 4 - PHILLIP, B. et al. **Overreaching Attenuates Training-induced Improvements in Muscle Oxidative Capacity**. Medicine & Science in Sports & Exercise, v. 52, p.1, 2019.
- 5- LAVENDER, A.P.; NOSAKA, K. **Changes in fluctuation of isometric force following eccentric and concentric exercise of the elbow flexors**. European Journal of Applied Physiology, v.93, p.6, 2006.
- 6- HYLDAHL, R. D.; HUBAL, M. J **Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise**. Muscle Nerve, Fevereiro, v.49, p.2, 2014.
- 7- DEYHLE, M. R.; SORENSEN, J. R.; HYLDAHL, R. D. **Induction and Assessment of Exertional Skeletal Muscle Damage in Humans**. Journal of Visualized Experiments, 2016
- 8- KAMANDULIS, S. et al. **Prolonged force depression after mechanically demanding contractions is largely independent of Ca(2+) and reactive oxygen species**. The FASEB Journal, v.31, p.11, 2017.
- 9- LIN, M. J.; et al. **Low-intensity eccentric contractions of the knee extensors and flexors protect against muscle damage**. Appl Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 40(10):1004-1011, 2015.
- 10- MIZUMURA, K.; TAGUCHI, T. **Delayed onset muscle soreness: Involvement of neurotrophic factors**. The Journal of Physiological Sciences, v. 66, p. 43–52, 2016.

- 11- DAMAS, F. et al. Susceptibility to exercise-induced muscle damage: a cluster analysis with a large sample.** *International Journal of Sports Medicine*, v. 7(8), p. 633-40, 2016.
- 12- YAMADA, T. et al. Nitrosative modifications of the Ca²⁺ release complex and actin underlie arthritis-induced muscle weakness.** *Annals of the Rheumatic Diseases*, v. 74, p. 1907–1914, 2015.
- 13- VANDERVEEN, B.N. et al. The regulation of skeletal muscle fatigability and mitochondrial function by chronically elevated interleukin-6.** *Experimental Physiology*, v. 104, p. 385–397, 2019.
- 14- McFARLIN, B. K. et al. Reduced inflammatory and muscle damage biomarkers following oral supplementation with bioavailable curcumin.** *Biochimica et Biophysica Acta Clinical*, v. 5, p.72-78, 2016
- 15- PEAKE, J. M. et al. The effects of cold water immersion and active recovery on inflammation and cell stress responses in human skeletal muscle after resistance exercise.** *The Journal of Physiology*, v. 595, p. 695–711, 2017.
- 16- THONG, I. K. et al. The validity of pain intensity measures: what do the NRS, VAS, VRS, and FPS-R measure?.** *Scandinavian Journal of Pain*, 18(1): 99-107, 2018.
- 17- CRETOIU, D. et al. Myofibers.** *Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol.1088, 2018.
- 18- DOUGLAS, J.; et al. Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses.** *Sports Medicine*, v. 47(4), p.663–675, 2017.
- 19- ASCENSÃO, A. et al. Biochemical impact of a soccer match — analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery.** *Clinical Biochemistry*, v. 41(10-11), p. 841-851, 2018

- 20- BRANCACCIO, P.; LIPPI, G.; MAFFULLI, N. Biochemical markers of muscular damage.** Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, 48(6):757-67, 2010.
- 21- MORISHITA, S. et al. Rating of perceived exertion on resistance training in elderly subjects.** Expert Review of Cardiovascular Therapy, 2018.
- 22- SZELES, P. R. Q. et al. CrossFit and the Epidemiology of Musculoskeletal Injuries: A Prospective 12-Week Cohort Study.** Orthopaedic Journal of Sports Medicine, v. 8(3), 2020.
- 23- EVERHART, J. E. et al. CrossFit-related hip and groin injuries: a case series.** Journal of Hip Preservation Surgery, v.7, p.109-115, 2020.
- 24- BIDDLE, S. J.; BATTERHAM, A. M. High-intensity interval exercise training for public health: a big HIT or shall we HIT it on the head?** The international Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, v. 12, p. 15, 2015
- 25- AUNE, K. T.; POWERS, J. M. Injuries in an Extreme Conditioning Program.** Sports Health, v. 9(1), p. 52-58, 2017.
- 26 - WHITEMAN-SANGLAND, J. et al. The role of social capital and community belongingness for exercise adherence: An exploratory study of the CrossFit gym model.** Journal of Health Psychology, v. 23(12), p. 1545-1556, 2016.
- 27- CLAUDINO, J. G. et al. CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis.** Sports Medicine-Open, v. 4(1), p. 11, 2018.
- 28- BERGERON, M. F. et al. Consortium for Health and Military Performance and American College of Sports Medicine consensus paper on extreme conditioning programs in military personnel.** Current Sports Medicine Reports, v. 10(6), p. 383-9, 2011.
- 29- MONTALVO, A. M. Retrospective Injury Epidemiology and Risk Factors for Injury in CrossFit.** Journal of Sports Science & Medicine, v. 16(1), p. 53–59, 2017.

- 30- CLAUDINO, J.G. et al. **CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis.** Sports medicine - open, 4(1):11, 2018
- 31- TÍMON, R. et al. **48-hour recovery of biochemical parameters and physical performance after two modalities of CrossFit workouts.** Biology of sport 36(3):283-289, 2019.
- 32- TEO, W.; NEWTON, M.J.; MCGUIGAN, M.R. **Circadian rhythms in exercise performance: implications for hormonal and muscular adaptation.** Journal of sports science & medicine;10(4):600-606, 2011
- 33- KVORNING, T. et al. **Suppression of endogenous testosterone production attenuates the response to strength training: a randomized, placebo-controlled, and blinded intervention study.** American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism 291, E1325-1332, 2006.
- 34- ANDERSON, T., LANE, A. R.; HACKNEY, A. C. **Cortisol and testosterone dynamics following exhaustive endurance exercise.** European Journal of Applied Physiology, 116(8), 1503–1509, 2016
- 35- EDWARDS, D. A.; TURAN, B. **Within-person coupling of estradiol, testosterone, and cortisol in women athletes.** PeerJ, 8: e8402., 2020
- 36- MORAN, S. et al. **Rates and risk factors of injury in CrossFit™: a prospective cohort study.** The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 2017
- 37- MINGHELLI, B.; VICENTE, P. **Musculoskeletal injuries en portuguese crossfit practioners.** The journal of sports Medicine and Physical Fitness, 2019
- 38 - GARDINER, B.; DEVEREUX, G.; BEATO, M. **Injury risk and injury incidence rates in crossfit: a brief review.** The Journal of sports medicine and physical fitness, 2020.
- 39- MOGHADAM-KIA, S.; ODDIS, C.V.; AGGARWAL, R. **Approach to asymptomatic creatine kinase elevation.** Cleveland Clinic Journal of Medicine, 83(1):37-42, 2016.

- 40- CERQUEIRA, E. et al. Inflammatory Effects of High and Moderate Intensity Exercise - A Systematic Review.** *Frontiers in Physiology*, 10: 1550, 2019.
- 41- MARQUÉS-JIMÉNEZ, D. et al. Are compression garments effective for the recovery of exercise-induced muscle damage? A systematic review with meta-analysis.** *Physiology & Behavior*. 153:133-48, 2016.
- 42- BAUMERT, P. et al. Genetic variation and exercise-induced muscle damage: implications for athletic performance, injury and ageing.** *European Journal of Applied Physiology*, 116(9):1595-1625, 2016.
- 43- FEDEWA, M.V.; HATHAWAY, E.D.; WARD-RITACCO, C.L. Effect of exercise training on C reactive protein: a systematic review and meta-analysis of randomised and non-randomised controlled trials.** *British journal sports of medicine*, 51(8):670-676, 2017.
- 44- RAMOS, L. et al. Characterization of Skeletal Muscle Strain Lesion Induced by Stretching in Rats: Effects of Laser Photobiomodulation.** *Photomedicine and Laser Surgery*, 36(9):460-467, 2018.
- 45- XIA, Z. et al. Effects of oat protein supplementation on skeletal muscle damage, inflammation and performance recovery following downhill running in untrained collegiate men.** *Journal Food & Function*, 2018.
- 46- ELKIN, J. L. et al. Likelihood of Injury and Medical Care Between CrossFit and Traditional Weightlifting Participants.** *Orthopaedic journal of sports medicine*, 7(5), 2019.
- 47- TAFURI, S. et al. The risk of injuries among CrossFit athletes: an Italian observational retrospective survey.** *The Journal of sports medicine and physical fitness* 59(9): 1544-1550, 2019.
- 48- da Costa,Taline Santos et al. Crossfit: injury prevalence and main risk factors.** *Clinics*, 74, 2019.

- 49- HAK, P. T. et al. **The nature and prevalence of injury during CrossFit training.** Journal of Strength and Conditioning, 2013.
- 50- MONTALVO, A.M. et al. **Retrospective Injury Epidemiology and Risk Factors for Injury in CrossFit.** Journal of Sports Science and Medicine, 16(1): 53-59, 2017.
- 51- KLIMEK, C. et al. **Are Injuries More Common With CrossFit Training Than Other Forms of Exercise?.** Journal of Sport Rehabilitation, 27(3): 295-299, 2018.
- 52- SUMMITT, R.J. et al. **Shoulder injuries in individuals who participate in crossfit training.** *Sports Health*, 8(6):541-546, 2016.
- 53- MORAN, S., BOOKER, H., STAINES, J., WILLIAMS, S. **Rates and risk factors of injury in CrossFit™: a prospective cohort study.** Journal Sports Medicine and Physical Fitness, 57:1147-53, 2017.
- 54- FEITO, T., BURROWS, E.K., TABB, L.P. **A 4-Year Analysis of the Incidence of Injuries Among CrossFit-Trained Participants.** Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 2018.
- 55- TAFURI, S. et al. **CrossFit athletes exhibit high symmetry of fundamental movement patterns. A cross-sectional study.** *Muscles, ligaments and tendons journal*, 6(1): 157-60., 2016.
- 56- CLAUDINO, J.G. et al. **CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis.** Sports Medicine, 4(11), 2018.
- 57- MINGHELLI, B.; VICENTE, P. **Musculoskeletal injuries in portuguese crossfit practioners.** The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 2019.
- 58- DRUM, S. N. et al. **Perceived demands and postexercise physical dysfunction in CrossFit® compared to an ACSM based training session.** The Journal of sports medicine and physical fitness. 57(5): 604-609, 2017.

- 59- WILLWACHER, S. et al. **Dorsal muscle fatigue increases thoracic spine curvature in all-out recreational ergometer rowing.** European journal of sport science, 21(2): 176-182, 2021.
- 60- PIRRUCCIO, K.; JOHN, D. K. **Weightlifting Shoulder Injuries Presenting to U.S. Emergency Departments: 2000-2030.** International journal of sports medicine, 40(8): 528-534, 2019.
- 61- TOLEDO, R. et al. **Joint and muscle injuries in men and women CrossFit training participants.** Phys Sportsmed. 26:1-7, 2021.
- 62- FISKER, F. Y. et al. **Acute tendon changes in intense CrossFit workout: an observational cohort study.** Scandinavian journal of medicine & science in sports. 27(11):1258-1262, 2017.
- 63- COSGROVE S. J., CRAWFORD, D. A., HEINRICH K.M. **Multiple Fitness Improvements Found after 6-Months of High Intensity Functional Training.** Sports, 7(9):203, 2019.
- 64- MEHRAB, M., DE VOS, R., KRAAN, G.A., MATHIJSEN, N.M.C. **Injury Incidence and Patterns Among Dutch CrossFit Athletes.** Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 2017.
- 65- Stracciolini, A.M.D. et al. **Part I: Crossfit-Related Injury Characteristics Presenting to Sports Medicine Clinic.,** Clinical Journal of Sport Medicine, 30(2): 102-107, 2020
- 66- LIMA, P.O., SOUZA, M.B., SAMPAIO, T.V., ALMEIDA, G.P., OLIVEIRA, R.R. **Epidemiology and associated factors for CrossFit-related musculoskeletal injuries: a cross-sectional study.** Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 60:889-94, 2020.
- 67- SPREY, J. W. C. et al. **An Epidemiological Profile of CrossFit Athletes in Brazil.** Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 2016.
- 68- SZELES, P. R. Q. et al. **CrossFit and the Epidemiology of Musculoskeletal Injuries: A Prospective 12-Week Cohort Study.** Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 2020.
- 69- WALKER, S. C. et al. **Is High-Intensity Functional Training (HIFT)/CrossFit Safe for Military Fitness Training?,** Military Medicine, 181(7):627-637, 2016.

70- LARSEN, R.T., HESSNER, A.L., ISHAI, L., LANGBERG, H., CHRISTENSEN, J. **Injuries in Novice Participants during an Eight-Week Start up CrossFit Program—A Prospective Cohort Study.** *Sports*, 8(2):21, 2020.

71- BARRANCO- RUIZ, Y., VILLA- GONZALES, E., MARTINEZ-AMAT, A. DA SILVA-GRIGOLETTO, M. **Prevalence of Injuries in Exercise Programs Based on Crossfit®, Cross Training and High-Intensity Functional Training Methodologies: A Systematic Review.** *Journal of Human Kinetics*. 73(1): 251-265, 2020.

72- FEITO, T. et al. **Breaking the myths of competition: a cross-sectional analysis of injuries among CrossFit trained participants.** *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 2020.

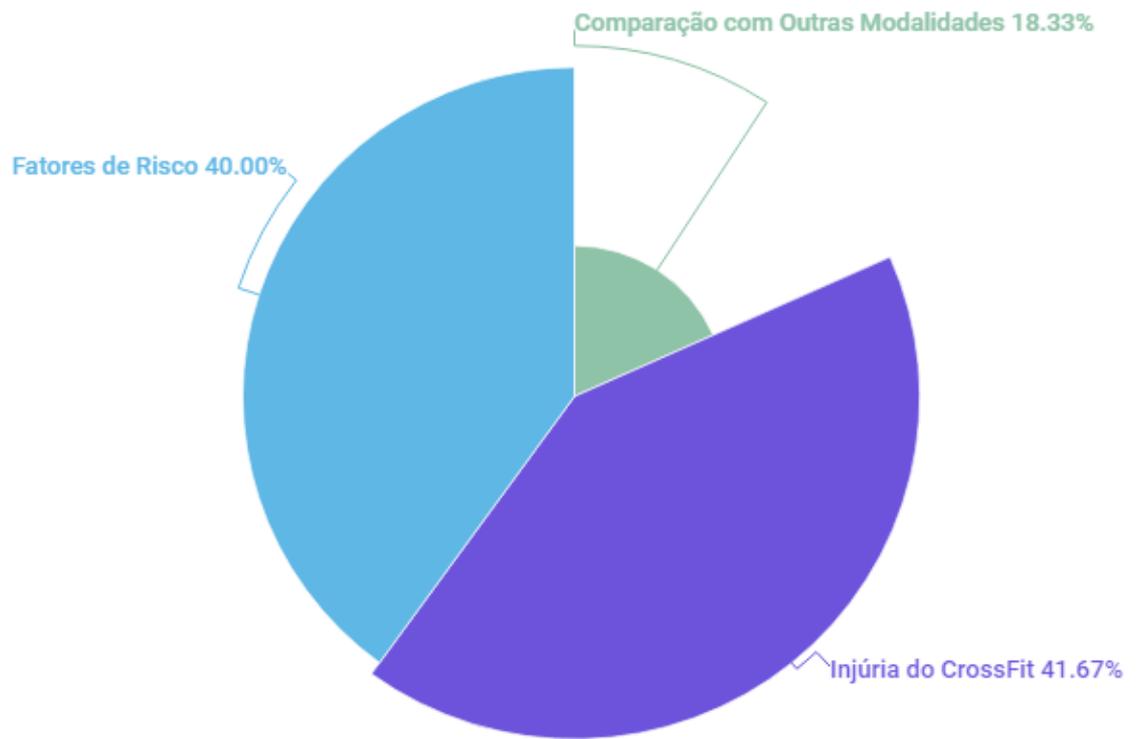
73- AUNE, K.T., POWERS, J.M. **Injuries in an Extreme Conditioning Program.** *Sports Health*, 9(1):52-58, 2017.

74- EVERHART, J.S., KIRVEN, J.C., FRANCE, T.J., HIDDEN, K., VASILEFF, W.K. **Independent risk factors for recurrent or multiple new injuries in CrossFit athletes.** *Journal of Sports and Medicine Physical Fitness*, 60:1470-6, 2020.

75- MEYER, J., MORRISON, J., ZUNIGA, J. **The Benefits and Risks of CrossFit: A Systematic Review.** *Workplace Health & Safety*, 65(12):612-618, 2017.

76- RODRÍGUEZ, M.A. et al. **Injury in CrossFit: A Systematic Review of Epidemiology and Risk Factors.** *The Physician and Sportsmedicine*, 2021.

ANEXOS

**GRÁFICO 1**

(Gráfico referente a quantidade de artigos que cada subtema possui. Sendo eles: 1- Comparação da injúria do CrossFit com injúria de outras modalidades, 2- Injúria propriamente dita relacionada ao CrossFit (a qual abrange taxa de incidência, localização, tipo de lesão), 3- Fatores de Risco para lesões musculares no CrossFit)

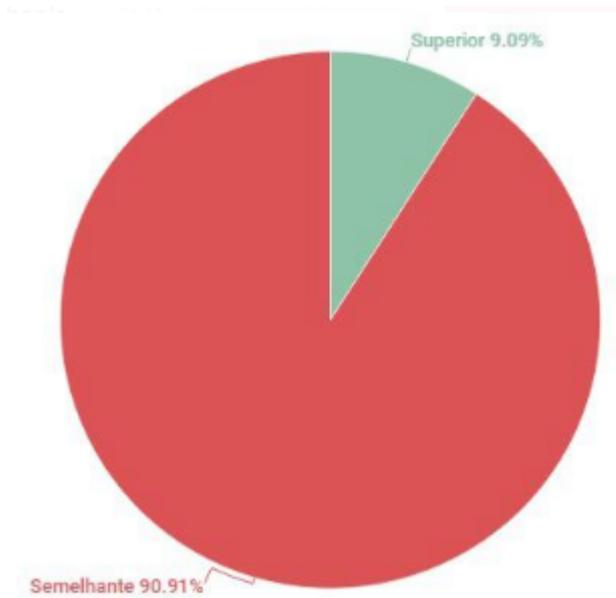


GRÁFICO 2

Tabela referente aos dados obtidos de 11 estudos que abordam informações quanto a comparação de injúria do Crossfit com outras modalidades, onde 10 estudos demonstram que a taxa de injúria é semelhante e 1 demonstra que essa é superior

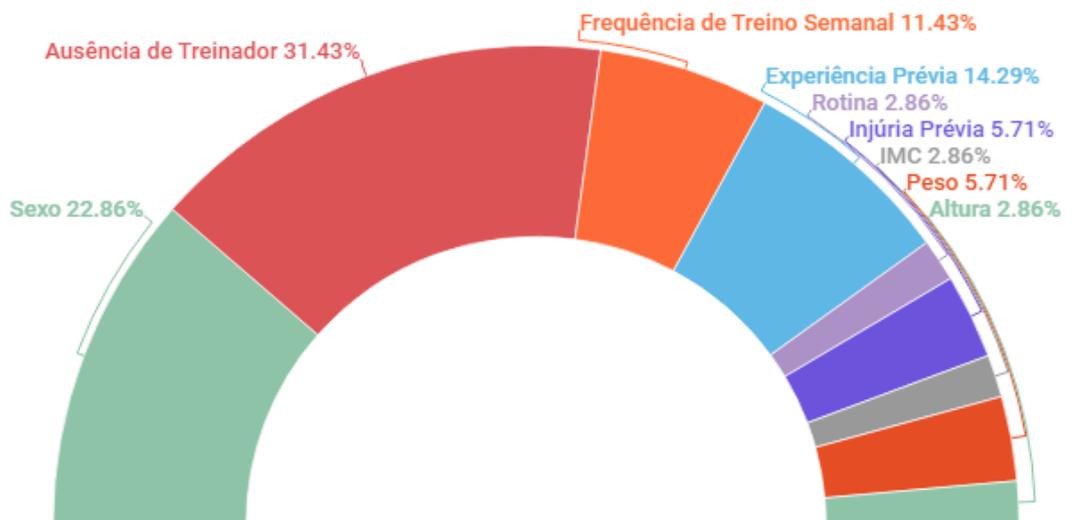


GRÁFICO 3

(Gráfico que demonstra as variáveis de fator de risco analisadas nos estudos.)

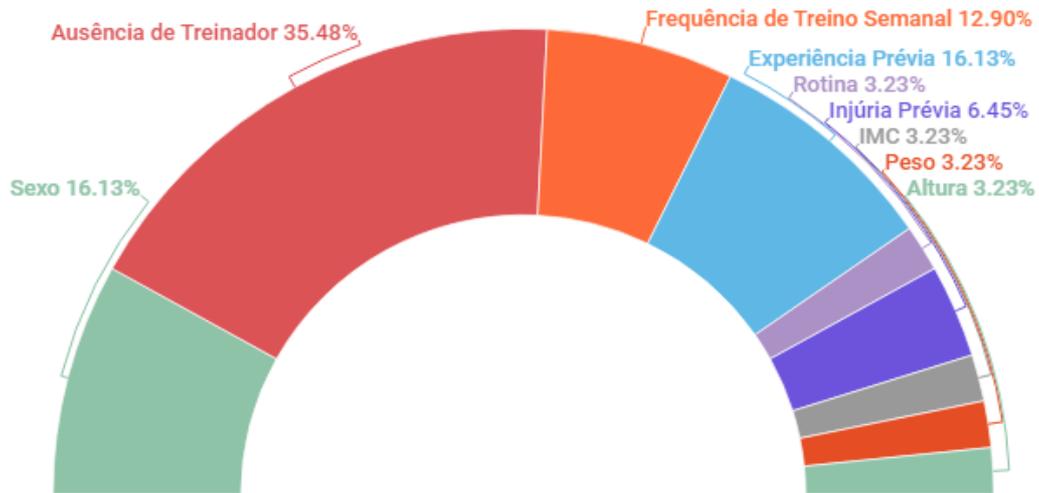


GRÁFICO 4

Gráfico que demonstram o que os estudos consideram propriamente como fatores de risco

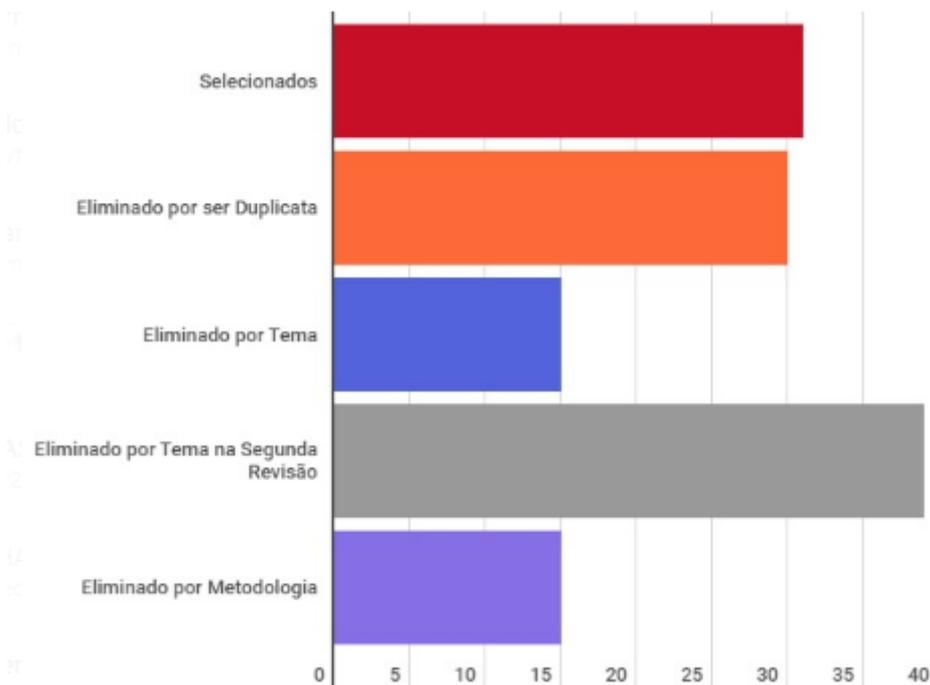


GRÁFICO 5

Gráfico que demonstra a seleção dos 31 estudos a partir dos 130 selecionados nas plataformas utilizadas, considerando os critérios de inclusão e exclusão explicados na metodologia

Estudo	Amostra	Taxa de Injúria em 1000h
48	414	3,24
52	980	1,94
53	117	2,10
57	270	1,34
67	Não se aplica	1 - 3,1
69	168	9,5
70	Não se aplica	2,1 - 3,1
71	247	2,71
72	Não se aplica	0,21- 0,54 (competidor)
72	Não se aplica	0,39-1,30 (não competidor)

TABELA 1

Tabela referente a taxa de injúria demonstrada pelos estudos e suas respectivas amostras. Nas revisões de literatura a amostra é indefinida e não se aplica para valores comparativos.