

Paralelos entre Ginástica Artística e CrossFit®: análise epidemiológica, clínica e biomecânica sobre lesões nessas modalidades

Parallels between Artistic Gymnastics and CrossFit®: epidemiological, clinical, and biomechanical analysis of injuries in these modalities

José Carlos Aragão-Santos¹ , Juan Ramón Heredia-Elvar² , Marzo Edir Da Silva-Grigoletto¹ 

1. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil
2. Universidad Alfonso X/Rafa Nadal University School, Madrid, España

RESUMO

O CrossFit® é uma das modalidades de condicionamento físico mais praticadas mundialmente que incorpora elementos do levantamento de peso olímpico e da Ginástica Artística (GA). Embora sua popularização tenha sido acompanhada por preocupações quanto à segurança, evidências epidemiológicas recentes indicam que as taxas de lesão no CrossFit® são comparáveis às de outras modalidades esportivas tradicionais e a prática de treinamento resistido. No entanto, a simples quantificação da incidência não é suficiente para compreender os mecanismos etiológicos das lesões associadas à prática. Esta revisão narrativa propõe uma análise integrada das convergências epidemiológicas, clínicas e biomecânicas entre o CrossFit® e a Ginástica Artística, reconhecendo esta última como um modelo de referência para a compreensão das lesões observadas em praticantes de Crossfit®. Há uma predominância de lesões no ombro, coluna lombar e membros inferiores em ambas as modalidades, atribuídas à combinação de movimentos gímnicos complexos, altas demandas articulares e fadiga neuromuscular induzida por treinos concorrentes. No CrossFit®, movimentos tradicionalmente restritos a ginastas experientes são executados por praticantes recreativos sob condições de elevado volume e/ou intensidade nos desafios característicos a modalidade, favorecendo a deterioração do controle motor e o aumento do risco de sobrecarga tecidual. A revisão enfatiza que a prevenção de lesões deve priorizar a gestão adequada da carga e a progressão técnica criteriosas inspirados nas práticas consolidadas da Ginástica Artística. Assim, o CrossFit® não é inerentemente mais lesivo, porém exige rigor na aplicação de princípios biomecânicos e fisiológicos para garantir segurança e longevidade esportiva.

Palavras-chave: exercício físico; lesões; articulações; levantamento de peso; ginástica

ABSTRACT

CrossFit® is one of the most widely practiced forms of physical conditioning worldwide, incorporating elements of Olympic weightlifting and artistic gymnastics (AG). Although its popularity has been accompanied by concerns about safety, recent epidemiological evidence indicates that injury rates in CrossFit® are comparable to those in other traditional sports and resistance training. However, simply quantifying the incidence is not sufficient to understand the etiological mechanisms of injuries associated with the practice. This narrative review proposes an integrated analysis of the epidemiological, clinical, and biomechanical convergences between CrossFit® and Artistic Gymnastics, recognizing the latter as a reference model for understanding the injuries observed in CrossFit® practitioners. There is a predominance of injuries to the shoulder, lumbar spine, and lower limbs in both modalities, attributed to the combination of complex gymnastic movements, high joint demands, and neuromuscular fatigue induced by concurrent training. In CrossFit®, movements traditionally restricted to experienced gymnasts are performed by recreational practitioners under conditions of high volume and/or intensity in the challenges characteristic of the sport, favoring the deterioration of motor control and increasing the risk of tissue overload. The review emphasizes that injury prevention should prioritize adequate load management, careful technical progression inspired by established practices in artistic gymnastics. Thus, CrossFit® is not inherently more harmful, but it requires rigorous application of biomechanical and physiological principles to ensure safety and longevity in the sport.

Keywords: exercise ; injuries ; joints ; weight lifting ; gymnastics

Introdução

Na última década, o panorama do condicionamento físico global foi redefinido pela ascensão do CrossFit®, uma modalidade caracterizada por movimentos funcionais constantemente variados e executados a alta intensidade. O que começou como um método de treino heterodoxo evoluiu para um “desporto de fitness” competitivo, com milhões de praticantes a nível mundial [1,2]. O CrossFit® baseia-se num hibridismo metodológico que incorpora o levantamento de peso olímpico, o condicionamento metabólico e, crucialmente, elementos da Ginástica Artística (GA), tais como *muscle-ups*, *handstand push-ups* e movimentos de balanço em suspensão (*kiping*).

A massificação desta modalidade, contudo, foi acompanhada por uma preocupação crescente na comunidade médica e científica quanto à segurança dos seus praticantes. A configuração dos desafios empregados nos treinos (*Workouts of the Day* - WODs), tais como o *every minute on the minute* (EMOM), *as many rounds/reps as possible* (AMRAP) e *rounds for time* (For Time) favorecem a competição contra o relógio na tentativa de executar um determinado volume em até um minuto usando o tempo restante para recuperação com ciclos sucessivos minuto a minuto (EMOM), mais repetições em certo período (AMRAP) ou completar um determinado volume no menor tempo possível (For Time) [3]. Tais estratégias, pelo caráter competitivo, levantaram hipóteses sobre um risco desproporcional de lesões musculoesqueléticas [1,4].

No entanto, revisões indicam que a taxa de incidência de lesões no Crossfit®, variando aproximadamente entre 2,3 e 3,1 lesões por 1000 horas de treino, é comparável, e em alguns casos inferior, a modalidades tradicionais como o *powerlifting*, a corrida de longa distância e a própria Ginástica Artística [5,6]. Isso evidencia que o Crossfit® em si é uma modalidade segura e que possui estratégias de ensino e progressão que ajudam a preservar a segurança do praticante, sobretudo sob o acompanhamento de profissionais capacitados [7,8].

Apesar da paridade nas taxas de incidência globais, a mera quantificação é insuficiente para compreender a etiologia das lesões nestes praticantes. É imperativo analisar a qualidade do movimento e a especificidade da carga imposta aos tecidos. Ao integrar movimentos gímnicos, com alguns deles apresentando alta complexidade, num regime de treino concorrente, no qual as vias aeróbias e anaeróbias competem, gerando respostas fisiológicas distintas e fadiga neuromuscular acentuada [9], o CrossFit® expõe praticantes, muitas vezes recreativos, a vectores de força e cargas articulares historicamente restritos a ginastas de elite, mesmo havendo o ensinamento técnico e progressões.

Neste contexto, a Ginástica Artística emerge como o “padrão-ouro” para a compreensão clínica e biomecânica das patologias observadas no CrossFit®. A ginástica possui décadas de evidência robusta sobre patologias de sobrecarga, desde a osteocondrite dissecante do capítulo no cotovelo até à espondilólise lombar, decorrentes

de forças de impacto repetitivas e hiperextensão axial [10,11]. Enquanto no CrossFit® a gestão destas cargas é um fenômeno recente e por vezes negligenciado durante a execução dos WODs, uma vez que o estímulo competitivo leva os praticantes a priorizarem o resultado, isto é, realizar mais movimentos ou completar a tarefa o mais rapidamente possível. Na ginástica de alto rendimento, por sua vez, a monitorização da carga (*load management*) é um pilar central da prevenção de lesões e a ênfase da ginástica está predominante na forma de execução e em uma séria gímnica o volume é baixo [12,13].

Portanto, uma análise isolada do CrossFit® é reducionista. Para mitigar o risco e otimizar o desempenho, é fundamental traçar paralelos diretos com a Ginástica Artística. A presente revisão narrativa propõe-se a examinar as convergências epidemiológicas, clínicas e biomecânicas entre estas duas modalidades. Através da análise da literatura atual, exploraremos como os padrões de lesão, com destaque para a predominância do ombro, coluna e membro inferior [14,15], se manifestam em ambos os desportos, e como o conhecimento clínico acumulado na ginástica pode informar melhores protocolos de prevenção para os praticantes da modalidade.

Epidemiologia comparada: mitos e realidade

A análise epidemiológica do CrossFit® tem sido historicamente obscurecida por relatos anedóticos e uma cobertura midiática sensacionalista, que frequentemente associa a modalidade a um risco iminente de lesão catastrófica ou rabdomiólise decorrente do esforço [4]. No entanto, para uma avaliação clínica precisa, é imperativo dissociar a percepção pública dos dados estatísticos. Quando submetida a uma análise detalhada por meio da epidemiologia descritiva, a hipótese de que o CrossFit® apresenta um perigo desproporcional em relação a outras modalidades desportivas não encontra sustentação robusta na literatura científica atual.

Taxas de incidência e contexto comparativo

A métrica padrão para quantificação de risco de lesões é a taxa de lesões por 1000 horas de exposição. As revisões sistemáticas e estudos de coorte mais relevantes indicam que a incidência de lesões no CrossFit® oscila entre 2,3 e 3,1 lesões por 1000 horas [1,6]. Estes valores são estatisticamente comparáveis, e frequentemente inferiores, aos observados em modalidades de “*endurance*” como a corrida de longa distância e o triatlo, desportos de contato como o rugby [5] e a prática de treinamento resistido [16]. Além disso, Klimek *et al.* [5] demonstram que estas taxas são análogas às observadas no levantamento de peso olímpico (LPO) e na ginástica artística recreativa. Portanto, a ideia de que o CrossFit® é uma atividade “extrema” em termos de incidência de lesões é um mito que deve ser refutado. O risco reside não na modalidade em si, mas na variabilidade da aplicação da carga e na supervisão técnica.

O paradoxo do competidor e o volume de treino

Um aspecto fundamental, frequentemente ignorado em análises generalistas, é a heterogeneidade da população praticante. Montalvo *et al.* [6] elucidam que o risco de lesão não é uniforme. Existe uma correlação positiva direta entre o nível competitivo, o volume de treino semanal e a incidência de lesões. Os dados sugerem que atletas competidores apresentam uma probabilidade de lesão significativamente superior (aproximadamente 40%) em comparação com praticantes recreativos (19%). Este fenômeno pode ser explicado pela exposição cumulativa: competidores acumulam mais horas de treino sob fadiga e manipulam cargas absolutas superiores, aproximando o seu perfil de risco ao de ginastas de elite, nos quais o volume de repetições e a complexidade técnica da tarefa são preditores conhecidos de patologias musculoesqueléticas [2]. Vale ressaltar que os WODs possibilitam que mesmo praticantes recreativos experienciem a competição frente a desempenhos anteriores ou parceiros de treino o que, possivelmente, expõe o praticante a estímulos que podem exacerbar o risco de lesão.

Topografia da lesão: a convergência com a ginástica

Se a frequência das lesões no CrossFit® é comparável à de outros desportos, a localização anatômica delas revela uma assinatura biomecânica distinta que reforça o paralelo com a Ginástica Artística. A literatura é consistente na identificação da tríade Ombro – Coluna Lombar – Joelho como as áreas de maior prevalência [1,14].

Particularmente, a predominância das lesões do ombro no CrossFit® mimetiza os padrões observados na ginástica masculina de elite, na qual o suporte de peso nos membros superiores (em argolas e barras paralelas) impõe cargas para as quais a articulação glenoumeral é evolutivamente menos adaptada do que a coxo-femoral [17]. Nicolay *et al.* [4] reforçam que a natureza dos movimentos “overhead” no CrossFit®, combinada com movimentos balísticos de ginástica (*kippping*), cria um cenário de “conflito subacromial funcional” semelhante ao do ginasta.

Por outro lado, as lesões de membro inferior no CrossFit®, embora menos frequentes que as do ombro, assemelham-se em etiologia às observadas na ginástica artística feminina: são frequentemente decorrentes de forças de reação do solo mal dissipadas durante aterrissagens repetitivas (e.g., *box jumps*, *burpees* ou saídas de aparelhos) [15].

Em suma, a evidência atual permite-nos categorizar o CrossFit® como uma modalidade de baixo a moderado risco relativo, em comparação com outras modalidades esportivas [16] e apresenta um perfil de lesão tecnicamente complexo. A “segurança” estatística global não deve, contudo, mascarar a realidade clínica: quando a lesão ocorre, ela tende a seguir padrões de sobrecarga estrutural típicos de desportos gímnicos e de levantamento de peso. Esta constatação epidemiológica nos leva a transitar de uma análise numérica para uma análise biomecânica e clínica, focando especificamente nas articulações que suportam a maior carga técnica: o complexo do ombro e a coluna vertebral.

Análise biomecânica e clínica: o membro superior

A predominância epidemiológica das lesões do membro superior em ambas as modalidades não é uma coincidência estatística, mas sim uma consequência de uma inversão funcional evolutiva. A anatomia humana da cintura escapular foi selecionada para a mobilidade e manipulação em cadeia cinética aberta. No entanto, tanto a GA como o CrossFit® subvertem esta função, exigindo que o complexo ombro-cotovelo-punho atue como o principal vetor de suporte de peso e propulsão em cadeia cinética fechada. Esta “inversão funcional”, quando combinada com volumes de repetição elevados e fadiga, expõe as estruturas articulares a cargas axiais e torques rotacionais para os quais apresentam menor tolerância biológica comparativamente à cintura pélvica.

O complexo do ombro: a dinâmica do “Kipping” e o Labrum

A articulação glenoumeral é o epicentro da patologia no CrossFit®, mimetizando a incidência observada na ginástica masculina de argolas e barra fixa [17]. O aspecto biomecânico que une estas modalidades é o movimento balístico de oscilação, conhecido na ginástica como tap swing e no CrossFit® como *kiping*.

Segundo Nicolay *et al.* [4], a execução de *kiping pull-ups* ou *muscle-ups* envolve uma transição violenta de uma hiperflexão passiva (na fase de balanço à frente) para uma extensão ativa explosiva. Este ciclo cria forças de cisalhamento (*shear forces*) significativas na interface do labrum glenoidal superior. Em ginastas de elite, esta carga é introduzida progressivamente ao longo de uma década, permitindo adaptações teciduais no tendão da cabeça longa do bíceps e na estabilização escapular. No praticante de CrossFit®, frequentemente um adulto sem histórico gímico prévio, a introdução abrupta destas cargas, mesmo que utilizando progressões pedagógicas, resulta em maior chance de lesões do labrum superior anterior e posterior.

Adicionalmente, a fadiga muscular desempenha um papel deletério na cinemática do ombro. Quando os estabilizadores dinâmicos da escápula (trapézio inferior, serrátil anterior) entram em falência em condições de fadiga devido a repetições sucessivas do movimento, por exemplo em WODs com ênfase no volume, ocorre uma migração superior da cabeça do úmero, reduzindo o espaço subacromial. Isto precipita o quadro clássico de “Conflito Subacromial Funcional”, onde o manguito rotador é comprimido contra o arco coracoacromial, não por deformidade óssea, mas por discinesia escapular induzida pela fadiga [4,14].

O cotovelo: valgo, carga axial e a lição de Desai

Enquanto o ombro sofre pela instabilidade, o cotovelo sofre pela rigidez e compressão. Desai *et al.* [10] destacam patologias estruturais graves na ginástica que começam a ser observadas em praticantes de Crossfit®: a osteocondrite dissecante do capitúlo e a insuficiência do ligamento colateral ulnar.

No CrossFit®, exercícios como *Handstand Push-ups* e a recepção de *Snatches*

pesados impõem uma carga axial massiva sobre o cotovelo em extensão completa ou ligeira hiperextensão. Esta posição de “bloqueio” articular transfere a força compressiva através da articulação radiocapitelar. Desai *et al.* [10] alertam que o microtrauma repetitivo nesta zona pode levar ao amolecimento da cartilagem articular e eventual fragmentação óssea (corpos livres), uma condição historicamente prevalente em ginastas adolescentes, mas agora emergente em adultos jovens que submetem os seus cotovelos a cargas gímnicas de alto impacto.

Além disso, o movimento de kip nas argolas ou na barra introduz um torque em valgo significativo no cotovelo. Tal como nos lançadores de baseball, este estresse repetitivo em valgo pode atenuar a integridade do complexo ligamentar medial, levando à instabilidade crônica, uma patologia que requer, frequentemente, reconstrução cirúrgica e que pode ser confundida inicialmente como uma simples “dor no cotovelo” [4,10].

O punho e a mão: a interface de carga dorsifletida

A articulação do punho é o elo mais fraco na cadeia cinética do membro superior. A biomecânica do CrossFit® exige frequentemente que o punho suporte cargas em posições de dorsiflexão extrema (>90 graus), observadas tanto na posição de front rack (agachamento frontal, *thruster*) como nas paradas de mãos (*handstands*).

Kruse *et al.* [17] identificaram que as lesões no punho são desproporcionalmente comuns devido às forças de reação do solo transmitidas através do carpo na ginástica masculina. No CrossFit®, esta mecânica é exacerbada pela carga externa (halteres e barras). A compressão repetitiva do lado dorsal do punho pode levar ao “Punho de Ginasta” (impactação dorsal ou epifisite radial distal em praticantes esqueticamente imaturos).

Mais preocupante para a população adulta do CrossFit® é a carga no complexo da fibrocartilagem triangular e o risco de fraturas por estresse no escafoide. A incapacidade de manter uma extensão torácica adequada (comum na população geral devido à postura sedentária) força o praticante a compensar o movimento com uma hiperextensão excessiva do punho para manter a barra acima da cabeça (*overhead*), aumentando o risco de lesão traumática e de sobrecarga [10].

A nuance demográfica: o perfil masculino

É crucial notar, de acordo com Kruse *et al.* [17], que as lesões de membro superior não são distribuídas uniformemente. Na ginástica de elite, os homens apresentam uma incidência significativamente maior de lesões de ombro e punho comparativamente às mulheres, devido à ênfase em aparelhos de força pura e apoio (argolas, cavalo com alças, barras paralelas).

Este padrão reflete-se no CrossFit® uma vez que os praticantes masculinos tendem a privilegiar treinos com maior volume de ginástica de força (*ring muscle-ups*, *strict handstand push-ups*) e cargas de LPO superiores. Portanto, clinicamente, a triagem de um atleta masculino de CrossFit® com dor no ombro deve ter um índice

de suspeição elevado para patologia labral ou ligamentar estrutural. Mulheres, por sua vez, tendem a ter uma maior exposição da extremidade inferior e coluna a sobrecargas, devido à hipermobilidade e à mecânica de aterrissagem [6,17].

Em resumo, a análise biomecânica do membro superior no CrossFit® revela que “movimentos funcionais” podem tornar-se disfuncionais quando a complexidade técnica da ginástica colide com a alta demanda metabólica comumente observada em cenários de WODs. As lesões observadas não são fortuitas, são a reprodução das patologias comuns na ginástica artística, exacerbadas pelos desafios que estimulam os participantes a superarem seus limites, mesmo que haja uma tentativa de progressão pedagógica a longo prazo por parte dos treinadores. O ombro sofre com a instabilidade sob fadiga, o cotovelo sofre com a compressão axial, e o punho é exigido em dorsiflexão forçada.

Análise biomecânica e clínica: coluna e membro inferior

Se o membro superior no CrossFit® sofre pela imposição de uma função de suporte de peso para a qual não foi evolutivamente desenhado, a coluna vertebral e o membro inferior sofrem pelo excesso cumulativo da sua função primária: a dissipação de cargas axiais e a gestão de forças de reação do solo. A literatura demonstra que a coluna lombar e o joelho ocupam, respectivamente, o segundo e terceiro lugares na prevalência de lesões [6,14]. O desafio reside em distinguir dois mecanismos patológicos distintos que coexistem no praticante de Crossfit®: o mecanismo de extensão repetitiva (herança da Ginástica) e o mecanismo de flexão sob carga (herança do Powerlifting).

A coluna lombar: entre a espondilólise e a hérnia

A coluna lombar do praticante de CrossFit® é submetida a um “fogo cruzado” biomecânico. O Mecanismo Gímico (Extensão): Na Ginástica Artística, a patologia lombar mais temida, especialmente em atletas jovens, é a espondilólise, uma fratura por estresse na pars interarticularis. Desai *et al.* [10] e Mekić *et al.* [11] explicam que isto ocorre devido a movimentos repetitivos de hiperextensão e rotação da coluna, comuns em aterrissagens de saltos e saídas de aparelhos. No CrossFit®, este mecanismo é replicado durante a repetição sucessiva ou acúmulo de movimentos “overhead” e de extensão global ao longo de um período de treinamento. Durante a fase de retorno do GHD Sit-up ou na fase de arqueamento do *kip*ping, o praticante, frequentemente com restrição de mobilidade no ombro ou quadril, compensa através de uma hiperlordose lombar. Esta carga repetitiva nas facetas articulares mimetiza o estresse ósseo observado em ginastas, predispondo a fraturas por estresse e espondilolistese (deslizamento vertebral) se a gestão de carga for inadequada [13].

O Mecanismo de Levantamento (Flexão): Em contraste, Hak *et al.* [1] destacam o risco associado aos levantamentos terra (*deadlifts*) e agachamentos realizados em WODs cronometrados. À medida que a fadiga se instala, a musculatura estabili-

zadora do tronco (core) perde eficiência, resultando numa perda da lordose neutra e inversão para flexão lombar sob carga axial. Este mecanismo é associado à patologia discal (hérnias posteriores), divergindo do padrão gímico puro e aproximando-se das lesões de strongman. Portanto, o praticante de CrossFit® é exposto ao risco ósseo posterior (extensão/impacto) da ginástica e o risco discal anterior (flexão/carga) do levantamento de peso, mesmo que em níveis de exigência menor do que o usual para a Ginástica Artística.

O membro inferior e a ciência da aterrissagem

Na ginástica, a aterrissagem é considerada uma “habilidade técnica” fundamental, avaliada tanto pela estética quanto pela segurança. Thomas & Thomas, na sua revisão sistemática, identificam a aterrissagem como o momento crítico para lesões agudas traumáticas (entorses, fraturas, ruturas ligamentares) [13]. No CrossFit®, aterrissagens sucessivas em atividades como o box jumps, *double-unders* e recepção de movimentos olímpicos são um fator importante para contribuir com a maior exposição ao impacto.

A diferença crítica em relação Ginástica Artística reside na superfície de aterrissagem e no calçado. Ginastas aterrissam em tapetes de dissipação de choque, muitas vezes descalços, o que aumenta a propriocepção, mas reduz o amortecimento externo. Praticantes de CrossFit® aterrissam frequentemente em superfícies rígidas (madeira/borracha compacta) com calçado que, embora ofereça estabilidade lateral, pode alterar a mecânica natural do pé.

A articulação do joelho é particularmente vulnerável a erros de aterrissagem. Quando o quadríceps e os glúteos fadigam ao longo de repetições sucessivas de box jumps, o controle neuromuscular diminui, podendo levar ao colapso em valgo dinâmico. Charpy *et al.* [15] alertam que, em ginastas femininas, as lesões do ligamento cruzado anterior são prevalentes devido a aterrissagens com o joelho próximo da extensão completa ou em valgo/rotação. No CrossFit®, atividades que estimulam o maior número de repetições possíveis (AMRAP) exacerbam esse risco devido à fadiga [9]. Um atleta que executa o seu 50º salto na caixa não possui a mesma cinemática de aterrissagem do primeiro, aumentando o estresse na articulação patelofemoral (tendinopatia rotuliana) e o risco de ruptura ligamentar.

Tornozelo e pé: impacto e dorsiflexão

As lesões de tornozelo, embora muitas vezes consideradas “menores”, representam uma causa significativa de tempo perdido de treino. Edouard *et al.* [12] discutem a importância da prevenção de entorses laterais na ginástica através de treino proprioceptivo. No CrossFit®, uma patologia específica merece destaque: a tendinopatia de Aquiles e, em casos extremos, a ruptura do tendão. Uma quantidade alta de repetições sucessivas de saltos à corda (*double-unders*) e saltos para a caixa (box jumps) impõe ciclos de alongamento-encurtamento em alta velocidade que resultam em grande exigência sobre o complexo gastrocnêmio-sóleo. A rigidez do tendão de

Aquiles, combinada com a dorsiflexão limitada (comum em adultos sedentários que iniciam a prática), cria um vetor de tração excessivo na calcificação ou na junção miotendínea.

A nuance de gênero: a predisposição feminina

Enquanto os homens dominam as lesões de ombro, as mulheres dominam as lesões de membro inferior. Charpy *et al.* [15], ao analisarem ginastas mulheres, encontraram uma incidência desproporcional de lesões no joelho e tornozelo em comparação com o membro superior. Fatores anatômicos (maior ângulo Q, pelve mais larga) e hormonais (laxidões ligamentares) são frequentemente citados, mas a biomecânica de aterrissagem é o fator modificável mais relevante.

Transpondo para o CrossFit®, Weisenthal *et al.* [2] e Montalvo *et al.* [6] corroboram que, embora a taxa geral de lesão seja similar entre sexos, as mulheres reportam mais problemas a nível de joelho. Isto sugere que os protocolos de prevenção para praticantes femininas de CrossFit® devem priorizar o controle neuromuscular de aterrissagem e o fortalecimento da cadeia posterior (isquiotibiais/glúteos) para proteger o LCA, seguindo os protocolos de “FIFA 11+” ou os programas de prevenção específicos da ginástica [12].

Assim, o CrossFit® herda os riscos de impacto da ginástica, mas remove o ambiente controlado (tapetes de absorção) e adiciona a variável crítica da fadiga sistêmica e cargas externas elevadas dependendo da configuração do WOD. A coluna lombar sofre pela dualidade extensão-flexão, e os joelhos são vítimas da deterioração técnica em altos volumes de aterrissagens. Isto sugere que a “capacidade de trabalho” (*work capacity*) nunca deve sobrepor-se à “capacidade tecidual” de absorver impacto.

O fator fisiológico: fadiga e controle motor

A distinção fundamental entre a Ginástica Artística e o CrossFit® reside na manipulação da carga imposta ao indivíduo pelas características das sessões de treinamento e competições. Enquanto o ginasta de elite executa rotinas de curta duração (cerca de 90 segundos) seguidas de períodos de recuperação longos e controlados, o atleta de CrossFit® opera frequentemente sob um paradigma de “treino concorrente” de alta intensidade, onde a exigência técnica gímnica colide com a fadiga. Esta intersecção induz a deterioração do controle motor induzida pela fadiga que aumenta a chance de lesões.

O conflito do treino concorrente

Martinho *et al.* [9] caracterizam o CrossFit® pela solicitação simultânea de vias aeróbias e anaeróbias. O estudo demonstra que durante um WOD típico, os níveis de lactato sanguíneo podem atingir valores extremos ($> 10\text{--}12\text{ mmol/L}$), concomitantemente com frequências cardíacas próximas do máximo. Fisiologicamente, isto impõe um desafio de “interferência”. O sistema neuromuscular é forçado a recrutar unida-

des motoras de alto limiar (necessárias para a força explosiva de um *muscle-up* ou *snatch*) num ambiente celular com pH baixo, saturado de íons de hidrogénio e fosfato inorgânico. Diferente da ginástica, na qual o espaçamento entre repetições permite a minimização da fadiga, que é priorizada para garantir a precisão.

A redução da estabilização dinâmica

A consequência direta da fadiga é a perda da “estabilização dinâmica”. Mekić *et al.* [11] descrevem que, na ginástica, a propriocepção (a consciência da posição articular) é vital para prevenir lesões. No entanto, a fadiga central e periférica prejudica a aferência sensorial e o processamento central.

No contexto do ombro, como discutido anteriormente com Nicolay *et al.* [4], a fadiga dos estabilizadores da escápula (trapézio inferior e serrátil anterior) ocorre antes da fadiga dos grandes mobilizadores (latíssimo do dorso e deltoide). Quando um atleta executa *kippling pull-ups* em estado de fadiga:

1. O ritmo escapuloumeral descoordena-se.
2. A escápula deixa de rodar superiormente de forma eficiente.
3. Ocorre o impacto mecânico do manguito rotador, não por falta de força absoluta, mas por atraso na ativação muscular (*timing*).

Isto explica o porquê de muitas lesões não ocorrem na primeira repetição (na qual a técnica é perfeita ou se aproxima disso), mas sim nas repetições finais de uma série, quando a proteção muscular ativa falha e a carga é transferida para as estruturas passivas (ligamentos e labrum).

O colapso do “core” e a transferência de força

Outro ponto crítico levantado por Martinho *et al.* [9] é a exigência constante da musculatura do tronco (core) para a transferência de força. O core atua como um “pivô” de transmissão entre a potência gerada pelo quadril e a execução pelos membros superiores. Sob fadiga sistêmica, a capacidade dos músculos profundos (transverso abdominal, multífidus) de manter a pressão intra-abdominal diminui. Hak *et al.* [1] sugerem que esta redução da capacidade muscular leva o atleta a adotar estratégias compensatórias. Por exemplo, num *deadlift* ou *squat* realizado no final de um treino, a falha dos extensores da coluna obriga o atleta a fletir a lombar, expondo o disco intervertebral a forças de cisalhamento. Inversamente, num movimento gímnicco (*toes-to-bar*), a fadiga dos flexores abdominais leva a uma hiperextensão lombar compensatória, reativando o mecanismo de lesão da *pars interarticularis* descrito por Desai *et al.* [10].

Rabdomiólise: o extremo da falha fisiológica

Embora a incidência seja rara, a discussão sobre fisiologia no CrossFit® estaria incompleta sem mencionar a rabdomiólise de esforço. Nicolay *et al.* [4] e Martinho *et*

al. [9] abordam esta condição como o resultado patológico de contrações excêntricas repetitivas sob depleção energética severa. Ao contrário da ginástica, na qual a falha técnica leva à interrupção imediata do exercício (queda do aparelho), a cultura do CrossFit®, se não supervisionada, pode encorajar o atleta a continuar o movimento através de padrões motores aberrantes. Isto não só aumenta o risco de dano muscular celular massivo (libertação de mioglobina), mas também confirma que, no CrossFit®, a “mente” muitas vezes empurra o corpo para além do limiar de segurança tecidual.

Prevenção

A análise comparativa realizada até este ponto expõe um paradoxo: embora o CrossFit® incorpore movimentos da Ginástica Artística, a configuração das sessões, sobretudo os WODs, aumenta o desafio de manutenção da técnica de execução ao longo da sessão. Dessa forma, a prevenção de lesões precisa ser baseada na monitorização rigorosa da carga e em critérios estritos de progressão. A prevenção primária reside na desconstrução da falácia de que o volume de treino deve ser perpetuamente ascendente. Edouard *et al.* [12], ao abordar a carga no desporto, estabelecem que o risco de lesão aumenta exponencialmente quando a carga aguda (trabalho realizado numa semana) excede desproporcionalmente a carga crónica (a média das últimas quatro semanas) [12].

No CrossFit®, onde a cultura de comunidade muitas vezes incentiva o praticante a completar o WOD “como prescrito”, independentemente da sua prontidão diária, a gestão de carga torna-se o pilar central da prevenção. A aplicação clínica das diretrizes de Edouard *et al.* [12] sugere que treinadores e atletas devem monitorizar não apenas as cargas externas (peso levantado), mas a carga interna (percepção subjetiva de esforço e dor residual). A presença de dor “pré-participação” é um preditor forte de lesão futura, logo a modificação do treino (escalonamento) não deve ser vista como uma regressão, mas como uma estratégia de preservação tecidual.

Prevenção específica por localização

Para o Ombro e Punho (Foco Masculino/Ginástica de Força): Implementação obrigatória de rotinas de mobilidade torácica e fortalecimento isolado do manguito rotador posterior e estabilizadores da escápula (Y-T-W drills), independentemente do WOD do dia. A saúde do punho exige protocolos de alongamento dos flexores e fortalecimento dos extensores para suportar a posição de front rack.

Para o Membro Inferior (Foco Feminino/Aterrissagem): Inclusão de treino proprioceptivo e técnico de aterrissagem (“soft landing mechanics”) como aquecimento padrão antes de qualquer WOD que envolva saltos. O fortalecimento da cadeia posterior (isquiotibiais e glúteos) é vital para proteger o ligamento cruzado anterior e a coluna lombar das forças de cisalhamento anteriores [15].

A prevenção no CrossFit® exige a percepção de que a intensidade é o objetivo final e que é preciso pensar em cada WOD de acordo com o nível de condicionamento

do praticante. Ao adotar os princípios de “*Load Management*” de Edouard *et al.* [12] reduzimos a chance de lesões na prática das atividades e aumentamos a eficiência do processo de reabilitação e readaptação à modalidade.

Conclusão

A partir da literatura podemos desconstruir o estigma do perigo inerente associado ao CrossFit® e substituí-lo por uma compreensão biomecânica contextual. As evidências epidemiológicas são claras: o CrossFit® não é estatisticamente mais lesivo do que o levantamento de peso ou a corrida. No entanto, é mais complexo a nível de controle motor. Ao democratizar movimentos ginásticos para a população geral, o CrossFit® herdou não apenas a estética da modalidade, mas também as suas patologias estruturais específicas, desde a instabilidade labral do ombro à espondilólise lombar.

O “elo perdido” na prevenção de lesões no atleta funcional não reside na modificação dos movimentos, mas na gestão do contexto fisiológico em que ocorrem. Identificámos que a fadiga, decorrente do treino concorrente associado ao desafio imposto pelos WODs, é o fator que precipita a falha técnica e transforma cargas toleráveis em potencialmente lesivas. Diferente do ginasta puro, que opera com intervalos de recuperação mais longos, o praticante de CrossFit® executa gestos ginásticos em condições contra o tempo ou de maior volume possível. Portanto, a evolução da prática e prevenção de lesões no CrossFit® requer:

Vigilância: Reconhecer que dores no cotovelo ou punho podem ocultar patologias ósseas graves (osteocondrite), exigindo diagnóstico por imagem precoce.

Monitoramento de carga e ajuste das sessões: Adotar modelos de “*Load Management*” que priorizem a carga crónica sobre a aguda, especialmente em praticantes recreativos e masters.

Em última análise, o CrossFit® e a Ginástica Artística possuem muitas aproximações biomecânicas. O segredo para a longevidade no box reside em treinar com a intensidade do primeiro, mas com a disciplina técnica e a inteligência de gestão de carga da segunda.

Vinculação académica

Esse artigo é uma produção independente dos autores não possuindo relação com nenhum trabalho de conclusão de curso, dissertação de mestrado ou tese de doutorado em andamento.

Conflito de interesse

Nada a declarar / Não se aplica

Financiamento

O presente manuscrito não contou com nenhuma fonte de financiamento.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Aragão-Santos JC, Da Silva-Grigoletto ME. **Redação do manuscrito:** Aragão-Santos JC. **Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante:** Da Silva-Grigoletto ME, Heredia-Elvar JR.

Referências

1. Hak PT, Hodzovic E, Hickey B. The nature and prevalence of injury during CrossFit training. *J Strength Cond Res*. 2013. doi: 10.1519/JSC.0000000000000318
2. Weisenthal BM, Beck CA, Maloney MD, DeHaven KE, Giordano BD. Injury rate and patterns among CrossFit athletes. *Orthop J Sports Med*. 2014;2(4). doi: 10.1177/2325967114531177
3. Silva-Grigoletto MED, Heredia-Elvar JR, Oliveira LA. “Cross” modalities: are the AMRAP, RFT and EMOM models applicable to health? *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2020;22:e75400. doi: 10.1590/1980-0037.2020v22e75400
4. Nicolay RW, Moore LK, DeSena TD, Dines JS. Upper extremity injuries in CrossFit athletes: a review of the current literature. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2022;15(5):402–10. doi: 10.1007/s12178-022-09781-4
5. Klimek C, Ashbeck C, Brook AJ, Durall C. Are injuries more common with CrossFit training than other forms of exercise? *J Sport Rehabil*. 2018;27(3):295–9. doi: 10.1123/jsr.2016-0040
6. Montalvo AM, Shaefer H, Rodriguez B, Li T, Epnere K, Myer GD. Retrospective injury epidemiology and risk factors for injury in CrossFit. *J Sports Sci Med*. 2017;16(1):53–9. PMID: 28344451; PMCID: PMC5358031
7. Claudino JG, Gabbett TJ, Bourgeois F, Souza HS de, Miranda RC, Mezêncio B, et al. CrossFit overview: systematic review and meta-analysis. *Sports Med Open*. 2018;4(1):11. doi: 10.1186/s40798-018-0124-5
8. Ferdinando C. CrossFit®: a multidimensional analysis of physiological adaptations, psychological benefits, and strategic considerations for optimal training. *J Phys Educ Sport*. 2025;25(3). doi: 10.7752/jpes.2025.03065
9. Martinho DV, Rebelo A, Gouveia ER, Field A, Costa R, Ribeiro AS, et al. The physical demands and physiological responses to CrossFit®: a scoping review with evidence gap map and meta-correlation. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2024;16(1):196. doi: 10.1186/s13102-024-00986-3.
10. Desai N, Vance DD, Rosenwasser MP, Ahmad CS. Artistic gymnastics injuries: epidemiology, evaluation, and treatment. *J Am Acad Orthop Surg*. 2019;27(13):459–67. doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00147.
11. Mekić R, Milić V, Radenković O, Čaprić I, Veličković S, Mujanović R, et al. Injuries in artistic gymnastics: etiology, prevention strategies, and multifactorial perspectives—a systematic review. *Int J Mol Sci*. 2025;26(22):10929. doi: 10.3390/ijms262210929
12. Edouard P, Steffen K, Junge A, Leglise M, Soligard T, Engebretsen L. Gymnastics injury incidence during the 2008, 2012 and 2016 Olympic Games: analysis of prospectively collected surveillance data from 963 registered gymnasts during Olympic Games. *Br J Sports Med*. 2018;52(7):475–81. doi: 10.1136/bjsports-2017-097972
13. Thomas RE, Thomas BC. A systematic review of injuries in gymnastics. *Phys Sportsmed*. 2019;47(1):96–121. doi: 10.1080/00913847.2018.1527646
14. Brandsema CJ. Most common injuries in CrossFit training: a systematic review. *Int J Sports Exerc Med*. 2022;8(4):228. doi: 10.23937/2469-5718/1510228
15. Charpy S, Billard P, Dandrieux PE, Chapon J, Edouard P. Epidemiology of injuries in elite women’s artistic gymnastics: a retrospective analysis of six seasons. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2023;9(4):e001721. doi: 10.1136/bmjsem-2023-001721
16. Batista GS, Galvão LL, Silva WF, Moraes NS, Viana RB, Santos RG, et al. Epidemiology of injuries in resistance training practitioners: a prospective study. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2025;27:e99383. doi: 10.1590/1980-0037.2025v27e99383
17. Kruse DW, Nobe AS, Billimek J. Injury incidence and characteristics for elite, male, artistic USA gymnastics competitions from 2008 to 2018. *Br J Sports Med*. 2021;55(3):163–8. doi: 10.1136/bjsports-2019-101297

