www.revistaft.com.br

Revista FT | ISSN 1678-0817 | v. 30, n. 164, 2026 | DOI: 10.69849/qy2hxf41

Tecnologias vestíveis aplicadas à fisioterapia: do monitoramento da alta performance esportiva à prevenção de lesões

Wearable technologies applied to physiotherapy: from monitoring high sports performance to injury prevention

Cláudia Maria Rossini Gonçalves[1]
Daniela Faria Castro[1]
Elineide Fernandes Brandão[1]
Ednéa Maria Ferreira[1]
Dori Edson Santos Vieira[1]
Eliana Paixao Cardoso[1]
Eduardo Lucas Ferreira[1]
Susana Fontes[1]

RESUMO

O monitoramento da carga de treinamento tem adquirido relevância no esporte de alto rendimento, especialmente diante da necessidade de compreender as demandas físicas e os fatores associados às lesões musculares. Este estudo teve como objetivo analisar as evidências científicas sobre a utilização de tecnologias vestíveis e métodos de monitoramento das cargas de treinamento na prevenção e reabilitação de lesões musculares, com ênfase no futebol e na atuação fisioterapêutica. Trata-se de uma revisão bibliográfica, fundamentada em estudos científicos originais publicados entre 2014 e 2026, com estratégia de busca prevista nas bases PubMed/MEDLINE, SciELO e PEDro, além de consulta complementar ao Google Acadêmico. As evidências examinadas indicaram que dispositivos GPS, sensores inerciais e indicadores de carga interna permitem acompanhar as demandas físicas e as respostas individuais ao treinamento. Foram identificadas associações entre cargas acumuladas elevadas, aumentos expressivos nas corridas de alta velocidade e maior ocorrência de lesões em determinados contextos. Entretanto, os resultados não demonstraram capacidade uniforme de previsão de lesões, ressaltando a importância de considerar fatores individuais e funcionais. Conclui-se que o monitoramento das cargas pode contribuir para o acompanhamento fisioterapêutico, a prevenção e a readaptação esportiva, desde que integrado à avaliação clínica e à atuação multidisciplinar.

Palavras-chave: Tecnologias vestíveis; Fisioterapia esportiva; Carga de treinamento; Lesões musculares; Futebol.

ABSTRACT

The monitoring of training load has become increasingly relevant in high-performance sport, especially given the need to understand physical demands and the factors associated with muscle injuries. This study aimed to analyze the scientific evidence on the use of wearable technologies and training load monitoring methods in the prevention and rehabilitation of muscle injuries, with an emphasis on soccer and physiotherapeutic practice. This is a literature

1 Acadêmicos do Curso de Fisioterapia da Cruzeiro do Sul Educacional

review based on original scientific studies published between 2014 and 2026, with a planned search strategy in the PubMed/MEDLINE, SciELO and PEDro databases, in addition to a complementary consultation of Google Scholar. The evidence examined indicated that GPS devices, inertial sensors and internal load indicators make it possible to monitor physical demands and individual responses to training. Associations were identified between high accumulated loads, significant increases in high-speed running and a higher occurrence of injuries in certain contexts. However, the results did not demonstrate a uniform capacity to predict injuries, highlighting the importance of considering individual and functional factors. It is concluded that load monitoring can contribute to physiotherapeutic follow-up, prevention and return-to-sport rehabilitation, provided that it is integrated with clinical assessment and multidisciplinary work.

Keywords: Wearable technologies; Sports physiotherapy; Training load; Muscle injuries; Soccer.

1 INTRODUÇÃO

O esporte de alto rendimento tem passado por constantes transformações, impulsionadas pelos avanços científicos e tecnológicos e pela crescente exigência de desempenho físico dos atletas. Nesse cenário, a preparação esportiva demanda uma abordagem multidisciplinar, envolvendo profissionais de diferentes áreas, como médicos, fisioterapeutas, fisiologistas e profissionais de Educação Física, que atuam de maneira integrada no planejamento, na execução e no acompanhamento dos treinamentos. Essa integração é fundamental para otimizar o desempenho esportivo, promover adaptações fisiológicas adequadas e reduzir os fatores associados à ocorrência de lesões (SOLIGARD *et al.*, 2016; KELLMANN *et al.*, 2018).

A preparação física dos atletas envolve a aplicação sistemática de estímulos de treinamento, organizados conforme as características da modalidade esportiva, as necessidades individuais e o calendário competitivo. Nesse contexto, a periodização constitui uma estratégia importante para distribuir as cargas de treinamento ao longo de diferentes ciclos, buscando favorecer o desenvolvimento das capacidades físicas e proporcionar condições adequadas de recuperação. Segundo Issurin (2010), a organização dos estímulos de treinamento representa um componente essencial para o desenvolvimento do desempenho esportivo, especialmente em modalidades caracterizadas por elevadas exigências físicas e competitivas.

Entretanto, a exposição contínua a esforços intensos, associada à recuperação insuficiente e às demandas específicas de cada modalidade, pode contribuir para o desenvolvimento de fadiga acumulada e para o aumento da suscetibilidade a lesões musculoesqueléticas. Soligard *et al.* (2016) destacam que o gerenciamento inadequado das

cargas de treinamento e competição pode representar um fator relevante para a saúde dos atletas, sendo necessário considerar a interação entre carga, recuperação, condição física e características individuais. Dessa maneira, o monitoramento das cargas torna-se uma ferramenta importante para auxiliar na organização dos treinamentos e na identificação de alterações nas respostas dos atletas aos estímulos aplicados.

O monitoramento da carga de treinamento compreende a avaliação de diferentes variáveis relacionadas ao esforço realizado e às respostas fisiológicas e perceptivas produzidas pelo organismo. De acordo com Impellizzeri, Marcora e Coutts (2019), a carga de treinamento pode ser analisada a partir de duas dimensões complementares: carga externa e carga interna. A carga externa corresponde ao trabalho físico realizado pelo atleta, podendo ser expressa por indicadores como distância percorrida, velocidade, acelerações, desacelerações e duração das atividades. A carga interna, por sua vez, refere-se às respostas psicofisiológicas desencadeadas pelo treinamento, podendo ser acompanhada por parâmetros como frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço.

A análise conjunta dessas variáveis permite compreender de maneira mais abrangente as exigências impostas ao organismo e as respostas individuais aos estímulos de treinamento. Nesse sentido, o monitoramento sistemático pode fornecer informações relevantes para o ajuste das cargas, a identificação de sinais de fadiga e a organização dos períodos de recuperação. Entretanto, a relação entre carga de treinamento e ocorrência de lesões é complexa e multifatorial, não sendo possível estabelecer previsões precisas apenas com base em indicadores isolados (SOLIGARD *et al.*, 2016; ECKARD *et al.*, 2018).

No futebol, essas questões assumem especial relevância devido às características intermitentes da modalidade, que exige a realização frequente de corridas em diferentes velocidades, acelerações, desacelerações, mudanças de direção e ações explosivas. Essas demandas produzem elevados níveis de exigência neuromuscular e metabólica, podendo contribuir para a ocorrência de lesões, especialmente musculares. Ekstrand, Hägglund e Waldén (2011), ao investigarem a epidemiologia das lesões musculares no futebol profissional, evidenciaram a importância desse tipo de lesão no contexto esportivo, ressaltando a necessidade de estratégias direcionadas à prevenção e ao acompanhamento dos atletas.

Com o desenvolvimento tecnológico, diferentes instrumentos passaram a ser utilizados para acompanhar as demandas físicas e fisiológicas dos jogadores. Entre eles, destacam-se os sistemas de posicionamento global (GPS), os sensores inerciais e os dispositivos de monitoramento da frequência cardíaca, além de instrumentos subjetivos, como a escala de

percepção subjetiva de esforço. Essas ferramentas permitem coletar informações sobre o comportamento das cargas durante treinamentos e competições, contribuindo para uma análise mais individualizada das exigências esportivas. Entretanto, a interpretação dos dados exige atenção às características dos equipamentos, à confiabilidade das medidas e ao contexto de aplicação (IMPELLIZZERI; MARCORA; COUTTS, 2019).

No âmbito da Fisioterapia Esportiva, o monitoramento das cargas apresenta aplicações relevantes tanto na prevenção quanto no processo de reabilitação de lesões musculoesqueléticas. A análise das demandas físicas e das respostas individuais pode auxiliar o fisioterapeuta na identificação de alterações funcionais, no acompanhamento da tolerância ao esforço e na organização da progressão das atividades durante a recuperação. Além disso, essas informações podem contribuir para a tomada de decisões compartilhadas com a equipe multidisciplinar, especialmente no planejamento do retorno gradual aos treinamentos e às competições.

Apesar dos avanços científicos e tecnológicos, ainda existem desafios relacionados à interpretação dos indicadores de carga e à identificação de associações consistentes entre as variáveis monitoradas e a ocorrência de lesões musculares. A diversidade de instrumentos, protocolos e características das populações investigadas pode dificultar a comparação dos resultados e sua aplicação direta na prática clínica. Assim, torna-se necessário analisar criticamente as evidências disponíveis, considerando as possibilidades e limitações do monitoramento das cargas no contexto esportivo.

Diante desse cenário, o presente estudo busca responder à seguinte questão norteadora: de que maneira o monitoramento da carga de treinamento pode contribuir para a prevenção e a reabilitação de lesões musculares em atletas, especialmente jogadores de futebol, e quais são suas principais aplicações na atuação fisioterapêutica?

1.1 JUSTIFICATIVA

A realização deste estudo justifica-se pela importância do monitoramento da carga de treinamento na preparação física, na prevenção de lesões e no acompanhamento da recuperação de atletas. As elevadas exigências impostas pelo esporte de alto rendimento tornam necessário compreender como os estímulos de treinamento e as respostas individuais podem influenciar a saúde musculoesquelética e a capacidade funcional dos praticantes.

No futebol, a ocorrência de lesões musculares representa uma preocupação relevante para atletas, profissionais de saúde e equipes esportivas, uma vez que essas condições podem comprometer a participação nos treinamentos e nas competições, além de demandar períodos

de reabilitação e readaptação funcional. Nesse sentido, o conhecimento dos fatores associados à ocorrência dessas lesões e das estratégias utilizadas para acompanhar as cargas de treinamento pode contribuir para o desenvolvimento de práticas preventivas mais fundamentadas cientificamente.

A relevância científica deste trabalho está relacionada à necessidade de reunir e analisar estudos que investiguem os indicadores de carga interna e externa, os instrumentos de monitoramento e suas possíveis relações com o risco de lesões musculares. Embora diferentes tecnologias e métodos estejam disponíveis, sua aplicação exige interpretação criteriosa, considerando as particularidades individuais dos atletas e as limitações das evidências científicas.

Sob a perspectiva profissional, o estudo apresenta importância para a Fisioterapia Esportiva, pois o conhecimento sobre monitoramento de cargas pode auxiliar na avaliação funcional, na elaboração de estratégias preventivas e no acompanhamento da reabilitação. Além disso, pode contribuir para a integração entre fisioterapeutas, preparadores físicos e demais profissionais envolvidos no cuidado ao atleta, favorecendo decisões baseadas em informações objetivas e na evolução clínica individual.

Portanto, a presente pesquisa justifica-se pela necessidade de aprofundar a compreensão sobre as possibilidades de utilização do monitoramento da carga de treinamento na prevenção e na reabilitação de lesões musculares, buscando contribuir para uma atuação fisioterapêutica fundamentada em evidências científicas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar, por meio de uma revisão bibliográfica, as evidências científicas relacionadas ao monitoramento da carga de treinamento e suas contribuições para a prevenção e a reabilitação de lesões musculares em atletas, com ênfase nos jogadores de futebol e nas possibilidades de aplicação na Fisioterapia Esportiva.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar os principais métodos, instrumentos e tecnologias utilizados no monitoramento da carga de treinamento em atletas, especialmente jogadores de futebol.
- Caracterizar os indicadores de carga interna e externa e sua importância para a avaliação das demandas físicas e das respostas fisiológicas ao treinamento esportivo.

- Investigar as evidências científicas sobre a associação entre as cargas de treinamento, a fadiga, a recuperação e o risco de lesões musculares.
- Examinar as possíveis contribuições do monitoramento das cargas para a prevenção de lesões e para o acompanhamento da reabilitação e do retorno progressivo à prática esportiva.
- Analisar as potencialidades, limitações e implicações do uso dessas informações na atuação do fisioterapeuta esportivo e na tomada de decisões em equipes multidisciplinares.

2 METODOLOGIA

2.1 Delineamento do estudo

O presente estudo caracterizou-se como uma revisão bibliográfica de caráter descritivo-analítico, desenvolvida com a finalidade de analisar as evidências científicas relacionadas à utilização de tecnologias vestíveis e ao monitoramento da carga de treinamento na prevenção e na reabilitação de lesões musculares em atletas, com ênfase nos jogadores de futebol e nas possibilidades de aplicação desses recursos na Fisioterapia Esportiva.

A investigação fundamentou-se na análise de publicações científicas que abordaram os métodos de monitoramento das cargas de treinamento, os indicadores fisiológicos e biomecânicos empregados no acompanhamento esportivo e as possíveis associações entre a exposição aos esforços físicos, os processos de recuperação e a ocorrência de lesões musculares.

A revisão foi desenvolvida por meio de uma abordagem temática, de natureza não exaustiva, priorizando estudos originais que apresentassem contribuições relevantes para a compreensão das relações entre carga de treinamento, respostas individuais ao esforço e saúde musculoesquelética. A organização do material científico buscou favorecer a comparação entre diferentes métodos de monitoramento e a interpretação crítica dos resultados apresentados pelos pesquisadores.

A abordagem descritivo-analítica permitiu examinar as contribuições das tecnologias vestíveis para a quantificação das demandas físicas e fisiológicas dos atletas, bem como discutir suas potencialidades e limitações na prevenção de lesões e no acompanhamento da recuperação funcional.

Além disso, buscou-se estabelecer relações entre os resultados científicos e a atuação do fisioterapeuta esportivo, especialmente no que se refere à avaliação funcional, ao

acompanhamento da fadiga, à progressão das cargas durante a reabilitação e ao planejamento do retorno gradual à prática esportiva.

Dessa forma, a pesquisa procurou reunir e interpretar criticamente os conhecimentos científicos relacionados ao monitoramento esportivo, considerando que a ocorrência de lesões musculares apresenta natureza multifatorial e não pode ser explicada exclusivamente por indicadores isolados de carga de treinamento.

2.2 Estratégia de busca e fontes de informação

Para orientar o levantamento bibliográfico, foram consideradas como fontes de informação as bases PubMed/MEDLINE, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Physiotherapy Evidence Database (PEDro), além do Google Acadêmico como ferramenta complementar de identificação de publicações científicas relacionadas ao monitoramento da carga de treinamento, às tecnologias vestíveis e às suas aplicações na Fisioterapia Esportiva.

O recorte temporal estabelecido compreendeu o período de janeiro de 2014 a outubro de 2026, buscando contemplar pesquisas relacionadas aos avanços tecnológicos empregados no acompanhamento das demandas físicas dos atletas e às investigações sobre prevenção, reabilitação e retorno ao esporte.

Foram definidos descritores e termos de busca em português e inglês, relacionados aos principais conceitos investigados. Entre os termos considerados, destacaram-se: training load, load monitoring, internal load, external load, wearable technology, global positioning system, muscle injury, injury prevention, rehabilitation, return to sport, soccer e football, além das expressões carga de treinamento, monitoramento, lesões musculares, prevenção de lesões e Fisioterapia Esportiva.

As combinações dos termos foram estruturadas com os operadores booleanos AND e OR, visando relacionar os diferentes componentes da investigação e favorecer a identificação de publicações pertinentes.

Como estratégia de referência, foi definida a seguinte combinação de termos em inglês:

("training load" OR "load monitoring" OR "wearable technology" OR "global positioning system") AND ("muscle injury" OR "injury prevention" OR "rehabilitation") AND ("soccer" OR "football").

Também foram consideradas combinações envolvendo indicadores de carga interna e externa, respostas fisiológicas ao treinamento e retorno à prática esportiva, de modo a contemplar diferentes dimensões do monitoramento esportivo.

A delimitação das fontes de informação, dos descritores e do recorte temporal teve como finalidade orientar a identificação de estudos relevantes para os objetivos da pesquisa. Considerando a natureza descritivo-analítica e não exaustiva da revisão, a estratégia foi utilizada como referência para a organização temática da literatura, sem caracterizar um procedimento de busca sistemática com rastreamento quantitativo completo das publicações.

2.3 Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de elegibilidade foram definidos de acordo com os objetivos da investigação, considerando a pertinência temática, o delineamento metodológico, as características da população estudada e a disponibilidade de informações relevantes para a análise científica.

Foram estabelecidos como critérios de inclusão artigos científicos originais publicados entre janeiro de 2014 e outubro de 2026, redigidos em português ou inglês, que investigassem o monitoramento da carga de treinamento, a utilização de tecnologias vestíveis, os fatores associados à ocorrência de lesões musculares ou o acompanhamento de atletas durante os processos de reabilitação e retorno à prática esportiva.

Foram considerados elegíveis estudos observacionais, longitudinais, prospectivos, de coorte e experimentais, realizados com atletas profissionais, amadores ou recreacionais, pertencentes a modalidades esportivas coletivas ou individuais. Entretanto, foi atribuída prioridade às pesquisas desenvolvidas com jogadores de futebol, em razão da especificidade das demandas físicas dessa modalidade e de sua relação com os objetivos do estudo.

Para a análise, os artigos deveriam abordar pelo menos um dos seguintes aspectos: indicadores de carga interna e externa; utilização de GPS, sensores inerciais ou outros instrumentos de monitoramento; respostas fisiológicas e perceptivas ao treinamento; associação entre carga de treinamento e ocorrência de lesões musculares; estratégias preventivas; ou acompanhamento da recuperação funcional e do retorno ao esporte.

Foram estabelecidos como critérios de exclusão artigos de revisão narrativa, integrativa, sistemática ou de escopo, metanálises, editoriais, cartas ao editor, resumos de congressos, publicações duplicadas e estudos que não apresentassem resultados científicos originais.

Também foram considerados inelegíveis estudos realizados exclusivamente com indivíduos não atletas, publicações sem relação direta com os objetivos da pesquisa e investigações que não apresentassem informações suficientes sobre os métodos de monitoramento ou os desfechos relacionados à saúde musculoesquelética.

A aplicação desses critérios teve como finalidade delimitar um conjunto de publicações cientificamente pertinentes, favorecendo a comparação entre diferentes métodos de monitoramento e a interpretação das evidências relacionadas à prevenção e à reabilitação de lesões musculares.

As publicações de caráter teórico, os documentos de consenso e os estudos de revisão utilizados na fundamentação conceitual foram diferenciados das pesquisas originais que compuseram a síntese dos resultados. Da mesma forma, estudos anteriores ao recorte temporal estabelecido puderam contribuir para a contextualização histórica e científica do tema, sem integrar o conjunto principal de pesquisas analisadas.

2.4 Seleção dos estudos

A seleção dos estudos foi organizada de acordo com os objetivos da pesquisa e os critérios de elegibilidade estabelecidos, considerando a relevância científica das publicações para a compreensão das relações entre monitoramento da carga de treinamento, tecnologias vestíveis e prevenção de lesões musculares no contexto esportivo.

Por se tratar de uma revisão bibliográfica de caráter descritivo-analítico, adotou-se uma abordagem de seleção temática, priorizando pesquisas originais que apresentassem informações pertinentes à análise dos indicadores de carga interna e externa, dos métodos de monitoramento utilizados e dos desfechos relacionados à ocorrência de lesões e ao retorno à prática esportiva.

A organização das publicações considerou a pertinência dos títulos e resumos em relação ao problema de pesquisa, seguida da análise das informações metodológicas e dos principais resultados apresentados nos estudos selecionados. Foram observados aspectos como delineamento da investigação, características da população, modalidade esportiva, instrumentos de monitoramento, variáveis analisadas e associações identificadas entre exposição ao treinamento e ocorrência de lesões.

Para a síntese descritiva e comparativa, foram selecionados quatro estudos científicos originais publicados entre 2018 e 2023: Malone *et al.* (2018), Bengtsson *et al.* (2020), Tiernan *et al.* (2022) e Mohr, Matias e De Lucas (2023). A seleção desse conjunto de pesquisas considerou sua contribuição para diferentes dimensões do monitoramento esportivo, especialmente a quantificação das cargas de treinamento, a investigação de fatores associados às lesões e o acompanhamento da exposição física durante o retorno à competição.

O estudo de Malone *et al.* (2018) contribuiu para a análise das relações entre as demandas de corrida em alta velocidade, os sprints, a aptidão aeróbica e a ocorrência de

lesões de membros inferiores em jogadores de futebol. Bengtsson *et al.* (2020) forneceram informações sobre a associação entre o número de sessões de treinamento realizadas antes do retorno competitivo e a ocorrência de lesões após o afastamento esportivo.

Tiernan *et al.* (2022) possibilitaram examinar diferentes indicadores de carga de treinamento e suas associações com lesões em jogadores de futebol de elite. Por sua vez, Mohr, Matias e De Lucas (2023) contribuíram para a compreensão das relações entre cargas internas acumuladas e lesões musculares sem contato em jogadores profissionais brasileiros.

A análise conjunta dessas pesquisas permitiu contemplar diferentes perspectivas sobre o monitoramento esportivo, incluindo indicadores obtidos por sistemas de posicionamento global (GPS), percepção subjetiva de esforço, cargas acumuladas e exposição progressiva às demandas esportivas.

A seleção temática dos quatro estudos teve como finalidade estabelecer uma base científica para a comparação dos resultados, considerando suas convergências, divergências e limitações metodológicas. Não se buscou realizar uma síntese estatística dos resultados nem estabelecer estimativas universais de risco, uma vez que as pesquisas apresentaram diferenças quanto às populações investigadas, aos instrumentos empregados e aos desfechos avaliados.

Desse modo, a seleção bibliográfica possibilitou desenvolver uma análise crítica das evidências examinadas, relacionando os achados científicos às possibilidades de atuação da Fisioterapia Esportiva na avaliação funcional, no acompanhamento da fadiga, na progressão das cargas durante a reabilitação e no planejamento do retorno gradual à prática esportiva.

2.5 Extração e análise dos dados

A organização e a análise dos dados foram desenvolvidas a partir das informações científicas apresentadas nos quatro estudos originais examinados, considerando os objetivos da pesquisa e a necessidade de estabelecer relações entre os diferentes métodos de monitoramento da carga de treinamento.

Foram consideradas como variáveis de análise os autores e anos de publicação, os objetivos das pesquisas, os delineamentos metodológicos, as características das amostras, as modalidades esportivas investigadas, os instrumentos de monitoramento utilizados, os indicadores de carga interna e externa e os principais desfechos relacionados à ocorrência de lesões musculares.

As informações foram sistematizadas em quadros descritivos e em uma tabela de resultados, possibilitando a caracterização das pesquisas e a comparação entre os principais achados científicos. Essa organização favoreceu a identificação de aspectos comuns e

diferenças entre os estudos, especialmente quanto às formas de quantificação das cargas e aos desfechos investigados.

A análise foi conduzida de maneira descritiva e comparativa, buscando identificar convergências, divergências e limitações metodológicas entre os estudos. Foram considerados especialmente os indicadores de carga acumulada, as alterações nas distâncias percorridas em alta velocidade, a exposição aos sprints, as respostas subjetivas ao esforço e a progressão do treinamento durante o retorno à competição.

Os resultados de Malone *et al.* (2018) foram considerados na discussão das relações entre carga externa, aptidão física e lesões de membros inferiores. As evidências apresentadas por Mohr, Matias e De Lucas (2023) contribuíram para a análise das associações entre carga interna acumulada e lesões musculares sem contato.

Os achados de Tiernan *et al.* (2022) foram utilizados para examinar as diferenças entre indicadores de carga e métodos de cálculo, enquanto o estudo de Bengtsson *et al.* (2020) contribuiu para a discussão sobre a exposição progressiva ao treinamento e a ocorrência de lesões após o retorno competitivo.

A comparação entre essas pesquisas considerou as diferenças nos delineamentos, nas características dos atletas, nos períodos de acompanhamento e nas definições dos desfechos investigados. Essa análise foi necessária para evitar interpretações generalizadas de resultados obtidos em populações ou condições distintas.

Também foi estabelecida uma distinção entre associação estatística, capacidade de previsão de lesões e comprovação de eficácia preventiva. Dessa maneira, os resultados observacionais foram interpretados como evidências de possíveis relações entre determinadas variáveis, sem atribuir causalidade quando os métodos empregados não permitiam essa conclusão.

A discussão científica foi organizada em eixos temáticos relacionados às tecnologias vestíveis e ao monitoramento da carga de treinamento, à associação entre carga e lesões musculares, ao acompanhamento do desempenho físico e das respostas fisiológicas, às aplicações na prevenção e reabilitação e às limitações metodológicas e práticas dos instrumentos utilizados.

No âmbito da Fisioterapia Esportiva, os resultados foram interpretados considerando suas possíveis contribuições para a avaliação funcional, a identificação de alterações na tolerância aos esforços, o acompanhamento da fadiga, a progressão das atividades durante a recuperação e o planejamento do retorno gradual ao esporte.

A interpretação dos achados também considerou as limitações decorrentes da seleção temática não exaustiva e do número restrito de estudos originais examinados. Dessa forma, as conclusões foram delimitadas às evidências efetivamente analisadas, sem pressupor que os resultados representassem toda a produção científica disponível sobre o tema.

Por fim, a análise buscou demonstrar que as tecnologias vestíveis e os indicadores de carga representam recursos complementares ao acompanhamento fisioterapêutico, cuja utilização deve estar associada à avaliação clínica, ao histórico de lesões, às características individuais dos atletas e à atuação integrada da equipe multidisciplinar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das evidências científicas relacionadas ao monitoramento da carga de treinamento no futebol permite identificar contribuições relevantes das tecnologias vestíveis para a quantificação das demandas físicas, o acompanhamento das respostas individuais e a investigação de fatores associados à ocorrência de lesões musculares. Entretanto, os estudos demonstram que a relação entre carga de treinamento e lesão é complexa, envolvendo aspectos fisiológicos, biomecânicos, funcionais e contextuais que não podem ser interpretados isoladamente.

As pesquisas originais examinadas nesta etapa apresentam diferentes métodos de monitoramento, destacando-se a utilização de sistemas de posicionamento global (GPS), medidas de percepção subjetiva de esforço (PSE) e indicadores de carga acumulada. Os resultados também apontam possibilidades de aplicação dessas informações na prevenção de lesões, na readaptação funcional e no retorno à prática esportiva.

O Quadro 1 apresenta a caracterização de quatro pesquisas científicas originais publicadas entre 2018 e 2023, selecionadas para compor a síntese descritiva e comparativa desta revisão bibliográfica. Os estudos de Malone *et al.* (2018), Bengtsson *et al.* (2020), Tiernan *et al.* (2022) e Mohr, Matias e De Lucas (2023) foram examinados considerando seus delineamentos metodológicos, as características das amostras, os instrumentos de monitoramento utilizados e os principais resultados relacionados às cargas de treinamento e à ocorrência de lesões. A seleção temática, de natureza não exaustiva, permitiu reunir evidências científicas relevantes para a compreensão das relações entre monitoramento esportivo, prevenção de lesões musculares e atuação fisioterapêutica, sem pressupor que os estudos analisados representassem a totalidade das publicações disponíveis sobre o tema.

Quadro 1 – Caracterização das pesquisas originais examinadas

Autor/ano	Delineamento e amostra	Método de monitoramento	Principais achados
Malone et al. (2018)	Coorte observacional; 37 jogadores de elite durante uma temporada	GPS, PSE da sessão, distância em alta velocidade e sprint	Aumentos rápidos nas distâncias de alta velocidade e sprint associaram-se a maiores chances de lesões de membros inferiores
Bengtsson et al. (2020)	Coorte prospectiva; 4.805 primeiras participações em partidas após retorno de lesão	Registro da exposição aos treinamentos e às partidas	Mais sessões de treinamento antes da primeira partida associaram-se a menores chances de lesões, inclusive musculares
Tiernan et al. (2022)	Estudo observacional; 15 jogadores de elite acompanhados por 40 semanas	PSE, carga acumulada e indicadores de carga aguda e crônica	Determinadas alterações de carga associaram-se à ocorrência posterior de lesões
Mohr, Matias e De Lucas (2023)	Estudo observacional; 32 jogadores profissionais brasileiros durante duas temporadas	PSE da sessão, cargas acumuladas e razão carga aguda/crônica	Cargas internas elevadas acumuladas em três e quatro semanas associaram-se a maiores chances de lesões musculares sem contato

Fonte: elaboração própria com base em Malone *et al.* (2018), Bengtsson *et al.* (2020), Tiernan *et al.* (2022) e Mohr, Matias e De Lucas (2023).

3.1 Tecnologias vestíveis e monitoramento da carga de treinamento no futebol

O monitoramento da carga de treinamento constitui uma estratégia utilizada para compreender as exigências físicas impostas aos atletas e as respostas individuais aos estímulos realizados. No futebol, essa avaliação apresenta relevância devido às características intermitentes da modalidade, que envolve deslocamentos em diferentes velocidades, acelerações, desacelerações, mudanças de direção e esforços repetidos de elevada intensidade.

Conforme a diferenciação apresentada por Impellizzeri, Marcora e Coutts (2019), a carga externa corresponde ao trabalho físico realizado, enquanto a carga interna representa as respostas psicofisiológicas desencadeadas por esse trabalho. Embora relacionadas, essas dimensões não são equivalentes, pois uma mesma demanda externa pode produzir respostas distintas entre atletas com diferentes níveis de condicionamento, recuperação e tolerância ao esforço.

Entre as tecnologias vestíveis utilizadas no futebol, destacam-se os dispositivos GPS, os sensores inerciais e os monitores de frequência cardíaca. Os sistemas GPS permitem quantificar deslocamentos e velocidades, enquanto sensores inerciais podem fornecer informações adicionais sobre determinadas características dos movimentos. Os monitores de frequência cardíaca, por sua vez, permitem acompanhar aspectos da resposta cardiovascular ao exercício.

Malone *et al.* (2018) utilizaram dados obtidos por GPS para investigar a relação entre distâncias percorridas em alta velocidade, sprints e lesões em 37 jogadores de futebol de elite. A pesquisa também considerou a carga interna estimada pela PSE da sessão e a aptidão aeróbica dos atletas.

Os resultados demonstraram que grandes aumentos semanais nas distâncias percorridas em alta velocidade e sprint estavam associados a maiores chances de lesões de membros inferiores. Entretanto, atletas com melhor aptidão aeróbica e maior exposição crônica ao treinamento apresentaram menor risco em determinadas condições.

Esses achados indicam que o monitoramento tecnológico não deve ser utilizado apenas para identificar cargas elevadas, mas também para compreender a capacidade individual dos atletas de tolerar as exigências esportivas. Dessa forma, os dados fornecidos pelos dispositivos precisam ser interpretados considerando o histórico de treinamento e as características físicas dos jogadores.

Quadro 2 – Métodos e instrumentos utilizados no monitoramento da carga de treinamento

Instrumento	Indicadores	Dimensão avaliada	Aplicação
GPS	Distância total, velocidade, corrida de alta velocidade e sprint	Carga externa	Quantificação das demandas locomotoras
Sensores inerciais	Acelerações, desacelerações e parâmetros de movimento	Carga externa	Acompanhamento de demandas mecânicas específicas
Monitor de frequência cardíaca	Frequência cardíaca e respostas cardiovasculares	Carga interna	Avaliação da intensidade fisiológica
PSE da sessão	Esforço percebido associado à duração	Carga interna	Quantificação subjetiva da carga de treinamento
Questionários de bem-estar e recuperação	Fadiga percebida, estresse e recuperação	Estado psicofisiológico	Complementação do acompanhamento individual

Fonte: elaboração própria a partir dos conceitos de Impellizzeri, Marcora e Coutts (2019) e das aplicações investigadas por Malone *et al.* (2018) e Mohr, Matias e De Lucas (2023).

O Quadro 2 evidencia que os instrumentos fornecem informações distintas e complementares. A PSE e os questionários de recuperação não constituem tecnologias vestíveis, mas podem ser utilizados em associação com os dados coletados pelos dispositivos eletrônicos.

Essa integração é especialmente importante na Fisioterapia Esportiva, uma vez que o conhecimento das demandas externas, isoladamente, não permite determinar a condição funcional ou clínica do atleta.

3.2 Relação entre carga de treinamento e risco de lesões musculares

A associação entre carga de treinamento e lesões musculares constitui uma das principais questões investigadas na ciência do esporte. Embora o treinamento seja necessário para o desenvolvimento das capacidades físicas, alterações expressivas na exposição aos esforços podem estar associadas à ocorrência de lesões em determinadas condições.

Soligard *et al.* (2016) discutem a importância do gerenciamento das cargas de treinamento e competição, destacando que a ocorrência de lesões resulta da interação entre múltiplos fatores. Essa perspectiva reforça a necessidade de considerar a capacidade individual de adaptação, o histórico de lesões e as condições de recuperação.

Em estudo realizado com jogadores profissionais brasileiros, Mohr, Matias e De Lucas (2023) acompanharam 32 atletas durante duas temporadas, registrando 33 lesões musculares. A carga interna foi estimada por meio da PSE da sessão, sendo analisadas as cargas acumuladas em três e quatro semanas e a razão entre carga aguda e crônica.

Os pesquisadores identificaram associações significativas entre cargas acumuladas elevadas e ocorrência de lesões musculares sem contato. Os atletas classificados no grupo de carga elevada apresentaram maiores chances de lesão quando comparados aos atletas submetidos a cargas moderadas.

Tabela 1 – Associação entre carga interna acumulada elevada e lesões musculares em jogadores profissionais de futebol

Indicador	Odds Ratio (OR)	IC 95%	Valor de *p*
Carga elevada acumulada em 3 semanas (> 3.980 UA)	3,7	1,7–8,1	< 0,001
Carga elevada acumulada em 4 semanas (> 5.335 UA)	4,5	1,5–13,3	0,006

Fonte: Adaptado de Mohr, Matias e De Lucas (2023, p. 677).

Nota: OR representa a razão de chances; IC 95% corresponde ao intervalo de confiança de 95%. As comparações utilizaram grupos de carga moderada como referência.

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram associação estatisticamente significativa entre maior carga acumulada e ocorrência de lesões musculares. Entretanto, esses valores não representam probabilidades absolutas de lesão nem devem ser utilizados como limites universais para todos os jogadores.

Outro resultado relevante foi a ausência de associação significativa entre a razão carga aguda/crônica e a ocorrência de lesões na amostra investigada. Esse achado demonstra que diferentes indicadores de carga podem apresentar comportamentos distintos, mesmo quando analisados em uma mesma população.

Tiernan *et al.* (2022) também investigaram associações entre indicadores de carga e lesões em jogadores de futebol de elite. Os autores identificaram que determinadas alterações semanais da carga e alguns indicadores calculados por médias móveis exponencialmente ponderadas estavam associados à ocorrência posterior de lesões.

Entretanto, os resultados de Tiernan *et al.* (2022) não foram integralmente equivalentes aos de Mohr, Matias e De Lucas (2023), especialmente quanto à utilização da razão carga aguda/crônica.

Essa divergência pode estar relacionada às diferenças entre os métodos de cálculo, às características dos atletas, aos períodos de acompanhamento e aos desfechos investigados. Portanto, não é adequado estabelecer um único valor de referência capaz de identificar situações de risco em diferentes populações.

Os achados reforçam que o monitoramento da carga deve ser interpretado como ferramenta complementar de acompanhamento, sem substituir a avaliação clínica, funcional e individualizada.

3.3 Monitoramento do desempenho físico e das respostas fisiológicas

O acompanhamento do desempenho físico e das respostas fisiológicas constitui uma dimensão relevante do monitoramento esportivo, pois permite analisar a relação entre as demandas impostas ao atleta e sua capacidade de adaptação.

A utilização conjunta de indicadores internos e externos possibilita identificar situações nas quais atletas submetidos a cargas semelhantes apresentam respostas diferentes. Essas variações podem estar relacionadas ao condicionamento físico, à recuperação, à experiência esportiva e às características individuais.

Malone *et al.* (2018) identificaram que jogadores com melhor aptidão aeróbica e maior carga crônica apresentaram menor risco de lesões de membros inferiores em determinadas condições de exposição a corridas de alta velocidade e sprints.

Os pesquisadores observaram que aumentos semanais expressivos nas distâncias percorridas em alta velocidade estavam associados a maiores chances de lesão, com OR de 3,02. Para aumentos semanais nas distâncias de sprint, foi observado OR de 6,12 nas categorias analisadas.

Entretanto, a interpretação desses resultados deve considerar que os valores foram obtidos em uma equipe específica, com critérios próprios para classificar as demandas físicas. Assim, não podem ser utilizados como limites universais de segurança.

Esses resultados também indicam que o desenvolvimento da aptidão física pode modificar a relação entre exposição ao esforço e ocorrência de lesões. Portanto, a prevenção não deve ser compreendida simplesmente como redução da carga, mas como organização progressiva das demandas de acordo com a capacidade funcional do atleta.

Quadro 3 – Comparação dos resultados relacionados às cargas interna e externa

Estudo	Dimensão investigada	Resultado relevante	Interpretação
Malone et al. (2018)	Carga externa e aptidão aeróbica	Aumentos rápidos de corridas intensas associaram-se a maiores chances de lesões	Importância da progressão e da capacidade física prévia
Tiernan et al. (2022)	Carga interna e indicadores acumulados	Algumas alterações de carga associaram-se a lesões posteriores	Necessidade de considerar o método de cálculo e o intervalo temporal
Mohr et al. (2023)	Carga interna acumulada	Cargas elevadas em três e quatro semanas associaram-se a lesões musculares	Relevância do acompanhamento longitudinal da exposição

Fonte: elaboração própria com base nos estudos indicados.

A comparação evidencia que o monitoramento das cargas deve considerar tanto a magnitude dos esforços quanto sua distribuição ao longo do tempo. Além disso, os resultados apontam que a interpretação dos indicadores depende das características da população investigada e das variáveis selecionadas.

Na prática fisioterapêutica, essas informações podem contribuir para a identificação de mudanças na tolerância aos esforços, desde que associadas a avaliações clínicas e funcionais.

3.4 Aplicações das tecnologias vestíveis na prevenção de lesões musculares

As tecnologias vestíveis apresentam potencial para apoiar estratégias preventivas ao fornecer informações sobre as demandas físicas realizadas pelos atletas. Entretanto, a identificação de associações entre indicadores de carga e lesões não comprova, isoladamente, que a utilização dos dispositivos seja capaz de reduzir a incidência de lesões musculares.

Os achados de Malone *et al.* (2018) sugerem que a exposição progressiva às corridas de alta velocidade e aos sprints pode representar um aspecto relevante da preparação esportiva. Por sua vez, Mohr, Matias e De Lucas (2023) identificaram associações entre cargas internas acumuladas elevadas e lesões musculares sem contato.

A interpretação conjunta dessas pesquisas indica que o monitoramento pode auxiliar na identificação de alterações importantes na exposição ao treinamento. Contudo, a prevenção depende de decisões fundamentadas em múltiplos fatores, incluindo capacidade muscular, histórico clínico, condicionamento físico, recuperação e exigências competitivas.

No âmbito da Fisioterapia Esportiva, essas informações podem ser utilizadas para complementar a avaliação funcional, acompanhar a tolerância aos esforços e subsidiar a comunicação com preparadores físicos, médicos e demais profissionais envolvidos no cuidado ao atleta.

Durante a reabilitação, os indicadores de carga também podem contribuir para documentar a progressão das demandas físicas, especialmente nas etapas de readaptação esportiva.

Bengtsson *et al.* (2020) investigaram 4.805 primeiras participações em partidas após afastamentos por lesões moderadas ou graves, considerando o número de sessões de treinamento realizadas antes do retorno competitivo.

Os autores observaram que a taxa de lesões na primeira partida após o retorno foi 87% superior à taxa média de lesões em partidas durante a temporada. Além disso, cada sessão adicional de treinamento antes da primeira partida esteve associada a uma redução nas chances de lesão geral, com OR de 0,93.

Para lesões musculares, a associação foi mais expressiva, com OR de 0,87 por sessão adicional. Esse resultado sugere que a realização de mais sessões de treinamento antes do retorno competitivo pode estar associada a menor ocorrência de lesões musculares.

Entretanto, o delineamento observacional não permite afirmar que o aumento isolado do número de sessões seja responsável pela redução do risco. Outros fatores relacionados à recuperação, à gravidade da lesão e à condição funcional podem influenciar essa associação.

Quadro 4 – Possibilidades de aplicação do monitoramento na Fisioterapia Esportiva

Etapa	Informações relevantes	Contribuição potencial
Prevenção	Histórico de cargas, esforços intensos e respostas individuais	Apoiar a identificação de alterações relevantes na exposição
Reabilitação	Sintomas, capacidade funcional e tolerância ao esforço	Auxiliar na progressão individualizada das atividades
Readaptação esportiva	Distâncias, velocidades, acelerações e exposição progressiva	Acompanhar a aproximação das demandas específicas do futebol
Retorno à competição	Sessões realizadas, avaliação funcional e respostas ao treinamento	Subsidiar decisões compartilhadas de retorno
Acompanhamento posterior	Carga interna, carga externa e histórico clínico	Apoiar o acompanhamento contínuo após o retorno

Fonte: elaboração própria a partir da interpretação dos achados de Malone *et al.* (2018), Bengtsson *et al.* (2020) e Mohr, Matias e De Lucas (2023).

As aplicações apresentadas no Quadro 4 constituem possibilidades de utilização das informações na prática profissional e não protocolos clínicos cuja eficácia tenha sido comprovada pelos estudos citados.

3.5 Limitações e desafios para a aplicação na Fisioterapia Esportiva

Apesar das contribuições identificadas, a utilização das tecnologias vestíveis e dos indicadores de carga apresenta limitações metodológicas e práticas que precisam ser consideradas.

Uma das principais dificuldades refere-se à heterogeneidade dos métodos empregados. Diferentes pesquisas utilizam equipamentos, critérios de classificação e períodos de acompanhamento distintos, o que dificulta a comparação direta dos resultados.

Além disso, os estudos frequentemente apresentam amostras reduzidas ou restritas a determinadas equipes, limitando a generalização dos achados para outras populações esportivas.

Outro aspecto importante é a diferença entre os desfechos investigados. Algumas pesquisas consideram lesões musculares sem contato, enquanto outras incluem lesões gerais, traumáticas ou de membros inferiores. Essa diversidade pode influenciar as associações identificadas e exige cautela na interpretação dos resultados.

A utilização da razão entre carga aguda e crônica também apresenta desafios. Enquanto Tiernan *et al.* (2022) identificaram associações envolvendo determinadas formas de cálculo, Mohr, Matias e De Lucas (2023) não observaram associação significativa desse indicador com lesões musculares.

Essa divergência demonstra que a escolha do indicador e do método estatístico pode influenciar os resultados, impedindo a definição de parâmetros universais de risco.

No contexto profissional, a utilização de dispositivos tecnológicos também depende da disponibilidade de recursos, da confiabilidade dos equipamentos e da capacidade de interpretação dos dados.

A grande quantidade de informações produzidas por sistemas de monitoramento não representa, necessariamente, maior precisão nas decisões clínicas. Os indicadores devem ser selecionados conforme sua relevância para o problema investigado e interpretados em conjunto com a avaliação funcional.

Outra limitação importante é a predominância de estudos observacionais. Embora permitam identificar associações entre determinadas cargas e lesões, esses delineamentos não demonstram, isoladamente, relações de causalidade ou eficácia de intervenções preventivas.

Quadro 5 – Limitações identificadas e implicações para a interpretação dos resultados

Limitação	Consequência	Implicação para a Fisioterapia
Amostras pequenas	Menor precisão e possibilidade de generalização	Evitar aplicação automática dos resultados

Diferentes definições de lesão	Dificuldade de comparação	Distinguir lesões musculares de outros desfechos
Diversidade de indicadores	Resultados nem sempre equivalentes	Selecionar medidas adequadas à finalidade clínica
Estudos observacionais	Limitação para estabelecer causalidade	Não interpretar associação como eficácia preventiva
Diferenças individuais	Respostas distintas à mesma carga	Priorizar acompanhamento individualizado
Dependência tecnológica	Possíveis limitações de acesso e interpretação	Integrar dados tecnológicos à avaliação clínica

Fonte: elaboração própria a partir da análise crítica dos estudos examinados.

Dessa forma, as tecnologias vestíveis devem ser compreendidas como instrumentos complementares de avaliação, cuja utilidade depende da qualidade das informações obtidas e da interpretação realizada pelos profissionais.

3.6 Síntese crítica dos achados

A análise das pesquisas originais examinadas evidencia que o monitoramento da carga de treinamento apresenta relevância para o acompanhamento das demandas físicas e das respostas individuais dos jogadores de futebol. Entretanto, sua contribuição para a prevenção de lesões musculares deve ser interpretada considerando as limitações dos estudos e a natureza multifatorial das lesões esportivas.

Os resultados de Malone *et al.* (2018) demonstram que aumentos expressivos nas demandas de corrida em alta velocidade e sprint podem estar associados a maiores chances de lesões de membros inferiores, especialmente quando não acompanhados de preparação física adequada. Por outro lado, maior aptidão aeróbica e exposição crônica ao treinamento podem modificar essa associação.

Mohr, Matias e De Lucas (2023) identificaram que cargas internas acumuladas elevadas em três e quatro semanas estavam associadas à ocorrência de lesões musculares sem contato. Esses achados reforçam a importância do acompanhamento longitudinal da exposição ao treinamento, sem permitir a definição de limites universais de segurança.

Tiernan *et al.* (2022) também identificaram associações entre determinados indicadores de carga e lesões, mas apresentaram resultados diferentes quanto à utilização da razão carga aguda/crônica. Essa divergência demonstra que a escolha dos indicadores e dos métodos de cálculo influencia a interpretação dos dados.

No processo de retorno ao esporte, Bengtsson *et al.* (2020) identificaram associação entre maior número de sessões de treinamento antes da primeira partida e menores chances de lesão. Esse resultado apresenta relevância para a Fisioterapia Esportiva, especialmente no planejamento da progressão funcional e da exposição às demandas competitivas.

Em conjunto, as pesquisas sugerem que o monitoramento das cargas pode contribuir para identificar mudanças relevantes na exposição aos esforços, acompanhar a adaptação ao treinamento e subsidiar decisões durante a prevenção e a readaptação esportiva.

Entretanto, os resultados não demonstram que a utilização isolada de GPS, sensores inerciais ou indicadores subjetivos seja suficiente para prevenir lesões musculares. A efetividade das estratégias preventivas depende de fatores adicionais e requer investigação por estudos especificamente direcionados à avaliação de intervenções.

Assim, a principal contribuição do monitoramento para a Fisioterapia Esportiva reside na possibilidade de integrar informações sobre demandas físicas, respostas individuais e evolução funcional, favorecendo decisões compartilhadas entre os profissionais envolvidos no acompanhamento dos atletas.

Conclui-se, a partir das evidências examinadas, que o monitoramento da carga de treinamento constitui um recurso complementar relevante para a prática esportiva e fisioterapêutica. Sua aplicação deve ocorrer de maneira individualizada, crítica e integrada à avaliação clínica, evitando interpretações deterministas sobre a ocorrência de lesões musculares.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão bibliográfica, as evidências científicas relacionadas ao monitoramento da carga de treinamento e suas contribuições para a prevenção e a reabilitação de lesões musculares em atletas, com ênfase nos jogadores de futebol e nas possibilidades de aplicação na Fisioterapia Esportiva. A análise das pesquisas examinadas permitiu compreender que o monitoramento das demandas físicas e das respostas individuais ao treinamento constitui um recurso relevante para o acompanhamento esportivo, embora sua utilização deva considerar a complexidade dos fatores associados à ocorrência de lesões.

As evidências analisadas demonstraram que os avanços tecnológicos ampliaram as possibilidades de avaliação das cargas de treinamento, especialmente por meio de sistemas de posicionamento global (GPS), sensores inerciais e dispositivos de monitoramento fisiológico. Essas tecnologias permitem obter informações sobre distância percorrida, velocidade, acelerações, desacelerações e respostas cardiovasculares, contribuindo para a compreensão das exigências impostas aos atletas. Entretanto, verificou-se que sua utilização apresenta

maior relevância quando associada a indicadores subjetivos, como a percepção subjetiva de esforço, e às informações obtidas durante o acompanhamento clínico e funcional.

No que se refere à relação entre carga de treinamento e lesões musculares, os estudos examinados identificaram associações entre determinadas alterações nas cargas internas e externas e a ocorrência de lesões em jogadores de futebol. Os resultados indicaram que aumentos expressivos nas demandas de corrida de alta velocidade, na exposição a sprints e nas cargas acumuladas podem estar relacionados a maiores chances de lesão em determinados contextos. Contudo, essas associações não se mostraram uniformes entre os estudos, evidenciando a influência das características individuais, dos métodos de monitoramento e dos períodos de acompanhamento.

Dessa forma, constatou-se que a interpretação isolada de indicadores de carga não é suficiente para estabelecer previsões precisas sobre a ocorrência de lesões musculares. O monitoramento deve considerar a interação entre exposição ao treinamento, condicionamento físico, recuperação, histórico de lesões e capacidade individual de adaptação. Nesse sentido, a utilização de parâmetros tecnológicos deve estar integrada a uma avaliação mais abrangente das condições do atleta, evitando decisões fundamentadas exclusivamente em valores numéricos.

Quanto às aplicações na prevenção e na reabilitação, as evidências examinadas apontaram que o acompanhamento das cargas pode fornecer informações relevantes para a organização progressiva das demandas físicas e para o monitoramento da tolerância aos esforços. Durante o processo de recuperação, essas informações podem contribuir para o planejamento da readaptação esportiva e para a avaliação da exposição gradual às exigências específicas da modalidade. Entretanto, os estudos analisados não permitem afirmar que a utilização isolada das tecnologias vestíveis seja capaz de prevenir lesões musculares ou determinar, com precisão, o momento adequado para o retorno à competição.

No âmbito da Fisioterapia Esportiva, os resultados reforçam a importância da atuação integrada do fisioterapeuta com os demais profissionais envolvidos na preparação e no acompanhamento dos atletas. A interpretação conjunta dos indicadores de carga, das avaliações funcionais e da evolução clínica pode contribuir para decisões mais individualizadas, especialmente no acompanhamento da recuperação muscular, na progressão das atividades e no retorno gradual à prática esportiva. Assim, as tecnologias vestíveis devem ser compreendidas como instrumentos complementares ao raciocínio clínico, e não como substitutos da avaliação fisioterapêutica.

Apesar das contribuições identificadas, a literatura examinada apresenta limitações relacionadas à heterogeneidade dos instrumentos utilizados, às diferenças entre as populações investigadas, aos critérios empregados para definir lesões e à predominância de estudos observacionais. Esses aspectos dificultam a comparação direta dos resultados e limitam a possibilidade de estabelecer relações de causalidade entre determinados indicadores de carga e a ocorrência de lesões musculares. Além disso, a diversidade dos métodos de análise evidencia a necessidade de cautela na aplicação dos resultados a diferentes contextos esportivos.

Diante dessas limitações, recomenda-se o desenvolvimento de novas pesquisas, especialmente estudos prospectivos com amostras mais amplas e investigações experimentais que avaliem a efetividade de estratégias preventivas fundamentadas no monitoramento das cargas. Também se destaca a necessidade de estudos que investiguem a utilização integrada de tecnologias vestíveis, avaliações funcionais e indicadores clínicos durante a reabilitação de lesões musculares e o retorno ao esporte.

Conclui-se que o monitoramento da carga de treinamento apresenta potencial para contribuir com o acompanhamento físico e funcional dos atletas, oferecendo informações que podem subsidiar estratégias de prevenção, reabilitação e readaptação esportiva. Entretanto, sua aplicação deve ocorrer de maneira criteriosa, individualizada e fundamentada em evidências científicas, considerando que a ocorrência de lesões musculares envolve múltiplos fatores. Nesse contexto, a integração entre recursos tecnológicos, conhecimento científico e avaliação fisioterapêutica representa uma possibilidade relevante para qualificar o cuidado ao atleta e favorecer decisões mais seguras no esporte de alto rendimento.

REFERÊNCIAS

BENGTSSON, H. *et al.* Few training sessions between return to play and first match appearance are associated with an increased propensity for injury: a prospective cohort study of male professional football players during 16 consecutive seasons. **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 7, p. 427-432, 2020. DOI: https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100655. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31466941/. Acesso em: 15 nov. 2026.

ECKARD, T. G. *et al.* The relationship between training load and injury in athletes: a systematic review. **Sports Medicine**, v. 48, n. 8, p. 1929-1961, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/s40279-018-0951-z. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29943231/. Acesso em: 15 nov. 2026.

EKSTRAND, J.; HÄGGLUND, M.; WALDÉN, M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). **The American Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 6, p.

1226-1232, 2011. DOI: https://doi.org/10.1177/0363546510395879. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21335353/. Acesso em: 15 nov. 2026.

IMPELLIZZERI, F. M.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Internal and external training load: 15 years on. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, n. 2, p. 270-273, 2019. DOI: https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0935. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30614348/. Acesso em: 15 nov. 2026.

ISSURIN, V. B. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. **Sports Medicine**, v. 40, n. 3, p. 189-206, 2010. DOI: https://doi.org/10.2165/11319770-000000000-00000. Acesso em: 15 nov. 2026.

KELLMANN, M. *et al.* Recovery and performance in sport: consensus statement. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 2, p. 240-245, 2018. DOI: https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0759. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29345524/. Acesso em: 15 nov. 2026.

MALONE, S. *et al.* High-speed running and sprinting as an injury risk factor in soccer: can well-developed physical qualities reduce the risk? **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 21, n. 3, p. 257-262, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.05.016. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28595870/. Acesso em: 15 nov. 2026.

MOHR, P. A.; MATIAS, T. S.; DE LUCAS, R. D. Association between internal training load and muscle injuries in Brazilian professional soccer players. **Biology of Sport**, v. 40, n. 3, p. 675-679, 2023. DOI: https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.119285. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37398960/. Acesso em: 15 nov. 2026.

SOLIGARD, T. *et al.* How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 17, p. 1030-1041, 2016. DOI: https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096581. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27535989/. Acesso em: 15 nov. 2026.

TIERNAN, C. *et al.* The association between training load indices and injuries in elite soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 36, n. 11, p. 3143-3150, 2022. DOI: https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003914. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33298712/. Acesso em: 15 nov. 2026.