

UNIVERSIDADE SANTO AMARO

Curso de Fisioterapia

Jean Jordan Pavanelli

**Variabilidade da Frequência Cardíaca como Marcador de Retorno
ao Esporte em Lesões Musculoesqueléticas em Jogadores de
Futebol.**

**São Paulo
2026**

Jean Jordan Pavanelli

**Variabilidade da Frequência Cardíaca como Marcador de Retorno
ao Esporte em Lesões Musculoesqueléticas em Jogadores de
Futebol.**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao
Curso de Fisioterapia da Universidade Santo
Amaro - UNISA, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Fisioterapia.

Orientadora: Prof.^a. Me. Cinthia Mucci Ribeiro

**São Paulo
2026**

Ficha catalográfica

P362v

Pavanelli, Jean Jordan

Variabilidade da frequência cardíaca como marcador de retorno ao esporte em lesões musculoesqueléticas em jogadores de futebol / Jean Jordan Pavanelli. - São Paulo, 2026.

32 p.

Monografia (Graduação em Fisioterapia) – Universidade Santo Amaro, 2026.

Orientadora: Prof.^a Ma. Cinthia Mucci Ribeiro.

Bibliografia incluída

1. Variabilidade da frequência cardíaca. 2. Futebol. 3. Lesões musculoesqueléticas. I. Ribeiro, Cinthia Mucci. II. Universidade Santo Amaro. III. Título.

CDD 617.1027

Elaborado pela Bibliotecária Andréia Alessandra Alves CRB8/7588

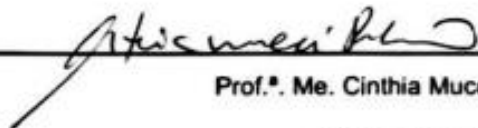
Jean Jordan Pazzelli

**Variabilidade da Frequência Cardíaca como Marcador de Retorno
ao Esporte em Lesões Musculoesqueléticas em Jogadores de
Futebol.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Fisioterapia da
Universidade – Santo Amaro, como requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Fisioterapia, Orientadora Prof.ª Me. Cinthia Mucci Ribeiro

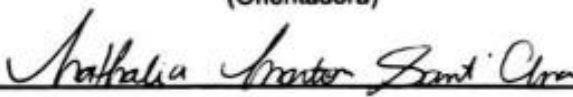
Data da Aprovação: 25/05/26

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª. Me. Cinthia Mucci Ribeiro

(Orientadora)



Dr.ª. Nathalia Marton Sant'Ana

(Banca externa)



Prof.ª. Dr.ª. Patricia Daniele Piulino de Araujo

(Banca Interna)

CONCEITO FINAL: 9,3

Dedico este trabalho à minha família e meus amigos, por todo apoio, incentivo e compreensão ao longo da minha trajetória. Vocês foram fundamentais para que este sonho se tornasse realidade. E deixo como uma homenagem as pessoas que perdi nessa trajetória. Amo todos vocês!

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela oportunidade de concluir mais esta etapa e por me dar força nos momentos mais desafiadores.

À minha família e a Monica, pelo apoio incondicional, incentivo e compreensão ao longo da minha trajetória acadêmica, sendo essenciais para a realização deste trabalho.

À minha orientadora, Prof.^a Me. Cinthia Mucci Ribeiro, pela orientação, dedicação, paciência e por todo o conhecimento compartilhado durante o desenvolvimento deste estudo.

Aos professores e colegas, que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação acadêmica e pessoal.

“O importante é não parar de questionar. A curiosidade tem sua própria razão de existir.”

- Albert Einstein

RESUMO

As lesões musculoesqueléticas representam um dos principais desafios no esporte de alto rendimento, impactando não apenas o desempenho dos atletas, mas também gerando elevados custos financeiros para clubes e ligas esportivas. Nesse contexto, cresce o interesse por marcadores fisiológicos capazes de auxiliar no monitoramento da recuperação e na tomada de decisão clínica. A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) destaca-se como uma ferramenta promissora, por refletir o equilíbrio do sistema nervoso autônomo e apresentar relação direta com processos inflamatórios. Alterações na VFC estão associadas à modulação simpato-vagal e à resposta neuroimunológica, sendo influenciadas por estímulos como exercício físico, estresse e lesões. Este estudo tem como objetivo investigar o papel da VFC como marcador neuroimunológico no contexto da reabilitação esportiva, buscando compreender sua aplicabilidade no acompanhamento fisiológico.

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, com base em artigos científicos publicados, no período de 2015 a 2025

Os resultados demonstraram que a VFC apresenta alterações significativas em condições de estresse fisiológico, como lesões musculoesqueléticas e estados de sobrecarga, caracterizadas pela redução da modulação parassimpática e predominância da atividade simpática. Durante o processo de recuperação, observou-se aumento progressivo de índices como o RMSSD, indicando restabelecimento do equilíbrio autonômico. Entretanto, evidenciaram-se limitações, especialmente quanto à sensibilidade da VFC para detectar alterações agudas ou de curto prazo, além da influência de fatores individuais e da ausência de correlação direta com o desempenho técnico.

Conclui-se que a VFC constitui uma ferramenta complementar, acessível e de baixo custo, capaz de contribuir para o monitoramento do estado autonômico e da recuperação fisiológica de atletas. Sua utilização deve ser realizada de forma longitudinal e associada a outros parâmetros clínicos e funcionais, auxiliando na tomada de decisão no retorno ao esporte.

Palavras-chave: Variabilidade da Frequência Cardíaca; Futebol; Esportes; Atletas e Lesões Musculoesqueléticas.

ABSTRACT

Musculoskeletal injuries represent one of the main challenges in high-performance sports, impacting not only athletes' performance but also generating high financial costs for clubs and sports leagues. In this context, there is growing interest in physiological markers capable of assisting in recovery monitoring and clinical decision-making. Heart rate variability (HRV) stands out as a promising tool, as it reflects the balance of the autonomic nervous system and has a direct relationship with inflammatory processes. Changes in HRV are associated with sympathovagal modulation and neuroimmunological responses, being influenced by stimuli such as physical exercise, stress, and injuries. This study aims to investigate the role of HRV as a neuroimmunological marker in the context of sports rehabilitation, seeking to understand its applicability in physiological monitoring.

This is an integrative literature review based on scientific articles published between 2015 and 2025.

The results demonstrated that HRV presents significant alterations under conditions of physiological stress, such as musculoskeletal injuries and overload states, characterized by reduced parasympathetic modulation and predominance of sympathetic activity. During the recovery process, a progressive increase in indices such as RMSSD was observed, indicating restoration of autonomic balance. However, limitations were also identified, especially regarding HRV sensitivity in detecting acute or short-term changes, in addition to the influence of individual factors and the absence of a direct correlation with technical performance.

It is concluded that HRV constitutes a complementary, accessible, and low-cost tool capable of contributing to the monitoring of autonomic status and the physiological recovery of athletes. Its use should be carried out longitudinally and associated with other clinical and functional parameters, assisting in decision-making regarding return to sport.

Keywords: Heart Rate Variability; Soccer; Sports; Athletes; Musculoskeletal Injuries.

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Resultados e informações sobre os artigos.....	21
Tabela 1 – (Continuação) - Resultados e informações sobre os artigos.....	22
Tabela 1 – (Continuação) - Resultados e informações sobre os artigos.....	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma de Pesquisa nas bases de dados.....	20
--	----

Lista de Abreviaturas

FC	Frequência Cardíaca
HF	High Frequency (Alta frequência)
IL-6	Interleucina 6
LF	Low Frequency (Baixa frequência)
LF/HF	Razão entre baixa e alta frequência
PCR	Proteína C Reativa
RMSSD	Root Mean Square of Successive Differences (Raiz quadrada da média das diferenças sucessivas dos intervalos RR)
RR	Intervalos R-R (intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos)
SciELO	Scientific Electronic Library Online
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
TNF- α	Fator de Necrose Tumoral Alfa
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	17
3	METODOLOGIA	18
	Figura 1 – Diagrama de fluxo do processo de inclusão dos estudos	20
	Identificação.....	20
	Triagem	20
	Elegibilidade	20
	Incluído	20
4	RESULTADOS	21
	Tabela 1 – Resultados e informações sobre os artigos.....	21
	Tabela 1 (Continuação) - Resultados e informações sobre os artigos.	22
	Tabela 1 (Continuação) - Resultados e informações sobre os artigos.	23
5	DISCUSSÃO	24
6	CONCLUSÃO.....	28
	REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

As lesões musculoesqueléticas representam um dos maiores desafios no esporte de alto rendimento, não apenas pelo impacto na performance dos atletas, mas também pelos elevados custos financeiros associados ao tempo de afastamento. (1)

Relatório recente, publicado pela empresa Howden Insurance Brokers Ltd, estima que, na temporada 2023/24, as cinco principais ligas europeias de futebol (Premier League, La Liga, Bundesliga, Serie A e Ligue 1) acumularam cerca de €732 milhões (R\$ 4.026.000.000 na cotação do dia 27/04/2026) em salários pagos a jogadores lesionados, sendo a Premier League responsável por aproximadamente €318 milhões (R\$ 1.749.000.000 na cotação do dia 27/04/2026) desse montante. Somente nesse período, foram registradas mais de quatro mil lesões, evidenciando a magnitude do problema. (2) Já levantamentos mais recentes, da temporada 2024/25, registraram aproximadamente 4.456 ocorrências de lesões, com um custo total para cerca de €676,14 milhões (R\$ 3.718.770.000 na cotação do dia 27/04/2026). (3) No Brasil, embora não exista um levantamento consolidado de toda a Série A, estudos prospectivos têm demonstrado prejuízos igualmente expressivos em clubes isolados. Em um exemplo recente, o impacto financeiro estimado das lesões de isquiotibiais em uma equipe de elite brasileira chegou a US\$ 43,2 milhões (R\$ 224.640.000 na cotação do dia 27/04/2026) em uma única temporada. (4)

Considerando esse cenário, há crescente interesse em marcadores fisiológicos capazes de auxiliar na prevenção, monitoramento e recuperação de atletas lesionados. A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem sido estudada há muitos anos, tendo um crescente interesse em seus mecanismos, utilidade e compreensão. Historicamente, esse interesse iniciou em 1965, quando Hon e Lee demonstraram a aplicação clínica bem definida da VFC na área de monitorização do sofrimento fetal. Em 1977, Wolf *et al.* mostraram associação entre a VFC diminuída e maior risco de mortalidade após infarto agudo do miocárdio e Kleiger *et al.*, em 1987, confiaram que a VFC era um potente e independente preditor de mortalidade após infarto agudo do miocárdio. (5) De acordo com o Tratado de Fisiologia Médica de Guyton & Hall – 2021 e Meneghetti, *et al* (2020), a variabilidade

da frequência cardíaca (VFC) é baseada no equilíbrio das atividades parassimpáticas e simpáticas sobre o nó sinoatrial (SA). Quando a VFC está alta, indica predominância da atividade do nervo vago, já quando os valores estão reduzidos, mostra uma maior atividade simpática. Esse equilíbrio autonômico apresenta relação direta com os processos inflamatórios, já que nessas situações de inflamação, mediadores químicos como interleucinas (IL-1 e IL-6), e o fator de necrose (TNF- α), atuam no hipotálamo e os centros bulbares, que ajuda na ativação do sistema simpático e essa resposta ajuda na defesa do organismo, resultando na aceleração da frequência cardíaca, maior pressão arterial e diminuição da VFC. Entretanto, o sistema parassimpático, por meio do nervo vago, exerce um papel regulador sobre a inflamação, contribuindo para a manutenção do equilíbrio autonômico refletido pela VFC. Quando a acetilcolina (ACh) é liberada pelas terminações vagais ela interage com os receptores nicotínicos ($\alpha 7$) em células do sistema imune, como os macrófagos, que consecutivamente inibem a produção de citocinas pró-inflamatórias. Sendo assim, uma boa VFC é resultado de um equilíbrio autonômico e de um tônus vago preservado, o que está associado a uma resposta inflamatória controlada. Em resumo, a VFC pode ser considerada um marcador neuroimunológico, pois sua diminuição está ligada a uma maior atividade inflamatória e sua elevação é sinal de uma maior ação moduladora do parassimpático, para conter uma inflamação excessiva. (6,16)

O coração não possui batimentos de forma absolutamente regular, portanto, as alterações da frequência cardíaca, definidas como VFC, estão dentro da normalidade e indicam a habilidade do coração a responder a diversos estímulos fisiológicos e ambientais, como: respiração, exercícios físicos, estresse psicológico e variáveis hemodinâmicas e metabólicas, também em compensar desordens induzidas por doenças. Nesse contexto, a análise da VFC pode ser realizada por diferentes métodos, sendo tradicionalmente dividida em domínio do tempo, domínio da frequência e métodos não lineares. (5) No domínio do tempo, destacam-se índices como o RMSSD, relacionado à atividade parassimpática, e o SDNN, que representa a variabilidade global. No domínio da frequência, a análise espectral permite identificar componentes como a alta frequência (HF), associada à modulação vago, e a baixa frequência (LF), que reflete a interação entre os sistemas simpático e parassimpático, sendo a razão LF/HF utilizada como um

indicador do balanço autonômico. Já os métodos não lineares avaliam a complexidade do sistema cardiovascular, fornecendo informações adicionais sobre a dinâmica dos intervalos RR. (5)

A VFC descreve as oscilações dos intervalos entre os batimentos cardíacos consecutivos, chamado de “intervalos R-R”, que são um reflexo do sistema nervoso autônomo sobre o nódulo sinusal, configurando-se como sendo uma medida não invasiva que pode ser usada para identificar fenômenos relacionados ao Sistema Nervoso Autônomo (SNA) em indivíduos saudáveis, atletas e portadores de doenças. (5)

Dessa forma, investigar a associação entre VFC, processos inflamatórios e ocorrência de lesões musculoesqueléticas em atletas de futebol pode oferecer novas perspectivas para estratégias preventivas e de manejo, contribuindo tanto para a preservação da saúde dos jogadores quanto para a redução de impactos econômicos significativos aos clubes.

Apesar do crescente interesse em monitorar a VFC como reflexo do controle autonômico e da resposta inflamatória, ainda há uma lacuna na literatura quanto à sua aplicação específica para predição do retorno ao esporte e prevenção de lesões musculoesqueléticas em atletas de futebol. Estudos já demonstraram associações inversas entre VFC e marcadores inflamatórios como Proteína C reativa (PCR) e Interleucina 6 (IL-6) em contextos clínicos gerais, sugerindo que menores valores de VFC-índices refletem maior atividade inflamatória. (7) No entanto, poucos estudos abordam como essa relação se aplica ao cenário de atletas com lesões musculoesqueléticas, o que justifica a realização deste estudo para investigar se a VFC pode funcionar como marcador neuroimunológico e auxiliar no manejo de retorno ao esporte, oferecendo um novo caminho tanto para a preservação da saúde dos atletas quanto para redução de impactos econômicos nos clubes, pensando em uma técnica não invasiva de fácil utilização e abrangente, justifica-se, portanto, a investigação do tema no contexto da reabilitação esportiva.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar, por meio de uma revisão de literatura, as evidências sobre a aplicabilidade da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) como ferramenta de monitoramento fisiológico no processo de recuperação e retorno ao esporte em jogadores de futebol com lesões musculoesqueléticas.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Avaliar os índices de variabilidade da frequência cardíaca durante o processo de reabilitação de atletas com lesões musculoesqueléticas.
- Analisar o comportamento da VFC em diferentes fases do processo de recuperação e retorno ao esporte.
- Investigar a associação entre alterações da VFC e o estado fisiológico dos atletas.
- Identificar os métodos de avaliação da VFC utilizados na literatura.
- Avaliar o potencial da VFC como ferramenta no monitoramento da recuperação esportiva.

3 METODOLOGIA

O estudo trata de uma revisão integrativa de literatura, com objetivo de analisar e sintetizar evidências sobre o uso da variabilidade da frequência cardíaca como marcador para o retorno às atividades pós-lesão musculoesqueléticas em jogadores de futebol. A pergunta que norteou a pesquisa foi: O monitoramento da VFC pode acelerar o retorno ao esporte e contribuir para a prevenção de novas lesões em jogadores de futebol?

A estratégia foi conduzida a partir de materiais publicados sobre o tema: artigos científicos nos seguintes bancos de dados: PubMed e SciELO. Realizada a seleção dos artigos a partir dos descritores em português e inglês, catalogados no DeCS (Descritores em Ciências da saúde) e MeSH (Medical Subject Headings), sendo eles: Variabilidade da Frequência Cardíaca (*Heart Rate Variability*); Futebol (*Soccer*); Esportes (*Sports*); Atletas (*Athletes*); Lesões (*Injuries*) e Lesões Musculoesqueléticas (*Musculoskeletal Injuries*). Utilizando dos seguintes operadores booleanos: “and” e “or”.

A estratégia de busca foi estruturada a partir da combinação dos descritores com operadores booleanos, como: (“heart rate variability” OR “variabilidade da frequência cardíaca”) AND (“soccer” OR “football”) AND (“musculoskeletal injuries”).

Onde foram encontrados 215 artigos e excluídos 207 por não atenderem os critérios de inclusão e apenas 8 foram incluídos para utilização do estudo.

Critérios para inclusão

Artigos nacionais e internacionais; Artigos publicados na íntegra; Artigos publicados nos últimos 10 anos (2015 a 2025); Artigos disponíveis gratuitamente online; Artigos na língua portuguesa e inglesa; Artigos referentes ao tema e objetivos propostos.

Critérios de exclusão

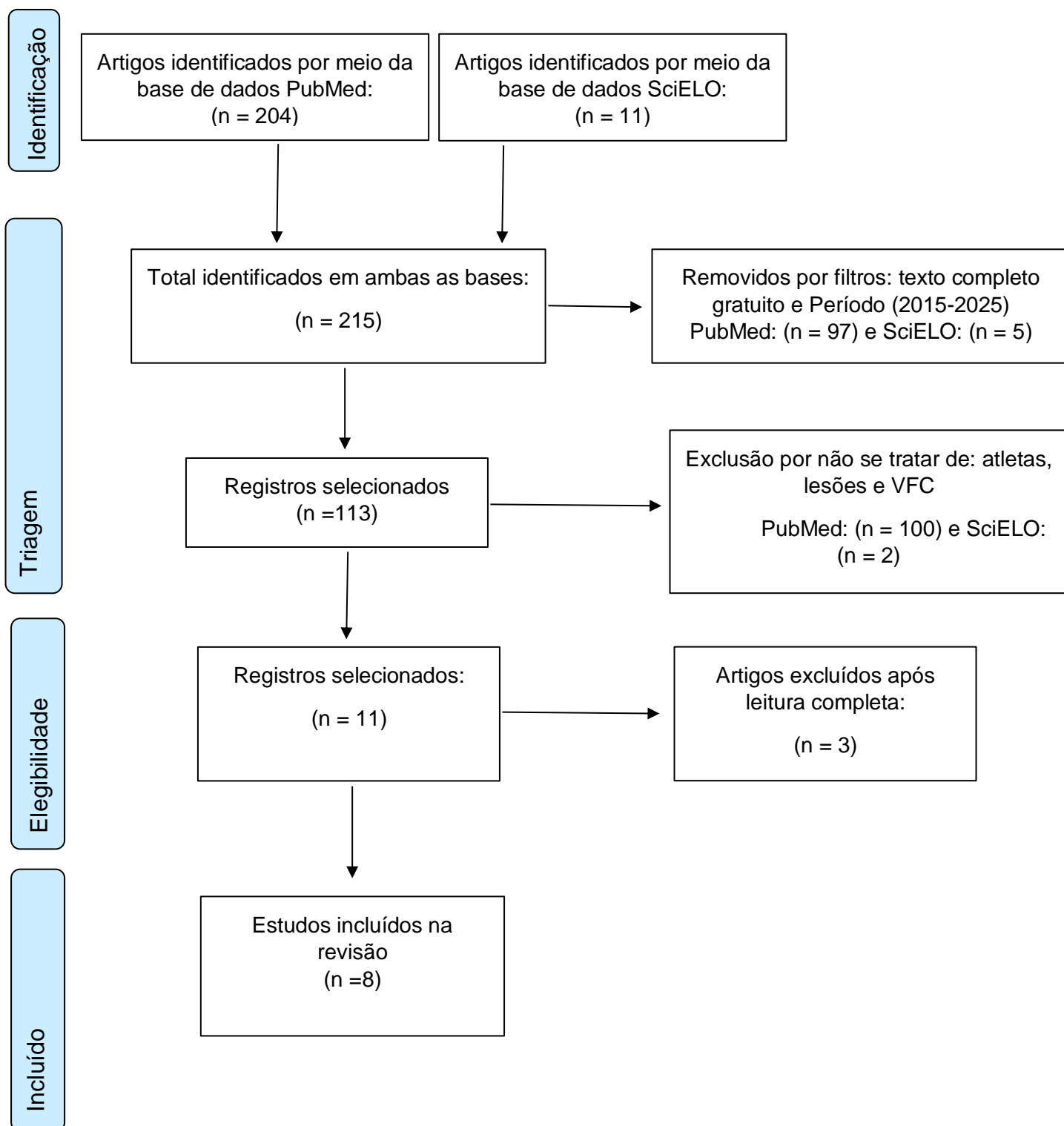
Trabalhos de conclusão de curso; Estudo de caso; Monografias; Artigos duplicados; Artigos com mais de 10 anos de publicação; Artigo sem texto completo gratuito; Artigos que não estão relacionados a lesões musculoesqueléticas; Artigos que tratavam somente de VFC; Artigos não relacionados ao futebol.

Tipo de estudo

O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa da literatura realizada por meio de uma pesquisa bibliográfica. A escolha desse método oportuniza um embasamento científico que permitiu, através das pesquisas realizadas, compreender e verificar a eficácia da Variabilidade da frequência cardíaca no retorno de lesões musculoesqueléticas no futebol, tendo como benefício permitir a síntese de estudos publicados o que possibilitou maior entendimento e conclusão sobre o objeto do estudo.

Foram encontrados 215 artigos seguindo os descritores anteriormente citados. A triagem inicial excluiu 207 registros após passar pelos critérios não aplicáveis, restando apenas 11 artigos para leitura de resumo. Após leitura do texto completo foi realizada uma revisão dos critérios de inclusão e exclusão que resultou na seleção final de 08 artigos, segue abaixo o fluxograma e a tabela com os artigos encontrados:

Figura 1 – Diagrama de fluxo do processo de inclusão dos estudos



Fonte: O autor (2026)

4 RESULTADOS

Tabela 1 – Resultados e informações sobre os artigos.

Autor	Tipo de estudo	Objetivo/ Público	Abordagem	Resultados
<p>Rodrigues Júnior J.F.C. et al., 2021 (8).</p>	<p>Estudo longitudinal observacional</p>	<p>Investigar o comportamento da VFC ao longo de um período de pré-temporada em jogadores de futebol, analisando sua relação com a carga de treinamento. 8 jogadores futebol profissional (17 ± 1 anos).</p>	<p>Registro dos intervalos RR em repouso e análise da VFC (domínio do tempo e da frequência) em 4 dias de avaliação durante os 21 dias de pré-temporada.</p>	<p>Não houve diferença significativa na VFC ao longo das quatro avaliações ($p > 0,05$). A VFC não mudou significativamente, mas mostrou tendência de acompanhar mudanças na carga de treino.</p>
<p>Vargas W, Rigatto K., 2020 (9).</p>	<p>Estudo transversal comparativo</p>	<p>Comparar a modulação autonômica cardíaca, a função endotelial e o consumo máximo de oxigênio em jovens jogadores de futebol com e sem história familiar de hipertensão. 46 jovens jogadores de futebol (idade de 18 ± 2 anos) Divididos em dois grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Com história familiar de hipertensão • Sem história familiar de hipertensão 	<p>Registro dos intervalos RR e análise da VFC.</p>	<p>Os atletas com história familiar de hipertensão apresentaram alterações autonômicas e redução da modulação parassimpática.</p>

Fonte: Autor (2026)

Tabela 1 (Continuação) - Resultados e informações sobre os artigos.

Autor	Tipo de estudo	Objetivo/ Público	Abordagem	Resultados
Vaz M.S.; Ribeiro Y.S.; Pinheiro E.S.; Del Vecchio F.B., 2019 (10).	Estudo observacional correlacional	Correlacionar variáveis psicofisiológicas, incluindo a variabilidade da frequência cardíaca, com o desempenho técnico em jogadores de futebol. 15 jogadores de futebol (idade não informada).	Foram coletados os dados de VFC após 2 partidas de futebol.	A VFC não apresentou associação significativa com desempenho técnico imediato.
Marques Neto S.R et al., 2019 (11)	Estudo experimental	Identificar o limiar fisiológico baseado na cinética da frequência cardíaca durante exercício progressivo máximo em jogadores de futebol. 26 jogadores de futebol (idade não informada).	Protocolo Bruce em Esteira ergométrica motorizada, coletadas variáveis dentre elas as de VFC.	A VFC demonstrou sensibilidade para identificar mudanças autonômicas ao longo do exercício progressivo, estando associada à fadiga cardiorrespiratória e à transição metabólica.
Lipka A.; Luthardt C.; Tognaccioli T.; Cairo B.; Abreu R.M., 2025 (12).	Revisão sistemática	Determinar a associação entre parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca e indicadores de sobretraining em jogadores de futebol. Atletas de futebol avaliados em (19) múltiplos estudos (idade ≥ 18 anos, média geral de 23,2 anos).	Revisão sistemática conduzida conforme as diretrizes PRISMA, com busca em bases de dados científicas e análise de estudos que investigaram a relação entre parâmetros da VFC e o estado de overtraining em jogadores de futebol.	A VFC reduz antes do aparecimento dos sintomas de overtraining. Portanto, pode ser usada para monitoramento preventivo da carga de treino.

Fonte: Autor (2026)

Tabela 1 (Continuação) - Resultados e informações sobre os artigos.

Autor	Tipo de estudo	Objetivo/ Público	Abordagem	Resultados
Flores G. et al., 2024 (13).	Estudo observacional longitudinal	Analisar as adaptações do sistema nervoso autônomo após lesão musculoesquelética, por meio da avaliação da variabilidade da frequência cardíaca em jogadores de futebol. 18 atletas de futebol em reabilitação (idade de 21 a 33 anos).	Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca em repouso por meio do registro dos intervalos RR, com monitoramento longitudinal da modulação autonômica durante o processo de reabilitação pós-lesão.	Após lesão musculoesquelética: <ul style="list-style-type: none"> • redução da modulação parassimpática e aumento da atividade simpática. Durante a recuperação: <ul style="list-style-type: none"> • VFC aumentou progressivamente.
Smirl J.D. et al., 2022 (14).	Estudo experimental preliminar	Investigar os efeitos agudos de sessões repetitivas de cabeceios no futebol sobre a variabilidade da frequência cardíaca e a função autonômica. 7 jogadores de futebol universitários (idade de 24,1 ± 1,5 anos).	A VFC foi avaliada antes e após cada condição por meio de ECG e fotopletismografia.	Cabeceios controlados não alteraram a modulação autonômica cardíaca no curto prazo.
Perrotta A.S. et al., 2024 (15).	Estudo longitudinal (2 anos)	Examinar as adaptações fisiológicas, antropométricas e de desempenho atlético após um período de pré-temporada em jogadoras de futebol, incluindo alterações na variabilidade da frequência cardíaca. 14 jogadoras universitárias (idade não informada).	1 mês de pré-temporada – analisadas variáveis incluindo VFC	Durante a pré-temporada ocorreu: <ul style="list-style-type: none"> • aumento do RMSSD • melhora da modulação parassimpática. Isso indica adaptação positiva ao treinamento.

Fonte: Autor (2026)

5 DISCUSSÃO

A análise dos resultados apresentados permite a discussão sobre a VFC como marcador de retorno ao esporte em lesões musculoesqueléticas em jogadores de futebol, mostrando tanto seu potencial quanto suas limitações quando utilizada de forma isolada. (8,10–12,15)

VFC como marcador do equilíbrio autonômico

A VFC representa um marcador indireto do equilíbrio autonômico, mostrando a interação entre os sistemas simpático e parassimpático. Os índices como RMSSD e HF são associados à atividade vagal, enquanto a razão LF/HF indica predominância simpática. De acordo com os resultados, observa-se uma consistência importante em situações de estresse fisiológico, como: fadiga, overtraining e lesão. Estão associadas à redução da modulação parassimpática, evidenciada pela diminuição do RMSSD e do componente HF. (12,13,15)

Especificamente em lesões musculoesqueléticas, os resultados do estudo longitudinal com atletas em reabilitação mostrou uma redução significativa da VFC após a lesão, junto do aumento da atividade simpática e elevação do LF/HF, indicando um estresse fisiológico sistêmico. Isso sugere que a lesão não é apenas um evento local, mas uma resposta neuroautonômica global, possivelmente mediada por dor, inflamação e redução da carga de treino. À medida que o processo de recuperação evolui, observa-se o aumento progressivo da VFC, principalmente do RMSSD, indicando restauração do tônus vagal e, conseqüentemente, melhora da homeostase fisiológica. (13)

Esse padrão torna a VFC um marcador de retorno ao esporte, pois sugere que o organismo está recuperando o equilíbrio entre os sistemas simpáticos e parassimpáticos. Nesse sentido, um atleta que apresenta restauração dos valores basais de RMSSD pode estar mais próximo de um estado fisiológico compatível com o retorno à prática esportiva. (13,15)

Overtraining

Outros estudos analisados demonstram limitações importantes da VFC. Como no estudo de pré-temporada com jogadores profissionais, não caracterizados como atletas em reabilitação por lesão musculoesquelética, por exemplo, não foram

encontradas diferenças significativas na VFC ao longo das avaliações, mesmo com variações na carga de treinamento. Isso indica que a VFC pode não ser suficientemente sensível para detectar mudanças agudas ou de curto prazo, especialmente em amostras pequenas ou em atletas bem treinados, que apresentam maior estabilidade autonômica. De maneira parecida, a ausência de correlação entre VFC e desempenho técnico sugere que a VFC não deve ser utilizada como marcador isolado de performance funcional. (8,10)

Porém, quando analisada em maior estresse fisiológico, como no overtraining, a VFC demonstra maior sensibilidade. A revisão sistemática evidencia que reduções na VFC precedem sintomas clínicos de overtraining, caracterizando-a como um marcador precoce de desequilíbrio autonômico. Esse achado é relevante para o retorno ao esporte, reforçando sua utilidade no acompanhamento contínuo do atleta ao longo da recuperação. (12)

Influência dos antecedentes pessoais

Outro aspecto relevante refere-se à influência de fatores individuais na VFC. O estudo com jogadores com história familiar de hipertensão mostrou que, mesmo em atletas jovens, há redução da modulação parassimpática e aumento da atividade simpática basal. Isso mostra que a interpretação da VFC deve considerar características individuais, evitando comparações entre atletas e priorizando análises individuais ao longo do tempo. (9)

Os dados apresentados, relacionados ao uso da VFC na identificação de limiares fisiológicos durante o exercício indicam que esse marcador é capaz de acompanhar alterações metabólicas e respostas associadas à fadiga cardiorrespiratória, como observado na determinação do Heart Rate Threshold (HRT). Esse aspecto amplia sua aplicabilidade no retorno ao esporte, permitindo integrar a avaliação autonômica com a capacidade funcional do atleta, especialmente durante a progressão da carga de treino. (11)

Adicionalmente, fatores externos como sono, estresse psicológico e estado nutricional, bem como diferenças no nível competitivo dos atletas, podem influenciar os resultados e não foram controlados de forma consistente entre os estudos (8,10,12,15).

Diferentes estímulos de treinamento esportivo

Observa-se que nem todos os estímulos esportivos alteram a VFC. O estudo sobre cabeceios repetidos não encontrou alterações significativas nos valores autonômicos, sugerindo que a VFC responde predominantemente a estressores fisiológicos sistêmicos, e não necessariamente a estímulos mecânicos isolados de baixa magnitude. Isso reforça que sua utilidade está mais relacionada ao monitoramento global do organismo. (14)

Em contrapartida, durante períodos de adaptação positiva ao treinamento, como na pré-temporada de jogadoras universitárias, houve aumento do RMSSD, indicando melhora da modulação vagal, decorrente de um programa estruturado com treinamento físico (resistência aeróbica, força e potência) e técnico (exercícios com bola e situações de jogo), com progressão de carga ao longo do período. Um comportamento oposto ao observado em lesões e overtraining, consolidando a ideia de que a VFC acompanha o estado adaptativo do atleta. (15)

Esses achados estão em concordância com outros estudos incluídos nesta revisão, que analisaram a VFC em diferentes contextos do futebol, como períodos de pré-temporada, respostas a estímulos específicos e processos de reabilitação. De forma geral, observa-se que a VFC tende a refletir o equilíbrio entre estresse fisiológico e adaptação ao treinamento, mostrando sua utilidade no acompanhamento contínuo das respostas fisiológicas dos atletas. (8–15)

Diante de todas as evidências, pode-se propor um modelo interpretativo da VFC no contexto do retorno ao esporte:

- Fase pós-lesão imediata: redução da VFC (\downarrow RMSSD, \uparrow LF/HF)
- Fase de reabilitação: aumento progressivo da VFC
- Fase de retorno ao treino: estabilização ou aumento da modulação vagal
- Fase de sobrecarga inadequada: redução da VFC

Esse modelo sugere que a VFC pode atuar como um biomarcador dinâmico de recuperação, refletindo o equilíbrio entre estresse e adaptação. (12,13,15)

Esse comportamento dinâmico da VFC também é descrito na literatura recente em diferentes populações de atletas, reforçando sua utilidade como indicador sensível

às variações fisiológicas relacionadas à carga de treinamento, recuperação e retorno ao esporte (8–15).

Entretanto, é importante destacar que a VFC não deve ser utilizada de forma isolada para tomada de decisão clínica. Os próprios estudos utilizados nessa discussão indicam que marcadores como creatina quinase, percepção subjetiva de esforço (POMS/DALDA) e desempenho funcional podem ser mais sensíveis em determinados contextos. (10,12)

Do ponto de vista clínico, especialmente na reabilitação de atletas de futebol, a VFC pode ser integrada a outros parâmetros, como:

- testes funcionais
- avaliação de dor e amplitude de movimento
- marcadores bioquímicos (CK)
- carga interna e externa de treinamento

Quando associada a outros parâmetros clínicos e funcionais, a VFC pode auxiliar de maneira mais segura e individualizada no acompanhamento da recuperação e do retorno do atleta ao esporte. (10–12)

6 CONCLUSÃO

Com base nos estudos analisados, foi possível observar que a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) pode ser uma ferramenta útil para acompanhar as respostas fisiológicas de jogadores de futebol, especialmente por refletir mudanças relacionadas ao estresse, à recuperação e à adaptação ao treinamento. No entanto, os resultados devem ser interpretados com cautela, pois os estudos apresentam diferenças importantes em relação às características dos atletas avaliados, aos métodos utilizados e aos momentos em que as coletas foram realizadas.

Só que nem todos os trabalhos incluíram atletas lesionados, o que limita a aplicação direta dos resultados ao contexto de retorno ao esporte após lesões musculoesqueléticas. Além disso, fatores individuais, como nível competitivo, histórico esportivo e características próprias de cada atleta, podem influenciar o comportamento da VFC, reforçando a necessidade de um acompanhamento individualizado.

Mesmo diante dessas limitações, os achados sugerem que a VFC pode contribuir para o monitoramento da recuperação autonômica ao longo do processo de reabilitação, principalmente quando analisada de forma contínua. Sua maior utilidade parece estar na identificação de padrões de recuperação, fadiga e adaptação ao treinamento, e não em avaliações isoladas.

Com isso, a VFC não deve ser utilizada como único critério para determinar o retorno ao esporte. Quando associada a outros indicadores clínicos e funcionais, como testes físicos, percepção de dor, controle da carga de treinamento e marcadores fisiológicos, ela pode fornecer informações relevantes para o acompanhamento do atleta. Por fim, novos estudos com metodologias mais padronizadas e acompanhamento longitudinal ainda são necessários para ampliar o conhecimento sobre sua aplicação na reabilitação esportiva.

REFERÊNCIAS

1. Gimigliano F, et al. Epidemiology of musculoskeletal injuries in adult athletes: a scoping review. *Medicina (Kaunas)*. 2021;57(10):1118. doi:10.3390/medicina57101118.
2. Howden Insurance Brokers Ltd. Men's European Football Injury Index 2023/24. London: Howden Group Holdings; 2024. Disponível em: https://www.howdengroupholdings.com/sites/default/files/2024-10/Howden%20Insurance%20Brokers%20Ltd%20-%20Men%27s%20European%20football%20injury%20index%202023_24.pdf. Acesso em: 03 de. Ago 2025.
3. Howden Insurance Brokers Ltd. Men's European Football Injury Index 2024/25. London: Howden; 2025. Disponível em: <https://www.howdengroup.com/de-en/202425-mens-european-football-injury-index>. Acesso em: 27 de. abr 2026.
4. Oliveira-Junior O, et al. Potential financial loss and risk factors for hamstring muscle injuries in elite male Brazilian soccer players: a season-long prospective cohort pilot study. *Front Sports Act Living*. 2024;6:1360452. doi:10.3389/fspor.2024.1360452.
5. Vanderlei LCM, et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2009;24(2):205–17. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/7036>. Acesso em: 17 de. Dez 2025.

6. Guyton AC, Hall JE. Tratado de fisiologia médica. 14th ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2021.
7. Singh, N. et al. Heart rate variability: an important physiological marker of inflammation and cardiovascular autonomic function. *Indian Heart Journal*, 2019;57(1):1-6. DOI: 10.1016/j.ihj.2019.03.003. Acesso em: 30 de. Ago 2025.
8. Rodrigues Júnior JFC, Dias-Filho CAA, Oliveira Júnior MS de, Sen C da S, Ferreira AC, Mendes TT, et al.. Effects of soccer training during preseason on physical and physiological variables in youth soccer players. *Motriz: rev educ fis* [Internet]. 2021;27:e1021000921. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1980-65742021000921>. Acesso em: 30 de. Ago 2025.
9. Vargas W, Rigatto K. História Familiar de Hipertensão Prejudica o Balanço Autonômico, mas não a Função Endotelial em Jovens Jogadores de Futebol. *Arq Bras Cardiol*. 2020Jul;115(1):52–8. Disponível em: <https://doi.org/10.36660/abc.20180441>.
10. Vaz MS, Ribeiro YS, Pinheiro ES, Del Vecchio FB. Psychophysiological profile and prediction equations for technical performance of football players. *Rev Bras Ciênc Esporte*. 2019Apr;41(2):215–21. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rbce.2018.04.009>.
11. Marques Neto SR, Lattari E, Gurgel A, Faleiro V, Machado S, Farinatti P, et al.. Determination of heart rate threshold from heart rate kinetics during maximal graded exercise in soccer players. *Rev bras cineantropom desempenho hum*. 2019;21:e57829. Acesso em: 30 de. Ago 2025.

12. Lipka A, Luthardt C, Tognaccioli T, Cairo B, Abreu RM. Heart rate variability and overtraining in soccer players: A systematic review. *Physiol Rep*. 2025 May;13(10):e70357. doi: 10.14814/phy2.70357. PMID: 40405528; PMCID: PMC12098969. Acesso em: 30 de. Ago 2025.
13. Flores G, Monteiro D, Silva F, Duarte-Mendes P. Heart rate variability activity in soccer athletes after a musculoskeletal injury. *J Rehabil Med*. 2024 Sep 10;56:jrm24969. doi: 10.2340/jrm.v56.24969. PMID: 39254380; PMCID: PMC11407110. Acesso em: 30 de. Ago 2025.
14. Smirl JD, Peacock D, Burma JS, Wright AD, Bouliane KJ, Dierijck J, van Donkelaar P. Repetitive bout of controlled soccer heading does not alter heart rate variability metrics: A preliminary investigation. *Front Neurol*. 2022 Nov 25;13:980938. doi: 10.3389/fneur.2022.980938. PMID: 36504654; PMCID: PMC9732532. Acesso em: 30 de. Ago 2025.
15. Perrotta AS, Day BD, Correa CJ, Scott AJ, Ramos J, Gnatiuk EA, Warburton DER. Physiological, anthropometric and athletic performance adaptations from completing a 1-month pre-season period. A two-year longitudinal study in female collegiate soccer players. *Front Sports Act Living*. 2024 Mar 11;6:1353129. doi: 10.3389/fspor.2024.1353129. PMID: 38529410; PMCID: PMC10961417. Acesso em: 30 de. Ago 2025.
16. Meneghetti HG, Souza GC de, Santos JGF, Morales M de SB, Martins RADM, Ferreira GD. O uso da análise da variabilidade da frequência cardíaca no monitoramento de lesões esportivas e sua influência sobre o balanço autonômico: uma revisão sistemática. *Fisioter Pesqui* [Internet]. 2021;28(3):291–8. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-2950/20022228032021>. Acesso em: 05 de. Mai 2026.