



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Douglas Rodrigues dos Santos

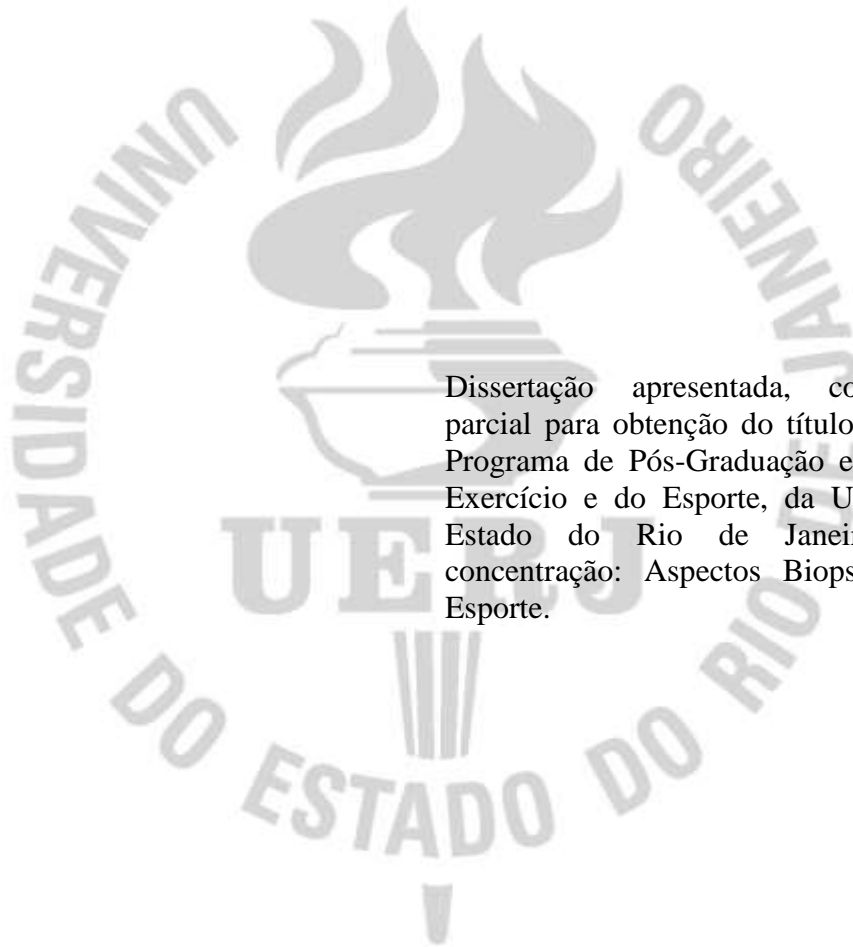
Biomarcadores de lesões musculares em atletas de elite do futebol brasileiro

Rio de Janeiro

2024

Douglas Rodrigues dos Santos

Biomarcadores de lesões musculares em atletas de elite do futebol brasileiro



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes

Rio de Janeiro

2024

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

S237 Santos, Douglas Rodrigues dos.
Biomarcadores de lesões musculares em atletas de elite do
futebol brasileiro / Douglas Rodrigues dos Santos. – 2024.
43 f : il.

Orientador: Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes.
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Jogadores de futebol – Ferimentos e lesões - Teses. 2. Lesões
no futebol – Teses. 3. Biomarcadores - Teses. 4. Aptidão física do
atleta – Teses. I. Nunes, Rodolfo de Alkmim Moreira, 1963-. II.
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação
Física e Desportos. III. Título.

CDU 796.332:616-001

Bibliotecária: Eliane de Almeida Prata CRB7 4578/94

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta
dissertação desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Douglas Rodrigues dos Santos

Biomarcadores de lesões musculares em atletas de elite do futebol brasileiro

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Esporte.

Aprovado em 05 de março de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes (Orientador)
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Prof. Dr. Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Prof. Dr. Luciano Alonso Valente dos Santos
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha querida família, que tanto admiro, pelo apoio e incentivo, aos meus professores e em especial ao professor Rodolfo e os amigos Leandro Lima e Silva e Yuri Rolim Lopes Silva.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente a minha família, aos meus pais, que fizeram de tudo para que eu pudesse ter uma boa educação e me apoiaram em tudo que eu me pré-dispus a fazer nesta vida;

Ao meu orientador Rodolfo Alkmim, que possibilitou a minha entrada no programa de mestrado e durante a realização desta pesquisa, que me auxiliou na investigação científica e sempre se mostrou muito solícito em cooperar com o trabalho. A Deus que sempre está no comando da minha vida me iluminando nas minhas conquistas.

Por fim, agradeço também, a todos aos amigos e colegas que tive a oportunidade de conhecer nesse caminho do mestrado.

RESUMO

SANTOS, Douglas Rodrigues dos. *Biomarcadores de lesões musculares em atletas de elite do futebol brasileiro*. 2024. 43 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e Esporte) - Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

Com a crescente demanda por melhores resultados em competições esportivas, os atletas de futebol em nível profissional são submetidos a treinos intensos e frequentes, além de jogos com alta exigência física. Para otimizar o desempenho e minimizar o risco de lesões, é importante monitorar a carga interna dos atletas. O monitoramento da carga interna pode ajudar a identificar o momento ideal para o treinamento de alta intensidade, minimizando o risco de lesões e fadiga excessiva. Este documento refere-se a pesquisa por meio da aplicação de ações metodológicas distintas. A primeira se refere a realização de uma revisão sistemática de acordo com a metodologia PRISMA para analisar as variáveis bioquímicas associadas a monitorar a carga interna no futebol. A segunda ação foi investigar o impacto dos marcadores bioquímicos creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH) e aspartato aminotransferase (AST) após partidas de futebol ao longo de uma temporada e associar com as lesões musculares em jogadores de futebol profissional, assinalando quando houver risco de lesão muscular e quando a lesão muscular estiver presente. Cabe ressaltar que a equipe analisada e a atual campeão da copa libertadores e participou de competições nacionais e internacionais, o que aumentou a relevância desta pesquisa, já que, trata-se de uma pesquisa experimental onde foram realizadas as avaliações antes da pré-temporada, após pré-temporada, após os jogos com 12h, 24h, 36h, 48h, 60h, 72h, e quando os atletas sofreram lesões musculares foram separados em um grupo durante o tratamento. Biomarcadores que foram analisados: CK, LDH, AST. Nos resultados da revisão foram incluídos 15 artigos de um total de 1258 achados na busca, os quais tiveram um espaço temporal de publicação entre 2008 e 2022, com uma amostra total de 287 atletas de futebol com níveis regionais, nacionais e internacionais. Em relação as análises bioquímicas, 50 diferentes biomarcadores foram analisados. Os resultados apresentados no artigo 2 foram de diferença significativa ($p < 0,05$) para CK e LDH após período de pré-temporada, aumento das concentrações de CK, LDH e AST 12h pós jogo, permanecendo elevado até 48h para CK e LDH e 36h para AST. Em conclusão, a revisão sistemática destacou a diversidade de biomarcadores investigados em estudos anteriores, indicando uma abordagem abrangente na avaliação da resposta bioquímica ao treinamento e competições, e no artigo 2, ao analisar especificamente os biomarcadores CK, LDH e AST apresentados na figura 1, 2 e 3, observamos variações significativas ao longo da temporada e após os jogos. Portanto, os achados deste estudo oferecem uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias de treinamento e monitoramento personalizadas, visando otimizar o desempenho esportivo e mitigar os riscos associados a lesões em atletas de futebol de alto nível.

Palavras-chave: futebol, controle de carga, lesão muscular, biomarcadores

ABSTRACT

SANTOS, Douglas Rodrigues dos. *Biomarkers of muscle injuries in elite brazilian football athletes*. 2024. 43 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e Esporte) - Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

With the growing demand for better results in sports competitions, professional football athletes are subjected to intense and frequent training, as well as games with high physical demands. To optimize performance and minimize the risk of injury, it is important to monitor athletes' internal load. Monitoring internal load can help identify the ideal time for high-intensity training, minimizing the risk of injury and excessive fatigue. This document refers to research through the application of different methodological actions. The first refers to carrying out a systematic review according to the PRISMA methodology to analyze the biochemical variables associated with monitoring internal load in football. The second action was to investigate the impact of the biochemical markers creatine kinase (CK), lactate dehydrogenase (LDH) and aspartate aminotransferase (AST) after football matches throughout a season and associate them with muscle injuries in professional football players, highlighting when there is a risk of muscle injury and when muscle injury is present. It is worth noting that the team analyzed is the current champion of the Copa Libertadores and participated in national and international competitions, which increased the relevance of this research, since it is an experimental research where evaluations were carried out before the pre-season, after pre-season, after games with 12h, 24h, 36h, 48h, 60h, 72h, and when the athletes suffered muscle injuries they were separated into a group during treatment. Biomarkers that were analyzed: CK, LDH, AST. The results of the review included 15 articles from a total of 1258 found in the search, which had a publication period between 2008 and 2022, with a total sample of 287 football athletes at regional, national and international levels. Regarding biochemical analyses, 50 different biomarkers were analyzed. The results presented in article 2 were of a significant difference ($p < 0.05$) for CK and LDH after the pre-season period, an increase in the concentrations of CK, LDH and AST 12h after the game, remaining elevated up to 48h for CK and LDH and 36h for AST. In conclusion, the systematic review highlighted the diversity of biomarkers investigated in previous studies, indicating a comprehensive approach in assessing the biochemical response to training and competitions, and in article 2, when specifically analyzing the biomarkers CK, LDH and AST presented in figure 1, 2 and 3, we observed significant variations throughout the season and after games. Therefore, the findings of this study provide a solid basis for developing personalized training and monitoring strategies to optimize sports performance and mitigate the risks associated with injuries in high-level soccer athletes.

Keywords: football, load control, muscle injury, biomarkers.

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO A DISSERTAÇÃO.....	8
1	ARTIGO 1 - RESPOSTA DE BIOMARCADORES A PARTIDAS DE FUTEBOL EM ATLETAS PROFISSIONAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	10
2	ARTIGO 2 - ACOMPANHAMENTO DE BIOMARCADORES PÓS PARTIDA EM UMA TEMPORADA DE UMA EQUIPE PROFISSIONAL DE FUTEBOL.....	28
	CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42
	ANEXO A – Comitê de ética em pesquisa	43

INTRODUÇÃO

A prática do futebol de campo exige intensa atividade física e pode levar a lesões musculares e ósseas, comprometendo o desempenho do atleta (Bezerra *et al.*, 2016). Nesse contexto, a busca pelo monitoramento das demandas fisiológicas e métodos para prevenção de lesões tornam-se cruciais. Uma abordagem de controle de carga a ser utilizada é o controle dos biomarcadores, que refletem as respostas do organismo ao estresse físico e metabólico (Fatouros *et al.*, 2010). A relação entre esses marcadores bioquímicos e as lesões no futebol de campo em nível profissional tem sido objeto de diversos estudos (Coppalle *et al.*, 2019; Osorio *et al.*, 2018).

A relação entre biomarcadores específicos e as demandas impostas durante a prática do futebol, com o objetivo de desenvolver estratégias de monitoramento personalizado para os atletas (Silva *et al.*, 2014). A compreensão do comportamento desses biomarcadores pode ter um papel importante na prevenção de lesões. Biomarcadores como a creatina quinase (CK), a lactato desidrogenase (LDH) e a aspartato aminotransferase (AST) têm sido utilizados como indicadores associados a lesões musculares no futebol de campo (Brancaccio *et al.*, 2010).

De acordo com Cascais *et al.* (2013), a mensuração da CK, LDH e AST é uma ferramenta importante para avaliar a magnitude da lesão muscular em atletas de alto nível. Além disso, a análise desses marcadores pode auxiliar na identificação precoce de lesões e, consequentemente, na implementação de medidas preventivas.

Para Coelho *et al.* (2011), o uso de marcadores bioquímicos pode auxiliar na detecção de lesões musculares em jogadores de futebol profissional, possibilitando intervenções precoces e diminuindo o tempo de recuperação. A mensuração desses marcadores pode contribuir para a identificação de fatores de risco e para o desenvolvimento de programas de prevenção de lesões.

Além das referências citadas anteriormente, outros estudos também têm explorado a relação entre os marcadores bioquímicos e as lesões musculares em atletas. Por exemplo, um estudo realizado por Lazarim *et al.* (2019) com jogadores de futebol de campo profissional encontrou uma correlação positiva entre o aumento dos níveis de CK e a gravidade da lesão muscular, indicando que a CK pode ser um bom indicador para estimar o tempo de recuperação.

Ascensão *et al.* (2008) avaliaram um painel de biomarcadores (incluindo CK, LDH, AST e mioglobina) em jogadores de futebol de campo profissional, observaram que a CK apresentou a melhor correlação com a extensão da lesão. Os autores destacaram a importância de se considerar os valores de referência para cada marcador, uma vez que variações individuais podem ocorrer.

Com o avançar da tecnologia usada na preparação física e na fisiologia, os treinamentos e os jogos são acompanhados na íntegra e a competitividade cada vez mais acirrada faz com que o atleta treine cada vez mais perto do seu limite ou até acima, levando ao aumento de lesões musculares e articulares. Dessa forma, destaca-se a importância de biomarcadores como ferramentas valiosas para avaliar a resposta individual ao estresse físico, identificar sinais precoces de fadiga e prever potenciais riscos de lesões. A relação entre os marcadores bioquímicos e as lesões musculares em atletas profissionais de futebol de campo ainda é um tema em constante evolução. A realização deste estudo proposto pode fornecer informações valiosas acerca do comportamento de biomarcadores a longo de uma temporada completa, dessa forma proporcionando tomadas de decisões mais assertivas na recuperação pós jogo e auxiliando no controle de carga de treinamento, contribuindo para o avanço do conhecimento científico sobre o tema.

Diante desse contexto, o presente estudo apresenta os seguintes objetivos: O primeiro refere-se analisar as variáveis bioquímicas associadas a monitorar a carga interna no futebol através de uma revisão sistemática. O segundo foi investigar o impacto dos marcadores bioquímicos CK, LDH e AST após partidas de futebol ao longo de uma temporada e associar com as lesões musculares em jogadores de futebol profissional, assinalando quando houver risco de lesão muscular e quando a lesão muscular estiver presente.

1 ARTIGO 1 – RESPOSTA DE BIOMARCADORES EM ATLETAS PROFISSIONAIS DE FUTEBOL APÓS OS JOGOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Douglas Rodrigues dos Santos^{1,2}, Yuri Rolim Lopes Silva^{1,2}, Rodrigo Gomes de Souza Vale^{1,2,3}, Leandro Lima e Silva^{1,2}, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes^{1,2}

¹Laboratório do Exercício e do Esporte (LABEES), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Brasil.

²Instituto de Educação Física e Desportos (IEFD), Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte (PPGCEE), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Brasil.

³ Universidade Estácio de Sá, Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo

Objetivo: o objetivo desta revisão sistemática foi analisar os estudos que investigaram os marcadores bioquímicos séricos usados para mensurar a carga interna em partidas futebol. **Método:** foi de acordo com as recomendações proposta para revisões sistemáticas PRISMA no qual foi realizada busca nas bases de dados SPORTDiscus, Scopus, MedLine (via PubMed), Lilacs (via BVS) Web of Science. **Resultados:** foram incluídos 15 artigos na revisão de um total 1258 identificados na busca, no qual tiveram um espaço temporal de publicação entre 2008 e 2022, com uma amostra total de 287 atletas de futebol com níveis regionais, nacionais e internacionais. Em relação as análises bioquímicas, 50 diferentes biomarcadores foram analisados, dentre elas, a CK foi o biomarcador mais utilizado pelos estudos, junto com LDH e AST. **Conclusão:** indica que as partidas de futebol têm impacto em diversos biomarcadores, incluindo aqueles relacionados ao dano muscular, resposta hematológica, variações hormonais, função imunológica e estresse oxidativo. A CK foi o biomarcador mais utilizado, por ter maior relação com a carga imposta pelo jogo para avaliar o dano muscular.

Palavras-chave: futebol; biomarcadores; carga interna

Abstract

Objective: the objective of this systematic review was to analyze studies that investigated serum biochemical markers used to measure internal load in football matches. **Method:** it was in accordance with the recommendations proposed for PRISMA systematic reviews, in which a search was carried out in the SPORTDiscus, Scopus, MedLine (via PubMed), Lilacs (via VHL) and Web of Science databases. **Results:** 15 articles were included in the review out of a total of 1258 identified in the search, which had a publication period between 2008 and 2022, with a total sample of 287 football athletes at regional, national and international levels. Regarding biochemical analyses, 50 different biomarkers were analyzed, among them, CK was the biomarker most used in studies, along with LDH and AST. **Conclusion:** indicates that football matches have an impact on several biomarkers, including those related to muscle damage, hematological response, hormonal variations, immune function and oxidative stress. CK was the most used biomarker, as it has a greater relationship with the load imposed by the game to assess muscle damage.

Keywords: football; biomarkers; internal load

Introdução

O futebol é um esporte amplamente praticado em todo o mundo e é caracterizado por intensas atividades físicas intermitentes, com alta exigência aeróbica e anaeróbica. Para otimizar o desempenho e minimizar o risco de lesões, é importante monitorar a carga interna dos atletas (Springham *et al.*, 2020). Neste quesito, monitorar a carga demandada nesta modalidade esportiva é relevante, já que o atleta de elite profissional moderno experimenta um calendário esportivo cada vez maior e congestionado, e isso é combinado com o aumento da carga de treinamento e competição (Schwellnus *et al.*, 2016)

É uma realidade no cotidiano esportivo de que a carga de treinamento, combinada com um cronograma de competição “sobrecarregado” ou “congestionado” expõe os atletas a uma dificuldade de se adaptar de maneira ideal à carga geral. Isso pode resultar em diminuição do desempenho e está associado a um aumento do risco de lesão (Ekstrand *et al.*, 2011).

Monitorar a carga interna no futebol não é uma tarefa fácil, já que, a associação entre as cargas externas e internas não é simples. A avaliação da carga interna pode ser definida como a resposta fisiológica do organismo a um determinado estímulo de treinamento, e pode ser influenciada por diversos fatores, como a intensidade, duração e tipo de exercício (Alves *et al.*, 2022). Além disso, a carga interna pode ser afetada por fatores externos, como o ambiente e a nutrição (McGlory *et al.*, 2017).

Os marcadores bioquímicos séricos são moléculas presentes no sangue que podem ser utilizados como indicadores do estado fisiológico do organismo (Anđelković *et al.*, 2015). A mensuração desses marcadores pode fornecer informações valiosas sobre a resposta do organismo ao treinamento e ao estresse físico (Kozioł *et al.*, 2020). No futebol, os marcadores bioquímicos têm sido utilizados para monitorar a fadiga muscular, o dano muscular, a inflamação e o estresse oxidativo (De Carvalho *et al.*, 2021; Akubat *et al.*, 2018).

De acordo com McLaren *et al.* (2018), o monitoramento da carga interna pode ajudar a identificar o momento ideal para o treinamento de alta intensidade, minimizando o risco de lesões e fadiga excessiva. Segundo Quintas *et al.* (2020), existe uma associação significativa entre a carga externa e o perfil metabólico analisado através da urina, com alteração das vias bioquímicas associadas à adaptação em longo prazo ao treinamento.

Diversos marcadores bioquímicos vêm sendo utilizados no futebol, dentre estes destacam-se a creatina quinase (CK), a mioglobina (Mb), o lactato desidrogenase (LDH), a proteína C reativa (PCR) e o malondialdeído (MDA) (Coppalle *et al.*, 2019). A avaliação

da carga interna no futebol de campo tem sido realizada por meio da análise dos marcadores bioquímicos antes e após as sessões de treinamento e competições. Além disso, a avaliação pode ser realizada em diferentes momentos do período de treinamento e competição, permitindo a análise do processo de adaptação dos atletas e a identificação de momentos de maior risco de lesões (Djaoui *et al.*, 2017). Alguns estudos têm mostrado que a mensuração dos marcadores bioquímicos pode ser útil na prevenção de lesões em jogadores de futebol. Por exemplo, um estudo conduzido por Bengtsson *et al.* (2013), demonstrou que a concentração de CK estava associada ao risco de lesões musculares em jogadores de futebol profissionais.

No entanto, é importante ressaltar que a avaliação da carga interna por meio dos marcadores bioquímicos não deve ser realizada isoladamente. Outros métodos, como a avaliação subjetiva da carga de treinamento, a monitoração da frequência cardíaca e o uso de dispositivos de monitoramento da atividade física devem ser utilizados em conjunto para fornecer uma avaliação mais completa da carga interna (O'Sullivan *et al.*, 2018; Bittencourt *et al.*, 2016).

Nesse contexto, o objetivo desta revisão sistemática é analisar os estudos que investigaram os marcadores bioquímicos usados para mensurar a carga interna em partidas futebol de campo, a fim de identificar as principais tendências e contribuições nessa área.

Métodos

Procedimentos

A presente revisão sistemática foi realizada de acordo com as recomendações proposta para revisões sistemáticas e metanálises da Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (Page *et al.*, 2021). Submetida e registrada na PROSPERO com o número de registro CRD492510. Foi realizada uma estratégia de busca nas bases de dados, SPORTDiscus, Scopus, MedLine (via PubMed), Lilacs (via BVS) Web of Science, sem filtro de datas, com a última busca efetuada no dia 09/05/2023.

Para a busca, foram utilizados descritores de acordo com DeCS e MASH, salientando que foram descartados os descritores que não tinham nenhuma afinidade e nem possibilidade de relação com o foco e objetivo da pesquisa, portanto, sendo utilizados as seguintes palavras-chave: *football, soccer, training load, workload, internal training load internal load, match, game, play, Biomarker, Biological Marker, Biologic Marker, Immune*

Marker, Serum Marker, Biochemical Marker, Laboratory Marker. Nas bases dados, operadores booleanos “OR” entre sinônimos e “AND” entre termos foram utilizados para a construção da frase de busca, no qual ficou estruturada da seguinte forma: (*"football"[Title/Abstract] OR "soccer"[Title/Abstract]*) AND (*"training load"[Title/Abstract] OR "workload"[Title/Abstract] OR "internal training load"[Title/Abstract] OR "internal load"[Title/Abstract] OR "match*"[Title/Abstract] OR "game*"[Title/Abstract] OR "play*"[Title/Abstract]*)) AND (*"Biomarker*"[Title/Abstract] OR "Biological Marker*"[Title/Abstract] OR "Biologic Marker*"[Title/Abstract] OR "Immune Marker*"[Title/Abstract] OR "Serum Marker*"[Title/Abstract] OR "Biochemical Marker*"[Title/Abstract] OR "Laboratory Marker*" OR[Title/Abstract]*), sendo utilizado filtro de busca em título e resumo em todas as bases dados.

Após a busca, os documentos encontrados foram enviados para uma biblioteca online chamada *endnote* compartilhada entre três pesquisadores, no qual foram excluídas as duplicadas. Em seguida, estes mesmos três pesquisadores realizaram a leitura de título e resumo para avaliar os critérios de inclusão. Após esta análise, os documentos restantes foram para leitura de texto completo. Posteriormente, os documentos que atenderam aos critérios de inclusão foram incluídos na revisão.

Como critério para inclusão, foram adotados de acordo com estratégia PECO: participantes P) estudos realizados com atletas masculinos profissionais de futebol; exposição E) uma ou mais partidas de futebol; controle C) não se aplica; resultados O) quantificaram algum tipo de marcador bioquímico como resposta. Já os critérios de exclusão adotados foram: a) artigos de revisão, tese ou dissertações e artigos em fase de submissão; b) artigos que não eram redigidos na língua inglesa, espanhola ou portuguesa.

Qualidade Metodológica

A qualidade metodológica foi avaliada com a ferramenta *Critical Appraisal Skills Programme* (CASP) (CASP, 2018), disponível em: <http://www.casp-uk.net/casp-tools-checklists>. A ferramenta CASP contém 12 perguntas para ser respondido com “sim”, “não” ou “não posso dizer”. Entre 10 e 12 “sim” respondidos será considerado de alta qualidade, sete a nove qualidade moderada e de zero a seis baixa qualidade, conforme recomendado por Smith *et al.* (2016). No intuito de se ter maior rigor na avaliação, a ferramenta foi elaborada para considerar algumas possibilidades de viés que pode conter em um artigo científico no contexto da pesquisa. Dessa forma, dois pesquisadores integrados com o tema do estudo,

realizaram a avaliação que podia afetar a qualidade dos artigos e um terceiro avaliador foi solicitado quando havia divergência durante a avaliação.

Extração dos dados

Dos estudos incluídos foram extraídos: número de participantes, nível de competitividade e características da amostra (idade, massa corporal, estatura e % de gordura) quando disponíveis, exposição, tipo de biomarcadores analisados e resultados encontrados.

Resultados

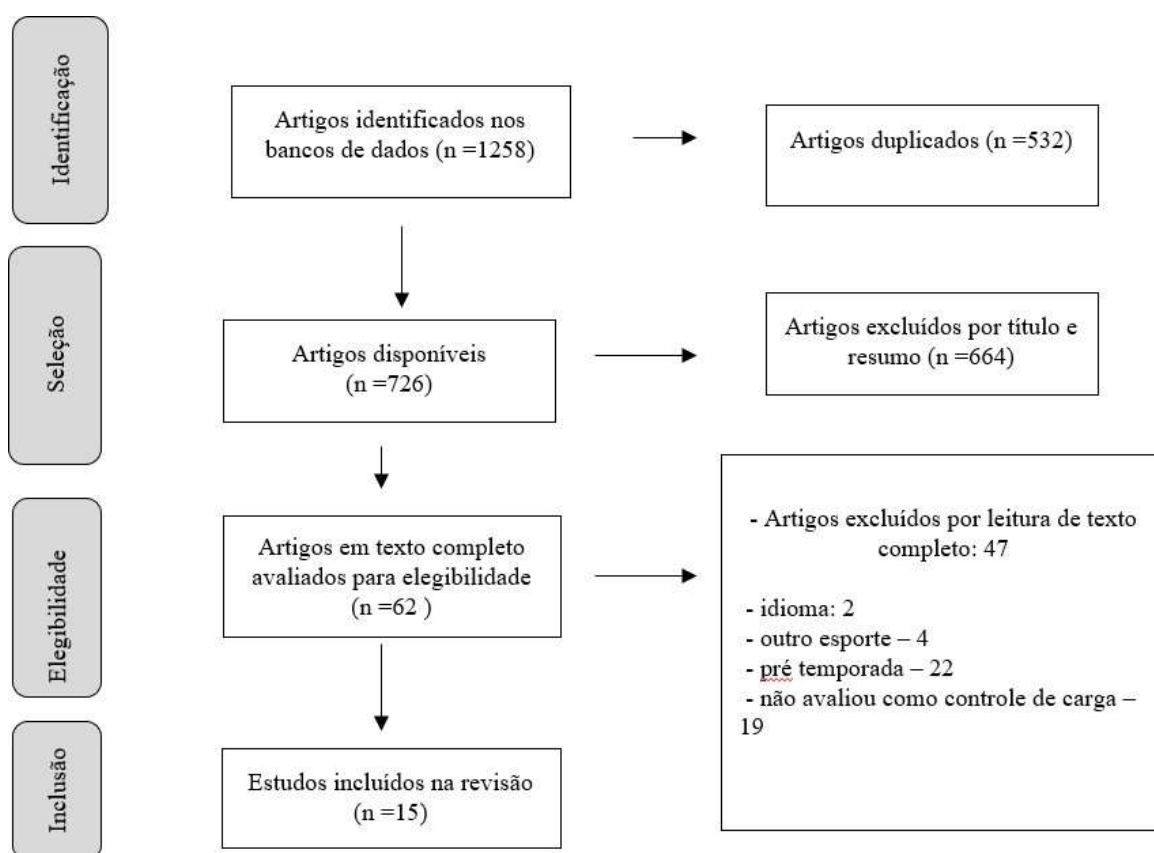


Figura1. Fluxograma do procedimento de seleção do estudo PRISMA.

Tabela 1. Extração de dados dos estudos incluídos

Autor/ano	Amostra	Exposição	Biomarcadores	Resultados
Ascensão <i>et al.</i> 2008	17 atletas; 21.3±1.1 anos; 70.7±6.3 kg; NN	uma partida de futebol competitiva (2 × 45 min), no qual foi realizada coleta de sangue antes e 30min, 24h, 48h e 72h após a partida.	CK, Mb, MDA, -SH, TAS, AU	Mb: significativamente maior 30min após comparada a pré. CK: significativamente maior em 30min, 24h, 48h e 72h comparado a pré MDA: significativamente maior em 30min, 24h, 48h e 72h comparado a pré -SH: significativamente menor em 30min, 24h, 48h comparada a pré TAS: significativamente maior 30min após comparada a pré AU: significativamente maior em 30min, 24h, 48h e 72h comparado a pré
Bezerra <i>et al.</i> 2014	GC= 15 atletas GE= 15 atletas; NR	GE= uma partida de 90 minutos (2x45min). GC= participou apenas das medições. As análises ocorreram pré-jogo e 24h pos jogo	CK, Fração Cardíaca da CK (CKMB), LDH e GGT	GE aumentou significativamente em 24h após jogo para CK, CKMB e LDH comparada a pré-jogo. GC ocorreu alteração significativamente menores para CKMB 24h pos a análise pre.
Bezerra <i>et al.</i> 2016	42 atletas; 25,7±4,6 anos; 75,8±6,36kg; NR	uma partida de 90 minutos (2x45min). Análises antes do jogo, após e ainda, em 24h, 48h e 72h	CK, LDH, AST, cortisol, testosterona e PCR, HGB, HCT, Eritrócitos, VCM, MCH, CHCM, Leucócitos, Neutrófilos, Eosinófilos, Monócitos e Linfocitos	Eritrócitos, HGB e HCT no período de 24 e 48 horas pós jogo. Os valores de leucócitos, neutrófilos e monócitos aumentaram significativamente após o jogo. Os valores de eosinófilos e linfócitos diminuíram após o jogo. foram verificados picos de elevação após os jogos para a LDH e 24 horas para a CK e AST. Os valores de PCR aumentaram após o jogo, com pico de concentração no período de 24 horas. As concentrações de Cortisol aumentaram significativamente após os jogos, em contrapartida, os níveis de testosterona diminuíram pos jogo.
Colombini <i>et al.</i> 2014	19 atletas; 26,5±3,7 anos; NN	uma partida de 90 minutos (2x45min). Análises antes e imediatamente após o jogo	HGB, HCT, VCM, MCH, CHCM, RBC, amônia, AU, uréia e creatinina	Valores maiores pós-jogo para RBC, HCT e HGB que os pré-jogo. Aumento nas concentrações de amônia e creatinina pós-jogo em comparação a pré-jogo. Observou-se redução da relação uréia/creatinina

Duarte <i>et al.</i> 2022	11 atletas; 29,26±4,52 anos, 178,95±6,42 cm, 77,32±7,24 kg; NI	3 partidas de 90 minutos (2x45min) com intervalo de 3 dias entre elas. Análises pre e após, 24h, 48h e 72h após cada jogo.	PCR	Os níveis de PCR aumentaram em 24h e 48h pós-cada jogo comparado a pré-jogo com pico a 24h pós jogo em cada jogo.
Fatouros <i>et al.</i> , 2010	30 atletas 20,3±0,3 anos, 75,4±3,1 kg, 177±1,3 cm GE: 20 atletas GC: 10 atletas; NN	GE: uma partida de 90 minutos (2x45min) GC: não realizou nenhuma atividade, participou apenas das medições. Análises pre e após, 24h, 48h e 72h	CK, AU, leucócitos, MDA, PC, GSH, GSSG, TAC, catalase, GPX	leucócitos para o GE aumentou em relação ao GC após e 24h pos jogo. O AU aumentou para GE em relação GC após, 24h e 48h pos jogo. A CK aumentou no GE após, 24h, 48 e 72h pos jogo, atingindo o pico 48h pos em relação ao GC. O PC aumentou para o GE após, 24h, 48h e 72h pos jogo em relação ao GC. MDA aumentou para o GE em relação ao GC após, 24h e 48h pos jogo. GSH diminuiu para o GE apenas em 24h pos jogo. Já o GSSG aumentou para o GE 24h e 48h pos jogo. TAC aumentou em 24h e 48h pos jogo para o GE em relação ao GC. catalase aumentou imediatamente após o jogo para o GE em relação o GC. A GPX aumentou em 24h e 48h para o GE em relação o GC.
García-Romero-Pérez <i>et al.</i> 2021	29 atletas; idade: 27,59±3,83 anos; 1,83±0,05 m; 80,16±7,45 kg; NI	partidas de 90 minutos (2x45min). Grupo Partidas múltiplas (PM) com intervalo entre as partidas < 4 dias e grupo partidas simples (PS) com intervalo entre as partidas. Análise pre e pos os jogos.	CK	Nenhuma diferença significativa foi encontrada para os valores de CK quando comparado PM e PS. jogadores que completaram mais de 60 minutos no jogo anterior tiveram níveis significativamente aumentados de CK pré-jogo em PM em comparação OS
Haller <i>et al.</i> 2019	22 jogadores; 24,2±2,9 anos; NI	partidas de 90 minutos (2x45min). A longo de 4 meses. Análises pre jogo (BL-1), um dia pos jogo (BL+1) e 2 ou mais dias pos jogo (BL+2/3)	DNA livre de células circulante (cfDNA)	As concentrações de cfDNA aumentou significativamente no BL+1 em comparação com BL-1. As concentrações cfDNA durante semanas com jogos múltiplos foram significativamente maiores em comparação com semanas de jogos únicos.

Ispirlidis <i>et al.</i> 2008	24 atletas; 20,1 ±0,8 anos; 1,78±0,08 m; 75,2±6,8 kg GE:14 GC:10	GE: realizou partida de futebol 90 minutos (2x45min) GC: não realizou atividade, apenas participou das medições. Análise pre e após, 24h,48h, 72h, 96h, 120h, 144h pos jogo	leucócitos, CK, LDH, PCR, cortisol, testosterona, citocinas (IL-6) e (IL-1b), TBARS, PC e AU	Leucócitos e PCR aumentaram após e 24h pos jogo no GE comparado ao GC. CK e LDH aumentaram após, 24h, com pico a 48h pos jogo, porém LDH diminuiu a partir de 96h e CK apenas em 120h pos jogo em relação ao GC. AU aumentou com 24h e permaneceu aumentado até 96h pos jogo. PC aumentou em 24h teve eu pico em 48h e permaneceu aumentado até 96h pos jogo. TBARS aumentou em após o jogo e permaneceu aumentado até 48h. cortisol e IL-6 aumentaram apenas após o jogo.
Jamurtas <i>et al.</i> , 2015	GC= 8 atletas; 22,2±1,3 anos; 75,7±4,4kg GE= 10 atletas; 22,8±1,8 anos; 76,3±5,2; NN	GE: uma partida de 90 minutos (2x45min). GC: apenas treinou e participou de alongamentos. As análises ocorreram pré-jogo e às 2h, 12h, 36h e 60h pós-jogo	CK, RBC, HGB, HCT, VCM, MCH, CHCM, RDW CV, RDW-SD, ferro, capacidade total de ligação de ferro (TIBC), saturação de transferrina (TS).	O GE obteve diferença significativamente maior para CK em 2h, 12h, 36h pós jogo comparado a pré-jogo. E comparado ao GC foi estatisticamente maior em 2h, 12h, 36h e 60h pos jogo. O GE obteve o ferro significativamente menor 2h pos jogo comparado ao pre e ao GC. TIBC foi maior estatisticamente para o GE em 36h e 60h pos jogo comparado a pré-jogo e ao GC.
Peñailillo <i>et al.</i> 2015	9 atletas; 26±3,5 anos, 177±3,7 cm e 74±6,1 kg; NI	partidas de 90 minutos (2x45min). Análise pre e 10min pos jogo.	concentrações salivares de cortisol, testosterona e imunoglobulina A (IgA)	Não houve alteração significativa no cortisol entre pre e pos jogo. A testosterona, IgA e a testosterona/cortisol diminuíram significativamente no pos jogo em relação ao pre.
Russell <i>et al.</i> 2015	14 atletas; NI	4 partidas de futebol de 90 minutos (2x45min). Realizadas entre os meses de novembro e janeiro. Análise pre e após, 24h e 48h pos jogo	CK	Houve aumento significativo da CK em 24h e 48h pos jogo em relação a pré-jogo em todas as partidas. Não foi observada diferença na CK entre as partidas.
Silva <i>et al.</i> 2013	7 atletas; 22-31anos; 172-191 cm;71-95 kg; 7-10,7 %G; NI	Uma partida de futebol de 90 minutos (2x45min). Análises realizada pre e 24h, 48h e 72h pos jogo.	Testosterona, cortisol, CK, -SH, SOD, GPX, redutase, Mb, PCR, AU, MDA e TAC	Cortisol, CK, SOD MDA e TAC aumentaram significativamente em 24h e 48h pos jogo em comparação ao pré-jogo. A relação testosterona/cortisol diminuiu significativamente em 24h e 48h pos jogo em comparação

				ao pré-jogo. Mb, PCR, GPX e -SH aumentaram significativamente em 24h pos jogo comparado a pré-jogo.
Thorpe <i>et al.</i> 2012	7 atletas; idade 25±6 anos; MC 75,3±4,6 kg; 179±6 cm; NR	Uma partida de futebol de 90 minutos (2x45min). Análises realizadas pre e após o jogo	Testosterona, cortisol, CK, Mb, imunoglobulina A G e M (IgA), (IgG) e (IgM)	CK, Mb, cortisol e testosterona aumentaram pos jogo comparado a pré-jogo
Viana-Gomes <i>et al.</i> 2018	8 atletas; 27,2±5,5 anos; NN	2 consecutivas partidas de futebol de 90 minutos (2x45min) com intervalado entre elas de 4 dias. Análises pre, pos primeiro jogo (PG1), 48hPG1, pos segundo jogo (PG2), (24hPG2) e (48hPG2).	CK, AST, ALT, GGT, LDH, TAC, AU, TBARS, PC, GSH e GSSG	O LDH e PC aumentaram no PG1 e PG2 comparado a pré-jogo. CK e GSSG aumentaram significativamente acima do nível do pré-jogo em todos os momentos analisados. AST, ALT e GSH aumentaram em 48hPG2 comparado a pré-jogo. GGT aumentou em PG2, 24hPG2 e 48hPG2 comparado ao pré-jogo. AU aumentou em 48hPG1, PG2 e 24hPG2 em plasma e diminuiu no 48hPG2 em saliva comparado ao pré-jogo. TBARS aumentou no 48hPG2 em plasma e aumentou no PG1 e PG2 comparado a pré-jogo em saliva comparado ao pré-jogo.

Legenda: CK: creatina quinase; Mb: mioglobina; MDA: malondialdeído; -SH: grupos sulfidrila; AU: ácido úrico; RBC: contagem de glóbulos vermelhos; HGB: hemoglobina; HCT: hematócrito; VCM: volume celular médio; MCH: hemoglobina celular média; CHCM: concentração média de hemoglobina celular; RDW CV: largura de distribuição de hemácias-CV; RDW-SD: largura de distribuição de glóbulos vermelhos; LDH: Lactato Desidrogenase; GGT: Gama-glutamil transpeptidase; AST: aspartato amino transferase; ALT: alanina transaminase; PCR: proteína C-reativa; PC: proteínas carboxilas; GSH: glutatona reduzida; GSSG: glutatona oxidada; TAC: capacidade antioxidante; GPX: glutatona peroxidase; TBARS: substâncias reativas ao ácido tioburbitúrico; SOD: superóxido dismutase; GC: grupo controle; Grupo experimental; NI: nível internacional; NN: nível nacional; NR: nível regional

Os estudos incluídos tiveram um espaço temporal de publicação entre 2008 e 2022, com uma amostra total de 287 atletas de futebol com níveis regionais, nacionais e internacionais. Desses estudos, 4 tiveram grupos controle totalizando 43 atletas. Em relação as análises bioquímicas, 51 diferentes biomarcadores foram analisados.

Tabela 2. Qualidade metodológica

Lista de verificação do CASP	1	2	3	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	12	Escore
					(a)	(b)	(a)	(b)							
Ascensão <i>et al.</i> , 2008	S	NI	S	S	S	S	S	S	S	NI	S	S	S	S	10
Bezerra <i>et al.</i> , 2014	S	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	S	NI	S	S	S	S	6
Bezerra <i>et al.</i> , 2016	S	NI	NI	S	NI	NI	S	S	S	NI	S	S	S	S	8
Colombini <i>et al.</i> , 2014	S	NI	S	S	S	S	S	S	S	NI	S	S	S	S	10
Duarte <i>et al.</i> , 2022	S	NI	NI	S	NI	NI	NI	NI	S	NI	S	S	S	S	7
Fatouros <i>et al.</i> , 2010	S	NI	S	S	S	S	S	S	S	NI	S	S	S	S	10
García-Romero-Perés <i>et al.</i> , 2021	S	NI	NI	S	NI	NI	S	S	S	S	S	S	S	S	9
Haller <i>et al.</i> , 2019	S	NI	NI	S	NI	NI	S	S	S	NI	S	S	S	S	8
Ispiridis <i>et al.</i> , 2008	S	NI	S	S	S	S	NI	NI	S	NI	S	S	S	S	9
Jamurtas <i>et al.</i> , 2015	S	S	S	S	S	S	S	S	S	NI	S	S	S	S	11
Peñailillo <i>et al.</i> , 2015	S	NI	NI	S	NI	NI	NI	NI	S	S	S	S	S	S	8
Russel <i>et al.</i> , 2015	S	NI	NI	S	NI	NI	S	S	S	S	S	S	S	S	9
Silva <i>et al.</i> , 2013	S	NI	S	S	S	S	S	S	S	NI	S	S	S	S	10
Thorpe <i>et al.</i> , 2012	S	NI	S	S	S	S	S	S	S	NI	S	S	S	S	10
Viana-Gomes <i>et al.</i> , 2018	S	NI	NI	S	NI	NI	S	S	S	NI	S	S	S	S	8

Legenda= 1= O estudo abordou uma questão claramente focada; 2= A coorte foi recrutada de maneira aceitável; 3= A exposição foi medida com precisão para minimizar o viés; 4= O resultado foi medido com precisão para minimizar o viés; 5= (a) Os autores identificaram todas as informações importantes, fatores de confusão; (b) Eles levaram em conta os fatores de confusão no projeto e / ou análise; 6= (a) O acompanhamento dos sujeitos foi completo o suficiente; (b) O acompanhamento dos sujeitos foi longo suficiente; 7= Quais são os resultados deste estudo; 8= Qual é a precisão dos resultados; 9= Você acredita nos resultados; 10= Os resultados podem ser aplicados a população local; 11= Os resultados deste estudo são adequados com outras evidência (discussão); 12= Quais são as implicações deste estudo para a prática. S= sim; N=não; NPD= não posso dizer; NI- não informado

A qualidade metodológica avaliada pela ferramenta CASP, apresentou alta qualidade para seis estudos. Oito estudos, apontaram moderada qualidade e apenas um estudo exibiu baixa qualidade.

Discussão

O objetivo da presente revisão foi analisar o efeito da partida de futebol em diferentes biomarcadores e identificar quais biomarcadores são mais utilizados no contexto do futebol profissional. Com isso, no presente estudo foi observado a análise de 50 biomarcadores diferentes, no qual cinco grupos de biomarcadores foram analisados, são: os biomarcadores enzimáticos, hematológicos, hormonais, imunológicos e os relacionados ao estresse oxidativo.

Os marcadores enzimáticos foram os mais utilizados, sendo que Peñailillo *et al.* (2015) foi a única exceção. Dos analisados, os marcadores referentes a dano muscular CK=11, LDH=4, Mb=3, aspartato amino transferase (AST)=2 foram mais estudados. A CK o foi biomarcador mais utilizado, no qual apresenta uma característica de aumento logo após a partida (THORPE *et al.*, 2012), tendo seu pico entre 24 e 48h (Bezerra *et al.*, 2016; Fatouros *et al.*, 2010) podendo permanecer em concentrações elevadas até 72h pós jogo (Ascensão *et al.*, 2008). Isso vai de encontro com artigos anteriores que analisaram a concentração de CK

em outros esportes com o Rugby (McLellan *et al.*, 2010) sugerindo que as demandas do futebol e Rugby são similares quanto a exigência física e dano muscular induzido pelas ações do jogo.

O LDH apresentou comportamento de aumento logo após o jogo (Viana-Gomes *et al.*, 2018; Bezerra *et al.*, 2016; Ispirlidis *et al.*, 2008) e a 24h pós jogo (Bezerra *et al.*, 2014) tendo seu pico de 48h pós jogo no estudo de Ispirlidis *et al.* (2008) mostrando queo LDH aumenta logo após o jogo e pode perdurar esse aumento até 48h. No entanto, a concentração do LDH no sangue pode variar por diversos fatores, incluindo nível de condicionamento físico, idade e adaptações metabólicas individuais (Brancaccio *et al.*, 2008). A Mb foi avaliada em 3 estudos, no qual ocorreu aumento em momentos diferente após jogo, em logo após jogo no estudo de Thorpe *et al.* (2012) 30min no estudo Ascensão *et al.* (2008) e 24h em Silva *et al.* (2013). Já AST apresentou respostas diferentes nos dois estudos que o avaliaram, Bezerra *et al.* (2016) mostrou aumento em logo após o jogo e mantendo-se elevada até 48h pos jogo, porém no estudo Viana-Gomes *et al.* (2018) que avaliou marcadores bioquímico de 2 partidas, o AST só aumentou após 48h da segunda partida. Portanto, pode-se entender que a partida de futebol pode gerar carga mecânica o suficiente para induzir danos musculares, sendo identificado por diferentes biomarcadores.

Outros biomarcadores enzimáticos também foram analisadores como o PCR, que é um marcador relacionado ao processo inflamatório e trata-se de uma proteína produzida pelo fígado em resposta a processo inflamatório em diferentes partes do corpo, inclusive no musculo esquelético, seu nível aumentado significa presença de processo inflamatório agudo ou crônico (Jatene *et al.*, 2019). Quatro estudos analisaram este marcador, e todos apresentaram aumento nesse biomarcador em 24h após o jogo (Duarte *et al.*, 2022; Bezerra *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2013; Ispirlidis *et al.*, 2008). Essa resposta está em consonância com os achados de dano muscular que por consequência induz processo inflamatório para reparar essas estruturas.

Outro biomarcador bem utilizado foi o Ácido úrico (AU) que é um biomarcador metabólico o seu aumento em decorrência do exercício é causado pela inibição da depuração renal, que por consequência eleva a concentração do AU no plasma (Suzuki *et al.*, 2006). Na presente revisão o AU aumentou após e permaneceu aumentado até 96h pós jogo (Fatouros *et al.*, 2010; Ascensão *et al.*, 2008; Viana-Gomes *et al.*, 2018).

Entretanto, nos estudos de Colombini *et al.* (2014) e Silva *et al.* (2013) não foram observadas diferenças significativas entre as concentrações pré e pos partida de futebol. Isso pode ser

explicado pelo fato do AU ser um dos principais antioxidantes do plasma sanguíneo, sendo captado do plasma para a musculatura pós exercício (Hellsten *et al.*, 2001).

Para os biomarcadores hormonais foram utilizados apenas testosterona e cortisol em cinco estudos, sempre analisados em conjunto, no qual em quatro estudos o cortisol aumentou após o jogo (Thorpe *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2013; Bezerra *et al.*, 2016; Ispirlidis *et al.*, 2008) no entanto a testosterona diminuía logo após jogo, mas em 24h retornava aos níveis basais ou não apresentava diferença significativa entre pré e pós jogo (Peñailillo *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2013; Bezerra *et al.*, 2016; Ispirlidis *et al.*, 2008) e apenas Thorpe *et al.* (2012) apresentaram aumento na testosterona pós jogo. Esses resultados sugerem um estado catabólico logo após a partida de futebol esse processo se confirma pela relação testosterona cortisol reduzida (Thorpe *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2013; Bezerra *et al.*, 2016; Ispirlidis *et al.*, 2008; Peñailillo *et al.*, 2015).

O estresse oxidativo está associado à produção de espécies reativas de oxigênio durante o exercício físico, podendo contribuir para o dano celular. Para os marcadores biológicos relacionados ao estresse oxidativo 2 estudos analisaram glutatona reduzida (GSH) e glutatona oxidada (GSSG), apresentando resultados diferentes para concentração de GSH, onde Viana-Gomes *et al.*, (2018) encontraram aumento até 48h pós jogo e Fatouros *et al.*, (2010) encontraram queda 24h pós jogo no entanto esses mesmos dois estudos apresentaram resultados similares para GSSG em aumento 48h pós jogo, essa divergência pode ser explicada pelo fato do Viana-Gomes *et al.* (2018) ter analisado esses marcadores em duas partidas e Fatouros *et al.* (2010) apenas uma. Viana-Gomes *et al.* (2018) também analisaram TBARS, no qual aumentou logo após o primeiro e segundo jogo e 48h pós os segundo. Já no estudo Ispirlidis *et al.*, (2008) aumentou até 48h pós jogo. O glutatona peroxidase (GPX) foi analisado em dois estudos e aumentou em até 48h (Silva *et al.*, 2013; Fatouros *et al.*, 2010). MDA aumentou até 48h pós jogo para os três estudos que o analisou (Silva *et al.*, 2013; Fatouros *et al.*, 2010; Ascensão *et al.* 2008) Esses resultados mostram que uma ou mais partidas de futebol produz estresse oxidativo capaz de ser detectado em até 48h pós jogo, mesmo com o aumento da capacidade antioxidante até 48h pós jogo (Silva *et al.*, 2013; Fatouros *et al.*, 2010). Com as alterações desses biomarcadores após as partidas de futebol, traduz o impacto do esforço físico na resposta antioxidante e no dano oxidativo.

Alguns estudos analisaram a alteração dos marcadores hematológicos pós partida de futebol no qual não houve diferença entre pré e pós para volume celular médio (VCM), hemoglobina celular média (MCM), concentração média de hemoglobina celular (CHCM) (Bezerra *et al.*, 2016; Jamurtas *et al.*, 2015; Colombini *et al.*, 2014). Os achados podem ser

explicados pelo fato da não restrição e controle da reposição hídrica durante a partida. No entanto, foram identificados aumentos na contagem de glóbulos vermelhos (RBC), hemoglobina (HGB) e hematócrito (HCT) pos jogo em até 48h representando uma queda do volume plasmático (Bezerra *et al.*, 2016; Jamurtas *et al.*, 2015; Colombini *et al.*, 2014). Outro achado foi a diminuição de concentração de ferro no plasma 2h pos jogo (Jamurtas *et al.*, 2015) que pode estar relacionado com a queda de desempenho aeróbio em esportistas (Hinton *et al.*, 2014; Schumacher *et al.*, 2002).

Marcadores imunológicos também foram estudados, dentre eles os leucócitos se destacaram sendo analisado por 3 estudos, no qual apresentaram aumento em 24h (Bezerra *et al.*, 2016; Fatouros *et al.*, 2010; Ispiridis *et al.*, 2008) e 48h pos jogo (Bezerra *et al.*, 2016). Os leucócitos são células presente no sangue que responde de forma natural a processos de infecção na defesa do organismo, que no contexto do esporte responde conforme a intensidade, esforça em duração dos exercícios (Ostojic *et al.*, 2009). A imunoglobulina (Ig) foi analisada em 2 estudos, apresentando uma queda logo após o jogo na IgA (Peñailillo *et al.*, 2015) e não se alterando como IgA, IgG e IgM (Thorpe *et al.*, 2012). indicando uma possível supressão temporária do sistema imunológico. Essas alterações podem aumentar a susceptibilidade dos atletas a infecções, sendo importante considerar estratégias para minimizar esse efeito negativo.

A qualidade metodológica dos estudos incluídos foi avaliada utilizando a ferramenta CASP. A maior parte dos estudos apresentaram qualidade metodológica moderada e alta, indicando uma abordagem robusta na condução das pesquisas. No entanto, é essencial considerar as limitações e possíveis vieses presentes em cada estudo ao interpretar os resultados. No entanto, essa revisão apresenta algumas limitações, pois os resultados obtidos em cada estudo podem ser influenciados por vários fatores, incluindo o nível de treinamento dos atletas, a intensidade das partidas, a posição em campo, a nutrição, entre outros. Além disso, a escolha dos biomarcadores e os métodos de análise utilizados podem variar entre os estudos e influenciar na análise dificultando comparações diretas.

Conclusão

A presente revisão sistemática analisou estudos que investigaram os efeitos de partidas de futebol em biomarcadores de atletas profissionais. Os resultados indicam que as partidas de futebol têm impacto em diversos biomarcadores, incluindo aqueles relacionados ao dano

muscular, resposta hematológica, variações hormonais, função imunológica e estresse oxidativo.

Diante desses resultados a partida de futebol produz um efeito fisiológico que pode ser avaliado por diversos sistemas do organismo, sendo possível determinar o impacto ocasionado, porém em relação ao dano muscular ocasionado pela carga interna, a CK é a que melhor avalia.

Recomendações para pesquisas futuras incluem a padronização de protocolos de coleta e análise, levando em consideração variáveis como nível de treinamento, posição em campo e a avaliação a longo prazo dos impactos das partidas de futebol na saúde dos atletas.

Referências

AKUBAT, Ibrahim *et al.* The validity of external: internal training load ratios in rested and fatigued soccer players. **Sports**, v. 6, n. 2, p. 44, 2018.

ANDELKOVIĆ, Marija *et al.* Hematological and biochemical parameters in elite soccer players during a competitive half season. **Journal of medical biochemistry**, v. 34, n. 4, p. 460, 2015.

ASCENSÃO, António *et al.* Biochemical impact of a soccer match—analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. **Clinical biochemistry**, v. 41, n. 10-11, p. 841-851, 2008.

BENGTSSON, Håkan; EKSTRAND, Jan; HÄGGLUND, Martin. Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. **British journal of sports medicine**, v. 47, n. 12, p. 743-747, 2013.

BEZERRA, Jader Andrade *et al.* Respostas de biomarcadores musculares a uma partida de futebol. **RBFF-Revista Brasileira de Futsal e Futebol**, v. 6, n. 19, 2014.

BEZERRA, Jader de Andrade *et al.* Respostas de indicadores fisiológicos a um jogo de futebol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, p. 200-205, 2016.

BITTENCOURT, Natalia FN *et al.* Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition—narrative review and new concept. **British journal of sports medicine**, v. 50, n. 21, p. 1309-1314, 2016.

BRANCACCIO, Paola *et al.* Serum enzyme monitoring in sports medicine. **Clinics in sports medicine**, v. 27, n. 1, p. 1-18, 2008.

COLOMBINI, A. *et al.* Modifications of biochemical parameters related to protein metabolism and renal function in male soccer players after a match. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 54, n. 5, p. 658-64, 2014.

COPPALLE, Sullivan *et al.* Relationship of pre-season training load with in-season biochemical markers, injuries and performance in professional soccer players. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 426414, 2019.

Critical Appraisal Skills Programme. **CASP Cohort Study Checklist**. 2018. Available at: <http://www.casp-uk.net/casp-tools-checklists>.

DE CARVALHO, Gabriela *et al.* Correlation between skin temperature in the lower limbs and biochemical marker, performance data, and clinical recovery scales. **Plos one**, v. 16, n. 3, p. e0248653, 2021.

DJAOUI, Léo *et al.* Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. **Physiology & behavior**, v. 181, p. 86-94, 2017.

DUARTE, Warley *et al.* C-Reactive Protein and Skin Temperature of the lower limbs of Brazilian elite soccer players like load markers following three consecutive games. **Journal of Thermal Biology**, v. 105, p. 103188, 2022.

EKSTRAND, Jan; HÄGGLUND, Martin; WALDÉN, Markus. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. **British journal of sports medicine**, v. 45, n. 7, p. 553-558, 2011.

FATOUROS, Ioannis G. *et al.* Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 12, p. 3278-3286, 2010.

GARCÍA-ROMERO-PÉREZ, Álvaro *et al.* Muscle damage biomarkers in congestion weeks in English premier league soccer players: A prospective study for two consecutive seasons. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 15, p. 7960, 2021.

HALLER, Nils *et al.* Circulating, cell-free DNA for monitoring player load in professional football. **International journal of sports physiology and performance**, v. 14, n. 6, p. 718-726, 2019.

HELLSTEN, Y. *et al.* Allantoin formation and urate and glutathione exchange in human muscle during submaximal exercise. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 31, n. 11, p. 1313-1322, 2001.

HINTON, Pamela S. Iron and the endurance athlete. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 39, n. 9, p. 1012-1018, 2014.

ISPIRLIDIS, Ioannis *et al.* Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. **Clinical journal of sport medicine**, v. 18, n. 5, p. 423-431, 2008.

JAMURTAS, Athanasios Z. *et al.* Iron status markers are only transiently affected by a football game. **Journal of sports sciences**, v. 33, n. 20, p. 2088-2099, 2015.

JATENE, Pedro; DOS SANTOS, Gustavo Silva; PORTELLA, Daniel Leite. C-reactive protein serum levels as an internal load indicator of sprints in competitive football matches. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 12, p. 762-767, 2019.

KOZIOŁ, Katarzyna *et al.* Changes in γ H2AX and H4K16ac levels are involved in the biochemical response to a competitive soccer match in adolescent players. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 14481, 2020.

LIMA-ALVES, Adriano *et al.* The relationship between internal and external loads as a tool to monitor physical fitness status of team sport athletes: a systematic review. **Biology of Sport**, v. 39, n. 3, p. 629-638, 2021.

MCGLORY, Chris; DEVRIES, Michaela C.; PHILLIPS, Stuart M. Skeletal muscle and resistance exercise training; the role of protein synthesis in recovery and remodeling. **Journal of applied physiology**, v. 122, n. 3, p. 541-548, 2017.

MCLAREN, Shaun J. *et al.* The relationships between internal and external measures of training load and intensity in team sports: a meta-analysis. **Sports medicine**, v. 48, p. 641-658, 2018.

MCLELLAN, Christopher P.; LOVELL, Dale I.; GASS, Gregory C. Creatine kinase and endocrine responses of elite players pre, during, and post rugby league match play. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 11, p. 2908-2919, 2010.

O'SULLIVAN, Kieran; O'SULLIVAN, Peter B.; GABBETT, Tim J. Pain and fatigue in sport: are they so different?. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 9, p. 555-556, 2018.

OSTOJIC, S. M.; AHMETOVIC, Z. Indicators of iron status in elite soccer players during the sports season. **International journal of laboratory hematology**, v. 31, n. 4, p. 447-452, 2009.

PAGE, Matthew J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **International journal of surgery**, v. 88, p. 105906, 2021.

PEÑAILILLO, Luis *et al.* Salivary hormones and IgA in relation to physical performance in football. **Journal of sports sciences**, v. 33, n. 20, p. 2080-2087, 2015.

POWERS, Scott K.; JACKSON, Malcolm J. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. **Physiological reviews**, v. 88, n. 4, p. 1243-1276, 2008.

QUINTAS, Guillermo *et al.* Urine metabolomic analysis for monitoring internal load in professional football players. **Metabolomics**, v. 16, p. 1-11, 2020.

RUSSELL, Mark *et al.* Between-match variability of peak power output and creatine kinase responses to soccer match-play. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 8, p. 2079-2085, 2015.

SCHUMACHER, Y. Olaf *et al.* Hematological indices and iron status in athletes of various sports and performances. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 34, n. 5, p. 869-875, 2002.

SCHWELLNUS, Martin *et al.* How much is too much?(Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. **British journal of sports medicine**, v. 50, n. 17, p. 1043-1052, 2016.

SILVA, Joao R. *et al.* Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. **European journal of applied physiology**, v. 113, p. 2193-2201, 2013.

SMITH, Toby O. *et al.* Prevalence and profile of musculoskeletal injuries in ballet dancers: A systematic review and meta-analysis. **Physical Therapy in Sport**, v. 19, p. 50-56, 2016.

SPRINGHAM, Matthew *et al.* Prior workload has moderate effects on high-intensity match performance in elite-level professional football players when controlling for situational and contextual variables. **Journal of Sports Sciences**, v. 38, n. 20, p. 2279-2290, 2020.

SUZUKI, Katsuhiko *et al.* Changes in markers of muscle damage, inflammation and HSP70 after an Ironman Triathlon race. **European journal of applied physiology**, v. 98, p. 525-534, 2006.

THORPE, Robin; SUNDERLAND, Caroline. Muscle damage, endocrine, and immune marker response to a soccer match. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 10, p. 2783-2790, 2012.

VIANA-GOMES, D. *et al.* Oxidative stress, muscle and liver cell damage in professional soccer players during a 2-game week schedule. **Science & Sports**, v. 33, n. 5, p. e221-e228, 2018.

2 ARTIGO 2 - ANÁLISE DOS BIOMARCADORES DE DANO MUSCULAR PÓS PARTIDA DURANTE A TEMPORADA DE UMA EQUIPE DE FUTEBOL PROFISSIONAL

Douglas Rodrigues dos Santos^{1,2}, Yuri Rolim Lopes Silva^{1,2}, Rodrigo Gomes de Souza Vale^{1,2,3}, Leandro Lima e Silva^{1,2}, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes^{1,2}

¹Laboratório do Exercício e do Esporte (LABEES), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Brasil.

²Instituto de Educação Física e Desportos (IEFD), Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte (PPGCEE), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Brasil.

³ Universidade Estácio de Sá, Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo

Objetivo: Analisar comportamento dos marcadores bioquímicos CK, LDH e AST durante uma temporada competitiva em relação os incidentes de lesão em atletas de futebol. **Métodos:** a amostra foi composta de 69 atletas com idade de 27,2±4,52 anos que atuam em um clube de futebol. Foram realizadas coletas de sangue antes da pré-temporada, após pré-temporada após os jogos em 12h, 24h, 36h, 48h, 60h, 72h, nos atletas que sofreram lesões musculares. Nos atletas lesionados as coletas foram feitas durante o período de tratamento, sendo analisados os seguintes biomarcadores: creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), aspartato aminotransferase (AST). **Resultados:** diferença significativa ($p < 0,05$) para CK e LDH aumentado as concentrações após período de pré-temporada. Aumento das concentrações de CK, LDH e AST 12h pós jogo, permanecendo elevado até 48h para CK e LDH e 36h para AST. **Conclusão:** os resultados deste estudo contribuem para o entendimento dos efeitos do futebol nas concentrações de biomarcadores associados ao dano muscular ao longo de uma temporada competitiva, embora o aumento desses marcadores demonstre um impacto produzido pelo futebol não foi encontrado relação direta com lesão muscular, sendo mais efetivo o seu uso na fase de recuperação pos jogo.

Palavras-chave: futebol; dano muscular; marcador bioquímico

Abstract

Objective: To analyze the behavior of biochemical markers CK, LDH and AST during a competitive season in relation to injury incidents in football athletes. **Methods:** the sample consisted of 69 athletes aged 27.2±4.52 years who play for a football club. Blood collections were carried out before the pre-season, after pre-season after the games at 12h, 24h, 36h, 48h, 60h, 72h, in athletes who suffered muscle injuries. In injured athletes, samples were collected during the treatment period, and the following biomarkers were analyzed: creatine kinase (CK), lactate dehydrogenase (LDH), aspartate aminotransferase (AST). **Results:** significant difference ($p < 0.05$) for CK and LDH increased concentrations after pre-season period. Increased concentrations of CK, LDH and AST 12 hours after the game, remaining elevated for up to 48 hours for CK and LDH and 36 hours for AST. **Conclusion:** the results of this study contribute to the understanding of the effects of football on the concentrations of biomarkers associated with muscle damage throughout a competitive season, although the increase in these markers demonstrates an impact produced by football, a direct relationship

with muscle injury was not found, being Its use in the post-game recovery phase is more effective.

Keywords: football; muscle damage; biochemical marker

Introdução

O futebol é um esporte com alto índice de lesões, sendo que as lesões musculares são as mais comuns (De moura *et al.*, 2013). Para o monitoramento da intensidade e recuperação dos atletas após as partidas e treinos, são utilizados marcadores bioquímicos, tais como a creatina quinase (CK), a lactato desidrogenase (LDH) e a aspartato aminotransferase (AST). Esses marcadores podem indicar o grau de lesão muscular, fadiga e dano celular, além de serem úteis na prevenção de lesões (Brancaccio *et al.*, 2010).

Estudos têm destacado a importância da monitorização desses marcadores bioquímicos no futebol. De acordo com Nedelec *et al.* (2014), a avaliação de CK e LDH pode auxiliar na detecção precoce de lesões musculares e na identificação de jogadores com maior risco de lesão. Além disso, Bezerra *et al.* (2016) relataram que a análise de AST pode ser um indicador importante de estresse muscular e fadiga em atletas.

No contexto brasileiro, onde o futebol é uma paixão nacional e a prática esportiva é intensa, o controle dos marcadores bioquímicos pode ser especialmente relevante. Um estudo recente de Podgórski *et al.* (2021) avaliou os níveis de CK, LDH e AST em jogadores de futebol de uma equipe de elite do futebol brasileiro e relatou que a análise desses marcadores pode auxiliar no monitoramento da recuperação de lesões e na prevenção de novas lesões. Outro estudo de Devrnja *et al.* (2020) observou que a avaliação dos níveis de CK e LDH pode ser útil na identificação de jogadores com maior risco de lesão.

A CK é uma enzima encontrada em grande quantidade no músculo esquelético e cardíaco. Durante o exercício físico, ocorre um aumento da sua concentração no sangue, principalmente após exercícios de alta intensidade e curta duração. Segundo Gonçalves *et al.* (2021), a concentração de CK pode ser utilizada como um indicador da intensidade do treino e do dano muscular, sendo um importante marcador para o monitoramento dos atletas.

A LDH é uma enzima presente em diversos tecidos, incluindo o músculo esquelético. A sua concentração no sangue pode ser aumentada em resposta ao dano muscular e à fadiga. De acordo com Banfi *et al.* (2006), a concentração de LDH pode ser utilizada como um indicador da intensidade do treino e da recuperação muscular, sendo um importante marcador para o monitoramento dos atletas.

A AST é uma enzima encontrada principalmente no fígado, mas também presente em outros tecidos, como o músculo esquelético. O aumento da sua concentração no sangue pode indicar

lesão celular, incluindo o dano muscular. Lee *et al.* (2017) relataram que a concentração de AST pode ser utilizada como um marcador da fadiga muscular e do dano celular em atletas.

Apesar do crescente interesse em relação aos marcadores bioquímicos no futebol, ainda se sabe pouco da relação dessas enzimas com lesão muscular em atletas de alto nível. Dessa forma, há uma necessidade de estudos que avaliem melhor essa relação em atletas de alto rendimento. Portanto, este estudo tem como objetivo analisar comportamento dos marcadores bioquímicos CK, LDH e AST durante a temporada competitiva em relação os incidentes de lesão muscular em atletas futebol de alto nível.

Métodos

Delineamento

Trata-se de uma pesquisa Original de Campo, no qual se caracteriza pelo tipo de pesquisa que está sujeita as alterações do ambiente, como clima e local da avaliação e quase experimental de acompanhamento longitudinal.

Amostra

A pesquisa foi realizada com jogadores profissionais pertencentes a um clube da primeira divisão do futebol brasileiro, que disputa competições nacionais e internacionais organizadas pela Confederação Brasileira de Futebol, pela Confederação Sul-Americana de Futebol.

Todos os atletas do clube foram monitorados durante uma temporada competitiva completa, totalizando 71 jogos, porém foram eliminados os jogos que não foi possível realizar as coletas, sendo analisado 55 jogos. Um total de 69 atletas, incluído os lesionados, foram monitorados fazendo parte do estudo, de forma que a idade média da amostra foi $27,2 \pm 4,52$. Como critério de inclusão, era necessário que o atleta participasse tanto da pré-temporada quanto do campeonato nacional e ter participado de pelo menos 75 minutos por jogo.

Procedimentos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (CEP/UERJ) mediante do protocolo (CAAE: 10529119.8.0000.5259), seguindo todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional da Saúde (466/2012) para pesquisas com seres humanos. Todos os voluntários participantes do estudo forneceram um consentimento livre e esclarecido por escrito antes de sua inclusão, após terem recebido todas

as informações necessárias e esclarecimento de todas as dúvidas. A concentração das enzimas CK, LDH e AST foram monitoradas nos momentos descritos a seguir: Antes da pré-temporada por ocasião da apresentação dos atletas após um mês de férias, sem a participação de nenhum treinamento (basal); no final da pré-temporada que teve duração de 15 dias, foi realizada a coleta de dados (pré-temporada); durante a temporada em todos os momentos analisados após os jogos sendo, 12 horas após os jogos (jogo+12h), 24 horas após os jogos (jogo+24h), 36 horas após os jogos (jogo+36h), 48 horas após os jogos (jogo+48h), 60 horas após os jogos (jogo+60h), 72 horas após os jogos (jogo+72h), e nos momentos em que os atletas lesionados eram acompanhados de forma separada, onde se encontravam com carga de trabalho reduzida (monitora lesão). Assim, foram realizadas 747 análises de CK, LDH e AST neste estudo.

Parâmetros bioquímicos

Para a análise da concentração enzimática dos marcadores deste estudo (CK), aspartato-aminotransferase (AST) e lactato desidrogenase (LDH). Foi realizada coleta de sangue capilar da polpa digital dos sujeitos retirando 32 μ L de sangue. Para a retirada, foi efetuada a limpeza do local com álcool etílico a 95%. Em seguida, foi utilizada uma lanceta com disparador automático para a punção, e o sangue foi drenado para um tubo capilar heparinizado (Cat nº 955053202 Reflotron®) (Hecksteden *et al.*, 2020). O sangue foi imediatamente pipetado para uma tira reativa (Cat nº 1126695 Reflotron®) e colocada no Reflotron Analyser®, da Boehringer Mannheim. O hemograma foi realizado por espectrofotometria, em um processo totalmente automatizado. Este método mostrou concordância com o método padrão (amostras de sangue venoso) apresentado no estudo de Hecksteden *et al.* (2016). As atividades séricas das enzimas CK, AST e LDH, foram determinadas através do método enzimático.

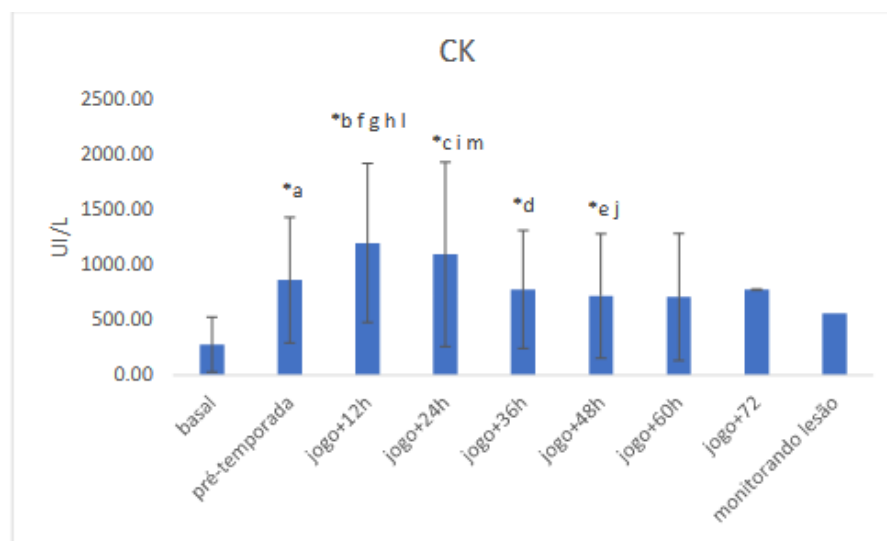
Análise estatística

Os dados coletados foram analisados através do programa SPSS 23. Os dados são apresentados com média e desvio padrão por meio da estatística descritiva. Foi realizado o teste de normalidade Shapiro willk. Para as análises inferências foi empregado o teste de ANOVA de medidas repetidas para analisar o efeito do tempo nas variáveis estudadas. A análise foi ajustada pelo teste de pos hoc de Bonferoni e utilizado para identificar em qual

momento do tempo apresentou diferença significativa. O estudo admitiu o nível de $p < 0,05$ para a significância estatística

Resultados

Os resultados das comparações dos marcadores bioquímicos nos momentos listados na metodologia deste estudo estão apresentados abaixo nas três figuras a seguir, sendo uma para cada marcador biológico. A figura 1 a seguir representa a as comparações da CK entre os momentos.



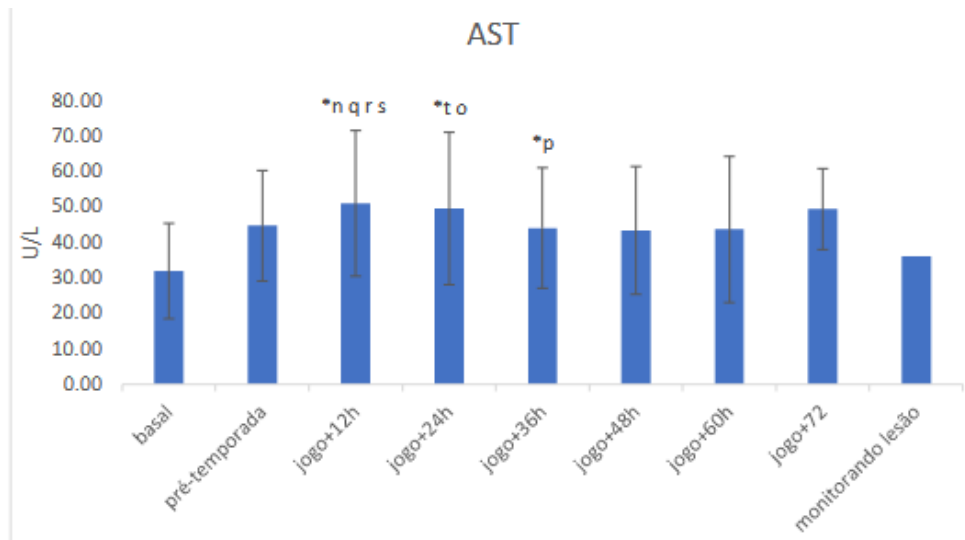
Legenda: basal=coleta antes da temporada, na apresentação dos atletas; pré-temporada=coleta no período de treinos que precede o início das competições do ano; jogo+12h=média das coletas executadas 12 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+24h=média das coletas executadas 24 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+36h=média das coletas executadas 36 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+48h=média das coletas executadas 48 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+60h=média das coletas executadas 60 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+72h=média das coletas executadas 72 horas depois de todos os jogos do ano; monitorando lesão=média das coletas dos atletas supostamente lesionados nos momentos de monitoramento de lesão durante o ano; *= $P < 0,05$ nas comparações descritas pelas letras mostradas; a=Pré-temporada > basal; b=jogo+12h > basal; c=jogo+24h > basal; d=jogo+36h > basal; e=jogo+48h > basal; f=jogo+12h > pré-temporada; g=jogo+12h > jogo+36h; h=jogo+12h > jogo+48h; i=jogo+24h > jogo+36h; j=jogo+24h > jogo+48h; l=jogo+12h > monitoramento de lesão; m=jogo+24h > monitoramento de lesão.

Figura 1. Análise da CK.

Na figura 1 são os resultados da concentração de CK, que apresentam aumento significativa na pré-temporada em comparação com valores basais. Já em 12 horas pos jogo foi significativamente maior que os valores basais, pré-temporada, 36, 48 horas pos jogo e monitorando lesão. Em 24 horas pos jogo foi significativamente maior que os valores basais,

36, 48 horas e monitorando lesão. Por fim, 36 e 48 horas pos jogo foi maior significativamente apenas que os valores basais.

A figura 2 a seguir demonstra as comparações da AST entre os momentos.

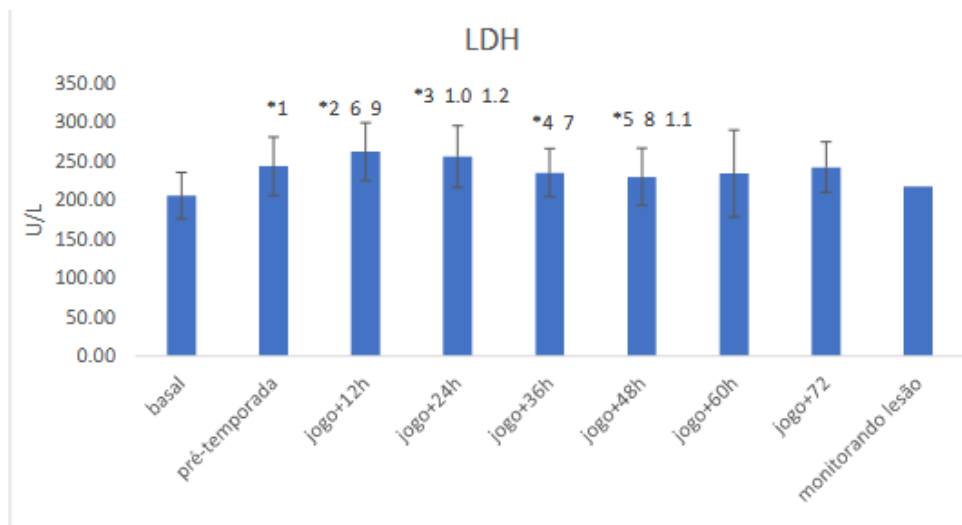


Legenda: basal=coleta antes da temporada, na apresentação dos atletas; pré-temporada=coleta no período de treinos que precede o início das competições do ano; jogo+12h=média das coletas executadas 12 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+24h=média das coletas executadas 24 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+36h=média das coletas executadas 36 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+48h=média das coletas executadas 48 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+60h=média das coletas executadas 60 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+72h=média das coletas executadas 72 horas depois de todos os jogos do ano; monitorando lesão=média das coletas dos atletas supostamente lesionados nos momentos de monitoramento de lesão durante o ano; *= $P < 0,05$ nas comparações descritas pelas letras mostradas; n=jogo+12h > basal; o=jogo+24h > basal; p=jogo+36h > basal; q=jogo+12h > jogo+36h; r=jogo+12h > jogo+48h; s=jogo+12h > monitorando lesão; t=jogo+24h > monitorando lesão.

Figura 2. Análise da AST.

Na figura 2 são os resultados da concentração de AST, são apresentados valores significativamente elevados em 12, 24 e 36 horas pos jogo quando comparados a valores basais, 12 horas pos jogo também apresentou-se mais elevado que em 36 e 48 horas pos jogo e que os monitorando lesão. Por fim, 24 horas pos jogo foi mais elevado significativamente que monitorando lesão.

A figura 3 a seguir demonstra as comparações do marcador bioquímico LDH entre os momentos.



Legenda: basal=coleta antes da temporada, na apresentação dos atletas; pré-temporada=coleta no período de treinos que precede o início das competições do ano; jogo+12h=média das coletas executadas 12 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+24h=média das coletas executadas 24 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+36h=média das coletas executadas 36 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+48h=média das coletas executadas 48 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+60h=média das coletas executadas 60 horas depois de todos os jogos do ano; jogo+72h=média das coletas executadas 72 horas depois de todos os jogos do ano; monitorando lesão=média das coletas dos atletas supostamente lesionados nos momentos de monitoramento de lesão durante o ano; *= $P < 0,05$ nas comparações descritas pelos índice numérico mostrada; 1=pré-temporada > basal; 2=jogo+12h > basal; 3=jogo+24H > basal; 4=jogo+36h > basal; 5=jogo+48h > basal; 6=jogo+12h > pré-temporada; 7=jogo+12h > jogo+36h; 8=jogo+12h > jogo+48h; 9=jogo+12h > monitorando lesão; 1.0=jogo+24h > jogo+36h; 1.1=jogo+24h > jogo+48h; 1.1=jogo+24h > jogo+48h.

Figura 3. Análise da LDH.

Na figura 3 são os resultados da concentração de LDH, que apresentou aumento significativo em relação aos valores basais em pré-temporada, 12, 24, 36 e 48 horas pos jogo. Em 12 horas pos jogo foi significativamente mais elevada que pré-temporada, 36 e 48horas pos jogo e monitorando lesão. Já em 24 horas pos jogo foi maior significativamente que 36 e 48 horas pos jogo.

Discussão

O objetivo do presente estudo foi analisar os biomarcadores CK, AST e LDH pós partidas de futebol ao longo de uma temporada competitiva, no qual observamos que após a pré-temporada os níveis de CK e LDH apresentaram aumento significativo comparada ao basal, no entanto a AST não apresentou diferença significativa. Esses achados corroboram com resultados anteriores que no final da fase de pré-temporada as concentrações de biomarcadores relacionado a dano muscular como CK apresentaram-se significativamente elevado em comparação com antes da pré-temporada (dados basais) (Huggins *et al.*, 2019; Becatti *et al.*, 2017). Esse aumento, se dá pela característica dos treinamentos durante a pré-temporada, devida as elevadas cargas de treinamento (Selmi *et al.*, 2022), no qual contém sessões de treino com muitas ações de alta intensidade como as acelerações e desacelerações que tem relação com a concentração de CK e LDH (Djaoui *et al.*, 2017).

O biomarcador mais utilizado para monitorar as cargas impostas pelos treinos e jogos de futebol é a CK (Szigeti *et al.*, 2023; Coppalle *et al.*, 2018; Brancaccio *et al.*, 2007). Esse biomarcador representa o dano muscular decorrente as ações executadas no futebol (Ribeiro *et al.*, 2022). No presente estudo as concentrações de CK se elevaram significativamente 12h pós jogo e permanece elevada até 48h pós jogos, no qual seus níveis mais elevados foram em 12h pós jogos. Esses resultados, corroboram com estudos anteriores que apresentaram concentrações elevadas pós jogo (Jamurtas *et al.*, 2015; Ascensão *et al.*, 2008). No entanto, outros estudos mostraram aumento mais acentuado entre 24h e 48h, permanecendo elevada por até 72h (Silva *et al.*, 2013; Fatouros *et al.*, 2010), com estudo apresentando valores elevados em até 96h pós jogo (Ispirlidis *et al.*, 2008). Uma possível explicação na divergência, é que no presente estudo os valores pré-jogo, já se encontravam elevados em virtude dos treinamentos da pré-temporada e os dados coletados foram de todos os jogos da temporada, em contrapartida, os estudos citados anteriormente são de apenas um ou grupo pequeno de jogos. Em estudo que analisou as concentrações de CK após semana congestionada (2 jogos) e semana simples (1 jogo), não apresentou diferença na concentração da semana simples comparada semana congestionada de jogos, porem a CK apresentou-se elevada pré-jogo nas semanas congestionadas em comparação com semanas simples (García-Romero-Pérez *et al.*, 2021), isso demonstra que jogos muito próximos o atleta não tem a devida recuperação, e tende a acumular na concentração de CK, no que representa alto grau de dano muscular, que pode aumentar a chance de ocorrência de lesões musculares (Bengtsson *et al.*, 2013).

A LDH também pode ser considerado um biomarcador de dano muscular devido à sua liberação no sangue em resposta a lesões celulares, especialmente em tecidos musculares. Quando ocorre dano celular, como o que ocorre durante o exercício intenso ou lesões musculares, assim permitindo a liberação de LDH para a corrente sanguínea (Brancaccio *et al.*, 2007). No presente estudo a LDH aumentou 12h pós jogos e permaneceu aumentada até 48h pós jogos, com seu pico em 12 e 24h pós jogos. Esses achados, sustentam resultados anterior que demonstram aumento nos níveis de LDH em atividades competitivas de diferentes esportes (González-Fernández *et al.*, 2020; Mohammed *et al.*, 2018; Viana-Gomes *et al.*, 2018) já no futebol, em estudo realizado por Ispirlidis *et al.* (2008) que analisaram diversos biomarcadores, entre eles o LDH pós partida de futebol, e obteve com resultados aumento nas concentrações plasmáticas de LDH logo após, 24h, 48, 72h pós jogo, com maiores valores em 48h pós o jogo, diferente do encontrado no presente estudo. Já no estudo de Viana-Gomes *et al.*, (2018) analisaram as concentrações de LDH após 2 partidas com intervalo de 4 dias entre elas, e as concentrações aumentaram após as 2 partidas, apresentando resultado mais próximo do encontrado no presente estudo.

A AST no presente estudo obteve aumento significativo em 12h, 24h e 36h pos jogo, com pico em 12h. esses achados corroboram com os resultados encontrado no estudo de Nowakowska *et al.* (2019) no qual analisaram diversos biomarcadores, dentre eles a AST em 17 a 24h pós jogo a longo de 1 temporada competitiva (11 meses) de futebol, dividindo os atletas em grupos de meio campistas/zagueiros e outro de goleiros/reservas, obtendo com resultado as concentrações de AST maior pós jogo para o grupo meio campista/zagueiros comparado a goleiros/reservas, no entanto quando comparado as concentrações de AST entre períodos da temporada, a AST diminuiu significativamente na segunda metade do temporada compara com a primeira. No presente estudo não foi possível analisar os biomarcadores entre períodos durante a temporada, porém em estudos anteriores apresentaram redução dentro de um espaço de tempo de meio temporada nas concentrações de AST (Anđelković *et al.*, 2015; Alaphilippe *et al.*, 2012). Outros estudos também apresentaram resultados similares ao do presente estudo com aumento de AST após atividade física intensa com o futebol (Ekun *et al.*, 2017; Lippi *et al.*, 2011).

Em relação aos níveis de concentração plasmática de CK, LDH e AST para atletas lesionados, os quais foram coletados durante o tratamento não apresentaram diferença significativa a níveis basais e apresentaram níveis menores aos encontrados pós jogo. Isso diverge com os resultados apresentados no estudo de (Tamujo *et al.*, 2023) que analisou CK pós jogo de 80 jogadores de futebol ao longo de 4 temporadas, que obteve como resultado

maiores concentrações no CK pós jogo em atletas que se lesionaram e apresentou correlação dos níveis elevados de CK com a ocorrência de lesões musculares, porém quando feita a razão de chance, para cada aumento na unidade de CK a chance de lesão muscular aumentava em menos de 0,0004, demonstrando que a relação do aumento na CK não ter aumenta a possibilidade de chance a lesão muscular, deixando claro que a lesão é multifatorial.

Este estudo apresenta algumas limitações quanto não analisar os biomarcadores em diferentes grupos por posição de jogo, dividir entre jogos congestionados (2 jogos na semana) e semana simples (1 jogo na semana), diferença climática do local da partida e nível de oposição dos adversários são fatores que podem interferir nos resultados do presente estudo.

Conclusão

O presente estudo analisou os biomarcadores CK, AST e LDH em jogadores de futebol ao longo de uma temporada competitiva. Os resultados indicam que a fase de pré-temporada desempenha um papel no aumento significativo dos níveis de CK e LDH, refletindo o impacto das intensas cargas de treinamento, especialmente em atividades de alta intensidade como acelerações e desacelerações.

A elevação nas concentrações de CK e LDH após os jogos sugere uma resposta de dano muscular ao esforço físico, com pico notável em 12 horas pós-jogos. A AST, embora tenha experimentado aumentos significativos em diferentes períodos pós-jogo, não apresentou diferença significativa entre períodos da temporada, indicando uma possível adaptação ao longo do tempo.

Em conclusão, os resultados deste estudo contribuem para o entendimento dos efeitos do futebol nas concentrações de biomarcadores associados ao dano muscular ao longo de uma temporada competitiva, embora o aumento desses marcadores demonstre um impacto produzido pelo futebol, não foi encontrada relação direta com lesão muscular, sendo mais efetivo o seu uso na fase de recuperação pós jogo, sendo necessário considerar suas limitações para interpretação adequada.

Referências

ANĐELKOVIĆ, Marija *et al.* Hematological and biochemical parameters in elite soccer players during a competitive half season. **Journal of medical biochemistry**, v. 34, n. 4, p. 460, 2015.

ALAPHILIPPE, Anne *et al.* Longitudinal follow-up of biochemical markers of fatigue throughout a sporting season in young elite rugby players. **The Journal of strength & conditioning research**, v. 26, n. 12, p. 3376-3384, 2012.

ASCENSÃO, António *et al.* Biochemical impact of a soccer match—analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. **Clinical biochemistry**, v. 41, n. 10-11, p. 841-851, 2008.

BANFI Giuseppe, DEL FABBRO Massimo. Relation between serum creatinine and body mass index in elite athletes of different sport disciplines **British Journal of Sports Medicine**, v. 40, p. 675-678, 2006.

BECATTI, Matteo *et al.* Redox status alterations during the competitive season in elite soccer players: focus on peripheral leukocyte-derived ROS. **Internal and Emergency Medicine**, v. 12, p. 777-788, 2017.

BEZERRA, Jader de Andrade *et al.* Respostas de indicadores fisiológicos a um jogo de futebol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, p. 200-205, 2016.

BRANCACCIO, Paola; LIPPI, Giuseppe; MAFFULLI, Nicola. Biochemical markers of muscular damage. **Clinical chemistry and laboratory medicine**, v. 48, n. 6, p. 757-767, 2010.

BRANCACCIO, Paola; MAFFULLI, Nicola; LIMONGELLI, Francesco Mario. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **British medical bulletin**, v. 81, n. 1, p. 209-230, 2007.

COPPALLE, Sullivan *et al.* Relationship of pre-season training load with in-season biochemical markers, injuries and performance in professional soccer players. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 426414, 2019.

DE MOURA, Nivaldo R. *et al.* Muscle lesions and inflammation in futsal players according to their tactical positions. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 9, p. 2612-2618, 2013.

DEVRNJA, Antonela; MATKOVIĆ, Branka. The effects of a soccer match on muscle damage indicators. **Kinesiology**, v. 50, n. 1., p. 112-123, 2018.

DJAOUI, Léo *et al.* Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. **Physiology & behavior**, v. 181, p. 86-94, 2017.

EKUN, Oloruntoba Ayodele *et al.* Effects of football sporting activity on renal and liver functions among young undergraduate students of a Nigerian tertiary institution. **BMJ open sport & exercise medicine**, v. 3, n. 1, p. e000223, 2017.

GARCÍA-ROMERO-PÉREZ, Álvaro *et al.* Muscle damage biomarkers in congestion weeks in English premier league soccer players: A prospective study for two consecutive seasons. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 15, p. 7960, 2021.

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Álvaro *et al.* Changes in salivary levels of creatine kinase, lactate dehydrogenase, and aspartate aminotransferase after playing rugby sevens: the influence of gender. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 21, p. 8165, 2020.

HECKSTEDEN, Anne; MEYER, Tim. Blood-borne fatigue markers during major international football tournaments—a retrospective analysis of data from the FIFA World Championships and UEFA European Championships 2006–2016. **Science and Medicine in Football**, v. 4, n. 2, p. 135-141, 2020.

HECKSTEDEN, Anne *et al.* Blood-borne markers of fatigue in competitive athletes—results from simulated training camps. **PloS one**, v. 11, n. 2, p. e0148810, 2016.

HUGGINS, Robert A. *et al.* Monitoring blood biomarkers and training load throughout a collegiate soccer season. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 11, p. 3065-3077, 2019.

ISPIRLIDIS, Ioannis *et al.* Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. **Clinical journal of sport medicine**, v. 18, n. 5, p. 423-431, 2008.

JAMURTAS, Athanasios Z. *et al.* Iron status markers are only transiently affected by a football game. **Journal of sports sciences**, v. 33, n. 20, p. 2088-2099, 2015.

LEE, Elaine C. *et al.* Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes. **Journal of strength and conditioning research**, v. 31, n. 10, p. 2920, 2017.

LIPPI, Giuseppe *et al.* Significant variation of traditional markers of liver injury after a half-marathon run. **European Journal of Internal Medicine**, v. 22, n. 5, p. e36-e38, 2011.

MOHAMMED, Berria *et al.* Study of LDH adaptations associated with the development of Speed endurance in basketball players U19. **International Journal of Applied Exercise Physiology**, v. 7, n. 3, p. 35-43, 2018.

NEDELEC, Mathieu *et al.* The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 6, p. 1517-1523, 2014.

NOWAKOWSKA, Anna *et al.* Blood biomarkers of recovery efficiency in soccerplayers. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 18, p. 3279, 2019.

PODGÓRSKI, Tomasz *et al.* A Practical Approach to Monitoring Biomarkers of Inflammation and Muscle Damage in Youth Soccer Players During a 6- Month Training Cycle. **Journal of Human Kinetics**, v. 80, n. 1, p. 185-197, 2021.

RIBEIRO, João *et al.* Individual-based Creatine Kinase Reference Values in Response to Soccer Match-play. **International Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 06, p. 533-537, 2022.

SELMİ, Okba *et al.* Training, psychometric status, biological markers and neuromuscular fatigue in soccer. **Biology of sport**, v. 39, n. 2, p. 319-327, 2022.

SILVA, Joao R. *et al.* Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. **European journal of applied physiology**, v. 113, p. 2193-2201, 2013.

SZIGETI, György *et al.* Football movement profile analysis and creatine kinase relationships in youth national team players. **Physiology International**, v. 110, n. 1, p. 74-86, 2023.

TAMUJO, Augusto Camillo *et al.* Creatine kinase concentration on the second post-match day is not associated with risk of subsequent muscle injury in professional football players: a four-season cohort study. **The Physician and Sportsmedicine**, p. 1-6, 2023.

VIANA-GOMES, D. *et al.* Oxidative stress, muscle and liver cell damage in professional soccer players during a 2-game week schedule. **Science & Sports**, v. 33, n. 5, p. e221-e228, 2018.

CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO

Os resultados desta pesquisa proporcionam achados relevantes sobre a relação entre a carga interna, marcadores bioquímicos e lesões musculares em atletas de futebol profissional. A revisão sistemática destacou a diversidade de biomarcadores investigados em estudos anteriores, indicando uma abordagem abrangente na avaliação da resposta bioquímica ao treinamento e competições.

Ao analisar especificamente os biomarcadores CK, LDH e AST, observamos variações significativas ao longo da temporada e após as partidas. A elevação das concentrações desses biomarcadores após os jogos sugere um impacto direto do esforço físico no dano muscular dos atletas. Notavelmente, a persistência dessas elevações, especialmente para CK e LDH, destaca a importância de considerar não apenas o período imediato pós-jogo, mas também intervalos mais prolongados para avaliar completamente a recuperação muscular.

No entanto, é importante ressaltar que a complexidade das respostas bioquímicas e a variabilidade individual dos atletas requerem uma abordagem personalizada na interpretação dos resultados. O acompanhamento contínuo desses biomarcadores ao longo da temporada, juntamente com uma análise mais detalhada das condições específicas de treinamento e jogos, contribuirá para uma compreensão mais aprofundada da relação entre carga interna, biomarcadores e lesões musculares. Uma recomendação possível, seria a comparação de carga interna imposta ao atleta durante o jogo levando em consideração o nível de marcadores bioquímicos em relação a posições em jogo, nível de oponente e semanas congestionadas que podem nos trazer um resultado do desgaste sofrido pelo atleta individualmente e mais específico.

Em conclusão, os achados desta pesquisa oferecem uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias de treinamento e monitoramento personalizadas, visando otimizar o desempenho esportivo e mitigar os riscos associados a lesões em atletas de futebol de alto nível.

REFERÊNCIAS

ASCENSÃO, António *et al.* Biochemical impact of a soccer match—analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. **Clinical biochemistry**, v. 41, n. 10-11, p. 841-851, 2008.

BEZERRA, Jader de Andrade *et al.* Respostas de indicadores fisiológicos a um jogo de futebol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, p. 200-205, 2016.

BRANCACCIO, Paola; LIPPI, Giuseppe; MAFFULLI, Nicola. Biochemical markers of muscular damage. **Clinical chemistry and laboratory medicine**, v. 48, n. 6, p. 757-767, 2010.

CASCAIS, M. J. Exames Laboratoriais em Medicina Desportiva. **Revista Medicina Desportiva Informa**, v. 4, n. 2, p. 25-27, 2013.

COPPALLE, Sullivan *et al.* Relationship of pre-season training load with in-season biochemical markers, injuries and performance in professional soccer players. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 426414, 2019.

FATOUROS, Ioannis G. *et al.* Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 12, p. 3278-3286, 2010.

LAZARIM, Fernanda L. *et al.* The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 1, p. 85-90, 2009.

COELHO, Daniel Barbosa *et al.* Cinética da creatina quinase em jogadores de futebol profissional em uma temporada competitiva. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 13, p. 189-194, 2011.

OSORIO, Juan J. *et al.* Creatine phosphokinase and urea as biochemical markers of muscle injuries in professional football players. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 9, n. 4, 2018.

SILVA, João Renato *et al.* Biochemical impact of soccer: an analysis of hormonal, muscle damage, and redox markers during the season. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 39, n. 4, p. 432-438, 2014.

ANEXO A – Comitê de Ética em Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Exames de imagem, motricidade humana, mecanismos de lesão e desempenho esportivo em modalidades de ambos os gêneros.

Pesquisador: IGNACIO ANTONIO SEIXAS DA SILVA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 10529119.8.0000.5259

Instituição Proponente: Instituto de Educação Física e Desportos

Patrocinador Principal: Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.301.869

Apresentação do Projeto:

Transcrição editada do conteúdo do registro do protocolo e dos arquivos anexados à Plataforma Brasil.

Introdução: O futebol é um dos esportes mais populares do mundo e nos últimos anos vem sofrendo uma série de modificações que promoveram progresso na preparação física e técnica, com movimentos cíclicos alternados por intensos movimentos acíclicos com expressão excêntrica e que solicitam os vários sistemas energéticos. Esse aumento de intensidade de treinamentos e de estímulos no esporte geram danos que podem ser avallados pela expressão plasmática de várias enzimas musculares. **Objetivo:** Verificar as respostas da termografia, ultrassonografia e parâmetros bioquímicos como marcadores para prevenção de lesões musculares em diferentes momentos da periodização durante o ciclo menstrual no futebol feminino de alto rendimento. **Materiais e métodos:** As avaliações acontecerão de forma sistemática, durante uma pré-temporada no futebol feminino, e obedecerão a uma sequência de três momentos distintos: uma semana antes da pré-temporada, durante a pré-temporada no período mediano e ao final da pré-temporada com intervalos de 24h, 48h e 72h. A amostra do estudo será composta de jogadoras de futebol feminino profissional e será adquirida imagem termográfica e ultrassonografia da musculatura do quadríceps, dos isquiotibiais e dos gastrocnêmicos. Os biomarcadores de lesão muscular analisados serão: a creatinaquinase (CK), o lactato desidrogenase (LDH), cortisol, IGF-1,

Endereço: Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo

Bairro: Vila Isabel

CEP: 20.551-030

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)2868-8253

E-mail: cep.hupe.interno@gmail.com