

Análise sérica e urinária de biomarcadores de dano muscular em atletas profissionais de futsal

Plasmatic and urinary analysis of muscle damage biomarkers in professional futsal athletes

Luciano de Oliveira Siqueira¹ , Maria Eduarda Kegler Ramos¹ , Daniel Schwarzbach² ,
Lucas Marostica³ , Jose Claudio Fonseca Moreira⁴ 

1. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brasil

2. Farmacêutico na cidade de Erechim, RS, Brasil

3. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil

4. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

RESUMO

Introdução: Diante das alterações metabólicas advindas do esporte e as consequências da superação dos limites individuais nos esportes coletivos de elite, faz-se necessária a compreensão bioquímica dos fenômenos ocorridos nessa modalidade a fim de minimizar danos, aperfeiçoar o desempenho atlético e fornecer protocolos mais adequados para cada esporte e indivíduo. **Objetivo:** O presente estudo objetivou analisar o metabolismo de atletas profissionais durante o treinamento mediante determinação de biomarcadores sanguíneos e urinários de proteólise, lipólise, hemólise e microtrauma muscular. **Métodos:** A avaliação foi realizada com 12 atletas que participam na série Ouro da liga de futsal. Todos foram submetidos a um protocolo padrão de treinamento e amostras de sangue e urina foram coletadas em repouso e 15 minutos após a sessão de treinamento. **Resultados:** A análise estatística dos resultados mostra um aumento significativo ($p < 0,05$) nas contagens relativa (células/%) e absoluta (células/ μ L) de neutrófilos, bem como na concentração sérica de ácido úrico, colesterol total e frações HDL, ALT, LDH e CK-MM. Por outro lado, apresentaram uma diminuição estatisticamente significativa ($p < 0,05$) na concentração de magnésio, glicose, ureia urinária, contagem relativa de linfócitos, contagem absoluta de monócitos e eosinófilos (células/% e células/ μ L). **Conclusão:** Os resultados aqui obtidos permitem concluir que a compreensão bioquímica pode minimizar dano muscular, aperfeiçoar o desempenho atlético e oferecer formação de protocolos mais adequados para cada esporte.

Palavras-chave: bioquímica; medicina esportiva; desempenho atlético.

ABSTRACT

Introduction: In the view of metabolic changes resulting from sport and the consequences of overcoming individual limits in elite team sports, it is necessary to understand biochemically the phenomenon that occurs in this modality in order to minimize damage, improve athletic performance and provide protocols more suitable for every sport and individual. **Aim:** The present study aimed to analyze the metabolism of professional athletes during training by determining blood and urinary biomarkers of proteolysis, lipolysis, hemolysis and muscle microtrauma. **Methods:** The evaluation was carried out with 12 athletes participating in the Gold series of a futsal league. All were submitted to a standard training protocol and blood and urine samples were collected at rest and 15 minutes after the training session. **Results:** The statistical analysis of the results showed a significant increase ($p < 0.05$) in the relative (cells /%) and absolute (cells/ μ L) counts of neutrophils, as well as in the serum concentration of uric acid, total cholesterol and HDL fractions, ALT, LDH and CK-MM. On the other hand, it also showed a statistically significant decrease ($p < 0.05$) in the concentration of magnesium, glucose, urinary urea, relative lymphocyte count, absolute monocyte and eosinophil count (cells /% and cells/ μ L). **Conclusion:** The results obtained here allowed us to conclude that biochemical understanding can minimize muscle damage, improve athletic performance and offer the development of more appropriate protocols for each sport.

Keywords: biochemistry; sports medicine; athletic performance.

Introdução

Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), a atividade física é promotora de saúde mental (como na redução do estresse [1]) e física. Nesse sentido, sua prática regular pode trazer inúmeros benefícios [1,2]. O EAR (Esportes de Alto Rendimento) é uma prática esportiva de elite em que o atleta dedica muito tempo de treinamento para alcançar o máximo desempenho e resultados, estando sujeito a jornadas intensas de treino e estresse [3]. Portanto, tendo em vista as alterações das atividades metabólicas corporais advindas do esporte e a sua importância junto a prática correta, é fundamental a compreensão bioquímica dos processos que ocorrem durante os esportes coletivos de elite, a fim de minimizar danos musculares, aperfeiçoar o desempenho atlético e fornecer protocolos mais adequados para cada esporte e indivíduo.

A prática dos EAR, se baseada apenas em resultados, pode tornar-se nociva, visto que os atletas enfrentam cargas intensas com pouco tempo de recuperação, sem respeitar as individualidades e buscando superar seus limites [4]. No exercício físico intenso, um estresse metabólico é gerado, uma vez que, devido a demanda energética aumentada, a síntese de oxidantes é mais acentuada. A alta atividade muscular acarreta aumento das espécies reativas de oxigênio, que ultrapassam a capacidade antioxidante, promovendo uma oxidação que pode resultar em dano muscular, trazendo consequências contrárias às desejadas, como perda de força e menor desempenho atlético [5,6].

A análise sérica e urinária de marcadores bioquímicos pode contribuir na constatação e monitoramento dessa sobrecarga, já que o EAR pode aumentar a taxa plasmática de enzimas marcadoras de dano muscular como a creatina quinase (CK) e a lactato desidrogenase (LDH), assim como sinalizar o rompimento de fibras musculares, lesões, inflamações e microtraumas adaptativos [7]. Nesse contexto, o futsal é um jogo com predominância do sistema aeróbio, contudo, consiste em ações de alta intensidade que exigem grande nível físico, tático e esforço técnico dos jogadores, utilizando suporte do metabolismo anaeróbio [8,9]. Assim, é comum a ocorrência de eventos traumáticos e lesões durante as partidas [10].

A medicina esportiva tem avançado nas últimas décadas principalmente por prezar pela saúde, melhora da qualidade de vida, prevenção de lesões e potencialização do desempenho dos treinamentos de atletas profissionais ou amadores [11]. Através de um tratamento especializado e da compreensão fisiológica e bioquímica da rotina dos atletas, uma equipe multiprofissional avalia e gerencia treinos com dietas especializadas, adequando a intensidade e duração deles. Isso pode trazer resultados positivos na prevenção, tratamento e reabilitação de lesões, além de potencializar a performance dos praticantes. Dessa forma, o atleta pode conquistar resultados mais competitivos que aliados a uma vida saudável, contribuem para a sua adaptação.

Baseado nestas premissas, o presente estudo objetivou analisar o metabolismo e os efeitos bioquímicos do desporto em atletas profissionais durante o treina-

mento mediante determinação de biomarcadores sanguíneos e urinários de proteólise, lipólise, hemólise e microtrauma muscular.

Métodos

Trata-se de um estudo experimental, prospectivo de corte transversal de uma equipe de futsal integrante da Liga Nacional de Futsal. Participaram do estudo doze atletas do sexo masculino integrantes de um time de futsal participante da Liga Nacional de Futsal. Foram incluídos no estudo os atletas da equipe titular e reserva sem histórico de lesão no último ano; atletas de futsal há mais de 2 anos; treinando regularmente na equipe há mais de 1 ano; com dieta controlada e orientada por nutricionista. Foram excluídos os atletas afastados por lesão; fazendo uso de medicamentos; portadores de lesão recente e de doenças crônicas como diabetes, hipertensão.

Utilizou-se de uma amostra de conveniência em razão do caráter amostral ser extremamente específico (atletas de uma equipe de futsal) e homogêneo (elite integrante da Liga Nacional de Futsal).

Aspectos éticos

O trabalho foi desenvolvido segundo declarações e diretrizes sobre pesquisas que envolvem seres humanos: o Código de Nuremberg, Declaração de Helsinque e resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, bem como aprovado e regulamentado pelo Comitê de Ética da Universidade de Passo Fundo aprovado CAAE 18778119.5.0000.5342 parecer n° 3.688.601.

Condições ambientais

A sessão de treinamento foi realizada pela manhã, na quadra esportiva com piso de madeira (sede do clube) e durou aproximadamente 90 minutos. Os testes foram realizados a 15°C de temperatura ambiente, 88% de umidade relativa do ar (dia de chuva) e 783 metros acima do nível do mar. Os atletas estavam vestidos com roupas de treino leves (*dry fit*).

Protocolo do treino

O protocolo do treino incluía aproximadamente 30 minutos de atividade física, subdivididos em 3 fases:

- 10 minutos de corrida leve;
- 10 minutos alternando entre uma corrida rápida de 10 segundos e uma corrida leve de 20 segundos;
- 10 minutos alternando entre corrida rápida de 30 segundos e corrida leve de 90 segundos.

Após o treinamento aeróbico os atletas realizaram 30 minutos de exercícios para desenvolvimento das pernas. Foram três séries, com 12 repetições cada, e intervalos de 45 segundos para a recuperação entre um aparelho e outro.

Amostras de sangue

As amostras de sangue foram coletadas com antissepsia da fossa antecubital dos atletas em repouso e 15 minutos após o término da sessão de treinamento. Uma amostra de 2 mL foi armazenada em frascos contendo 2 mg/mL de EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) para análise sanguínea. Um hemograma completo com plaquetas foi realizado por contagem eletrônica de células por impedância ABX micros 60® (ABX Diagnostics, Montpellier, França). Uma contagem diferencial de leucócitos foi realizada por análise microscópica de 200 células (Nikon Eclipse 600®, Nikon Corporate Instruments, Japão) em lâminas de sangue coradas pela técnica de Romanowsky (Merck®). A análise diferencial das linhagens celulares foi expressa em contagens relativas (células/%) e absolutas (células/ μ L).

Para a obtenção do soro, o restante (8 mL) da amostra coletada foi armazenado em tubo de ensaio sem anticoagulante. Na sequência, foi centrifugado a 1500 rpm por 15 minutos. Então, o soro foi extraído e colocado em tubos de ensaio pré tratados com ácido nítrico a 30% por 24 horas e enxaguado cinco vezes com água bidestilada para medir espectrofotometricamente parâmetros bioquímicos como cálcio, fósforo, magnésio, glicose, ácido úrico, creatinina, ureia, proteínas totais, aminotransferases (ALT/AST) fosfatase alcalina, lactato desidrogenase (LDL), creatina quinase total, MB creatina quinase, triglicerídeos, colesterol total e frações utilizando métodos enzimáticos em kits comerciais seguindo as normas do fabricante (Labtest® Diagnostica AS - Belo Horizonte, Brasil) em um equipamento semiautomático da Labquest® (Labtest® Diagnostica AS, Belo Horizonte, Brasil). O sódio, potássio e cloretos foram medidos pela técnica de eletrodo íon seletivo Medica EasyLite® (Medica Corporate Profile, Bedford, Massachusetts EUA).

Amostras de urina

Uma amostra de aproximadamente 50mL urina, jato médio, com lavagem prévia dos genitais, foi coletada em frascos coletores universais, de atletas em repouso e até 15 minutos após a sessão de treinamento. As amostras foram coletadas em frascos padrão, que foram transferidos do local de coleta para o laboratório sob temperatura controlada. As amostras foram processadas imediatamente analisadas ao microscópio, conforme recomendada pela ABNT-CB 36 (in vitro). Eles foram centrifugados a 1800rpm por 10 minutos e 1mL do sobrenadante foi colhido para posterior análise bioquímica de proteínas urinárias totais, ácido úrico, creatinina e ureia (Labtest® Diagnostica S.A.).

A análise físico-química foi realizada por observação visual da aparência e da cor da urina, e a densidade foi medida por refratômetro de mão (LF® Equipamentos hospitalares, São Paulo, Brasil).

A análise química foi realizada com tiras de teste de polieletrólitos (Combur-Test Dade-Behring®), para determinar proteínas, glicose, nitrito, bilirrubina, pH, cetonas, leucócitos, sangue e urobilinogênio na amostra de urina não centrifugada.

A análise microscópica analisou o sedimento urinário em busca de células epiteliais, cristais, leucócitos, eritrócitos, bactérias, filamento de muco e cristais.

Análise estatística

Os resultados foram transpostos para uma planilha de trabalho para análise das medidas de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão). Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorof-Smirnov. Variáveis com distribuição gaussiana foram analisados estatisticamente, comparando-se as médias com o teste “t” para amostras pareadas (dados paramétricos). Para variáveis sem distribuição normal, aplicou-se o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney (dados não paramétricos), considerando $p < 0,05$ como nível mínimo de significância.

Resultados

Os atletas possuíam, em média, $25,5 \pm 4,8$ anos; 170 ± 4 cm de altura; $74,6 \pm 7,6$ kg de peso corporal; e apresentavam IMC de $24,2 \pm 1,9$ kg/m². Todos treinavam há mais de dois anos, utilizando calçados esportivos fornecidos pela empresa patrocinadora do clube e estavam em ótimas condições físicas. Além disso, não utilizavam medicamentos ou suplementos que pudessem interferir nas análises propostas e no desfecho do estudo. Todos os participantes estavam em repouso nas 48 horas anteriores ao treino.

Tabela I – Análise dos efeitos do treinamento agudo nos parâmetros bioquímicos e sanguíneos de atletas em repouso e 15 minutos após o treino

Marcadores	Repouso	Após exercício	P
Contagem relativa de linfócitos (células/%)	49,3 ± 2	35,1 ± 2	< 0,001*
Contagem relativa de eosinófilos (células/%)	4,0 ± 0,7	1,9 ± 0,4	0,001*
Contagem relativa de neutrófilos segmentados (células/%)	43,3 ± 2,8	60,1 ± 2,7	< 0,001*
Contagem absoluta de neutrófilos segmentado (célula/μL)	2604,5 ± 224	3556,0 ± 291	0,008*
Contagem absoluta de monócitos (células/μL)	312,2 ± 17	211,6 ± 18	< 0,001*
Contagem absoluta de eosinófilos (células /μL)	263 ± 4	117 ± 3	< 0,001*
Magnésio (mg/dL)	1,9 ± 0,1	1,2 ± 0,1	0,001*
Glicose (mg/dL)	92,7 ± 4,8	65,3 ± 3,4	< 0,001*
Ácido úrico	4,6 ± 0,2	6,0 ± 0,6	0,01*
Colesterol (mg/dL)	179,4 ± 9,4	197 ± 10	0,01*
Colesterol HDL (mg/dL)	46,1 ± 3	57,2 ± 5	0,003*
Alanina aminotransferase (UI/L)	12,5 ± 0,8	19,3 ± 1,3	< 0,001*
Lactato desidrogenase (UI/L)	126,9 ± 15	214 ± 15	0,002*
MM creatina quinase (UI/L)	251,8 ± 19	312 ± 26	0,04*
Ureia urinária (mg/mg creatinina)	40,7 ± 4,2	36,3 ± 3,6	0,03*

Os resultados são expressos como ± DP. * $p < 0,05$ em relação aos atletas em repouso por análise de dados paramétricos pelo teste “t” para amostras pareadas

A tabela I exhibe a análise dos efeitos do treinamento agudo nos parâmetros bioquímicos e sanguíneos dos atletas em repouso e 15 minutos após o treino. Os

resultados mostram um aumento estatisticamente significativo ($p < 0,05$) nas contagens relativas (células/%) e absolutas (células/ μL) de neutrófilos segmentados, na concentração sérica de ácido úrico, colesterol total, colesterol HDL, ALT, LDH, CK-MM, associada a uma diminuição estatisticamente significativa ($p < 0,05$) nas concentrações de magnésio, glicose e ureia urinária, contagem relativa de linfócitos, contagem absoluta de monócitos e na contagem absoluta e relativa de eosinófilos.

No entanto, parâmetros como: contagem de glóbulos vermelhos, hemoglobina, hematócrito, MCH, MCV, MCHC, plaquetas, proteínas, ureia e creatinina sérica e urinária, ácido úrico, AST, cálcio e cloro sérico, colesterol LDL e VLDL, triglicerídeos, fosfatase alcalina, fósforo, creatina quinase total e fração MB, ferro e potássio não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre o repouso e após o exercício (dados não mostrados).

Tabela II – Análise dos efeitos do treinamento agudo nos parâmetros físicos e químicos da urina de atletas em repouso e 15 minutos após o treinamento

Parâmetros	Repouso	Após exercício	P
Cilindros hialinos (nº mínimo)	0,0±0,0	2,9±3,9	0,02*
Cilindros hialinos (nº máximo)	0,0±0,0	5,8±2,0	0,007*
Cetonas	0,1±0,03	1,5±1,0	0,01*
Muco	0,7±0,5	1,7±0,8	0,01*

Os resultados são expressos como \pm DP; * $p < 0,05$ em relação aos atletas em repouso, pelo teste de Wilcoxon-Mann-Whitney para dados não paramétricos

Em alternativa, a tabela II analisa os efeitos do treinamento agudo nos parâmetros físicos e químicos da urina de atletas em repouso e 15 minutos após treinamento. Os resultados mostram um aumento estatisticamente significativo ($p < 0,05$) na quantidade de filamento de muco e de cilindros hialinos, indicando uma possível diminuição no fluxo urinário devido à perda de água renal induzida pela transpiração, além de um aumento de cetonas na urina, indicando um quadro lipolítico.

Por outro lado, variáveis de análise físico-química da urina como: cor, aparência (turbidez), densidade, reação a leucócitos, urobilinogênio, pH, glóbulos vermelhos e hemoglobina, bilirrubina, glicose, análise microscópica de células epiteliais, uratos amorfos, cristais de ácido úrico e cristais de oxalato de cálcio, não evidenciaram diferença significativa ($p < 0,05$) (dados não mostrados).

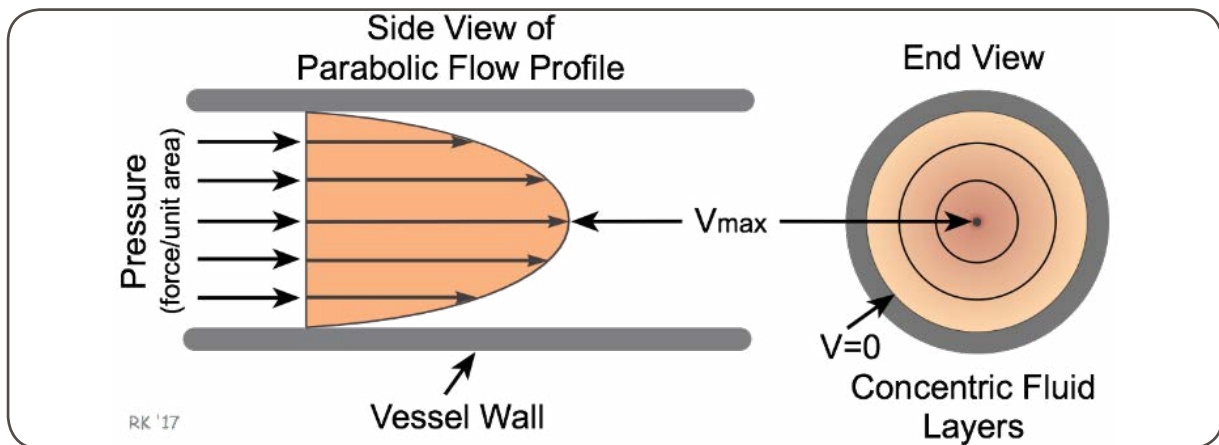
Discussão

A prática esportiva traz inúmeros benefícios desde que realizada com planejamento, adaptando o metabolismo às alterações bioquímicas e fisiológicas de cada indivíduo ao tipo, intensidade e duração do treino. A não adequação deste pode promover danos ao organismo, como aumento da suscetibilidade às lesões musculares, doenças inflamatórias, redução da capacidade antioxidante, perda de massa muscular e força, fadiga e menor desempenho atlético [12-14].

A análise de série vermelha do perfil hematológico dos atletas não apresentou diferença significativa pós treinamento em relação ao repouso quanto aos parâmetros: hemoglobina, eritrometria, hematócrito, MHC, MCV, MCHC e plaquetas séricas nesta investigação. Estes achados são corroborados por Bezerra [12], que avaliou os parâmetros bioquímicos de 42 atletas profissionais de futebol do sexo masculino antes, após, 24, 48 e 72 horas depois do jogo e não encontrou diferenças significativas nesses quesitos depois da partida. Essa análise é básica para diagnóstico de anemia, tornando-se um indicador de oxigenação e hidratação na medicina do esporte. Nesse sentido, a eritropoietina, por exemplo, é um hormônio que eleva as cifras de série vermelha, melhorando a capacidade oxidativa - a sua suplementação exógena é considerada doping [15]. O hematócrito mede a relação plasma/célula e é sensivelmente influenciado pela hidratação. Dessa maneira, elevações do valor de hematócrito estão relacionadas a desidratação e hemoconcentração [16]. A análise dos resultados mostra não ter diferença significativa em razão da temperatura ambiente amena (15°C) no dia do treino e a hidratação adequada.

Ainda no estudo de Bezerra [12], os resultados mostram que na coleta realizada 24h após o treino houve uma pequena redução nos hematócritos, hemoglobina e eritrócitos, que pode ser justificada pela hemodiluição [16] e estresse mecânico que podem acentuar a hemólise. Os índices de ferro, íon essencial para síntese de hemoglobina e transporte de oxigênio, se manteve sem diferença significativa neste atual estudo.

A tabela I mostra aumento estatisticamente significativo nas contagens relativas e absolutas de neutrófilos segmentados, combinada a uma redução significativa na contagem relativa de linfócitos e eosinófilos e contagem absoluta de eosinófilos e monócitos. O exercício físico ativa o eixo hipotálamo - hipófise - adrenal [17] e induz a resposta inflamatória, caracterizada por leucocitose, que se dá, entre outros fatores, pelo aumento de neutrófilos, que tem como função remover elementos indesejáveis relacionados à lesão tecidual por fagocitose [12,18]. O fluxo sanguíneo tem característica laminar, sua viscosidade e os elementos celulares fazem com que haja atrito com a parede do vaso, gerando uma força de cisalhamento (Figura 1). Assim, elementos menores, como hemácias, fluem de forma axial no centro do fluxo, rodeado por um fluxo de plasma onde fluem os leucócitos circulantes. Na periferia, ficam os leucócitos marginais que em razão da viscosidade e força de cisalhamento se deslocam numa velocidade menor que o pool circulante. A elevação de catecolaminas promove modificações hemodinâmicas, fazendo com que o pool de leucócitos marginais do vaso migre conjuntamente com os leucócitos circulantes no meio do vaso que justificam o desenvolvimento de uma leucocitose neutrofilica associada a uma redução de monócitos, linfócitos e eosinófilos aqui apresentada [19].



Fonte: Cardiovascular Physiology Concepts [34]

Figura 1 - Fluxo sanguíneo laminar

Conforme a tabela I, a análise da concentração urinária de proteínas, ácido úrico e creatinina não mostraram diferença significativa pós treino. Este achado vai de encontro ao estudo de Neto [13] que mostrou que o EAI (Exercício de Alta Intensidade) induziu a um quadro de proteinúria, cilindros e glóbulos vermelhos nas amostras de urina. O aumento foi atribuído a possível vasoconstrição da circulação renal, alterando a pressão hidrostática no glomérulo e promovendo a passagem de proteínas e glóbulos vermelhos através da membrana basal glomerular, principalmente quando associada a uma dieta rica em proteínas. Conclui-se que o protocolo experimental executado neste estudo não foi intenso suficiente a ponto de promover as alterações indicadas no estudo supracitado.

Por outro lado, os resultados expõem uma redução estatisticamente significativa dos níveis de ureia urinaria combinada a uma elevação da quantidade de muco e cilindros urinários. A prática esportiva promove um aumento da perda hídrica não renal através da transpiração, que pode reduzir o conteúdo hídrico corporal, a volemia e o débito urinário, favorecendo a gelificação de proteínas de Tamm Horsfall nos túbulos renais induzindo a formação de muco e cilindros em razão da perda hídrica [20].

A análise dos demais parâmetros urinários: cor, aparência (turbidez), densidade, reação a leucócitos, urobilinogênio, pH, glóbulos vermelhos e hemoglobina, bilirrubina, glicose, análise microscópica de células epiteliais, uratos amorfos, cristais de ácido úrico e cristais de oxalato de cálcio, não evidenciaram diferença significativa. Estes achados corroboram estudo de Neto [13] que também não encontrou alterações significativas em relação nestas variáveis após EAI. Por outro lado, o treinamento proposto promoveu uma elevação estatisticamente significativa na quantidade de cetonas urinárias, que indicam um quadro lipolítico, justificado pelo hábito que a maioria dos atletas relacionados costumam treinar no turno da manhã em jejum.

Dentre os compostos nitrogenados, houve um aumento significativo na concentração sérica de ácido úrico combinada a uma redução da ureia urinária. A atividade física promove um aumento no metabolismo de bases púricas [21], que via xantina oxidase é biotransformada em ácido úrico [22], que pode atuar como antio-

xidante. A hiperuricemia ocorre quando há aumento do metabolismo e/ou diminuição da eliminação do ácido úrico, podendo ocorrer em distúrbios na homeostase de sódio e água [21]. A ureia sérica pode ser resultante de proteólise, sendo sua excreção basicamente renal. A análise dos resultados mostra uma redução da eliminação renal de ureia, porém sua concentração plasmática não sofreu alteração significativa, indicando que o quadro de proteólise foi insipiente e que a redução urinária pode ter ocorrido por um quadro de redução volêmica, principalmente quando analisada com o aparecimento de muco e cilindros [23].

Em relação ao perfil lipídico, a tabela I mostra que o colesterol total e o colesterol HDL tiveram aumento significativo após o treino, enquanto o colesterol LDL, VLDL e os triglicerídeos não. Os resultados coincidem com a literatura existente, visto que a prática de esportes melhora o perfil lipídico, aumentando a capacidade do tecido muscular de utilizar ácidos graxos e elevando a atividade da enzima lipase lipoproteica, reduzindo os níveis de triglicerídeos e gerando um equilíbrio entre o colesterol HDL e LDL, sendo o primeiro, fator de proteção de doenças cardiovasculares [24,25].

Córdova [26] definiu o magnésio (Mg) como um mineral essencial importante no metabolismo energético e na função de contração e relaxamento muscular, sendo um cofator de reações enzimáticas envolvidas em processos anabólicos e catabólicos que afetam o desempenho muscular [26,27]. No presente estudo, verificou-se uma diminuição estatisticamente significativa nos níveis de magnésio pós-treino, fato que é corroborado por Castro [14], que confirma a perda elevada de magnésio no sangue e urina através da urina e suor em EAR. A redução dos níveis de magnésio associada a elevação da creatina quinase (CK-mm) pode levar ao entendimento de que o protocolo de treinamento aplicado se caracterizou por um quadro de microlesões. Além disso, pelo Mg ser um cofator de enzimas da rota glicolítica, também há indícios de que níveis adequados de Mg indicariam um quadro de fadiga, quando associado a redução glicêmica e relatos dos mesmos pós-treino [27].

Danos musculares podem ser detectados mediante análise da atividade de enzimas musculares como a creatina quinase (CK total e fração mm), lactato desidrogenase (LDH) ou aspartato aminotransferase (AST) [28]. A CK e a LDH são fragmentos de cadeia pesada da miosina e estão relacionadas com lesões no tecido muscular [29]. Elas são encontradas no citosol das células e não possuem a capacidade de atravessar a barreira sarcoplasmática [28,29]. A CK total é um marcador indireto de dano ao tecido, que catalisa a transformação de creatina em fosfocreatina a partir do trifosfato de adenosina (ATP), sendo utilizada para a detecção de fadiga ou sobrecarga muscular. Já a LDH é marcadora de lesões nos músculos esqueléticos pela ruptura de fibras musculares que pode ser entendida como diminuição de força e inflamação. O monitoramento conjunto dos níveis de CK e LDH mostra o grau de adaptação metabólica dos músculos esqueléticos [30].

A análise dos resultados mostra uma elevação estatisticamente significativa na atividade das 3 enzimas acima citadas. Os estudos de Barranco [28], Bezerra [12] e

Ferreira [31] apresentaram elevação nas concentrações séricas das enzimas CK, LDH e AST em atletas após a prática de futsal, futebol e ciclismo, respectivamente. A elevação destas enzimas musculares pode sinalizar alterações estruturais nas fibras musculares, indicando que o treino está provocando sobrecarga com consequente perda de desempenho muscular e atlético [31]. No presente estudo houve uma elevação significativa na atividade plasmática de CK-MM e LDH, enquanto não houve diferença significativa na creatina quinase total, nos níveis de AST e na fração CK-MB. Esses parâmetros bioquímicos podem ser utilizados no planejamento de estratégias para a recuperação muscular dos jogadores, assim como na redução de danos e consequente melhor desempenho muscular.

As aminotransferases são enzimas hepáticas que podem sofrer alterações em seus níveis após exercício físico, indicando lesões hepáticas, renais, cardíacas ou musculares [32]. A AST (aspartato aminotransferase) possui maior participação na lise muscular e índice de elevação em relação a ALT (alanina aminotransferase), podendo triplicar depois de um treino intenso. A ALT está presente em maior quantidade nos hepatócitos, por isso, seu aumento possui maior probabilidade de indicar patologia hepática ou ocorrer por elevação na temperatura corporal interna [31]. Elas aumentam em decorrência da tensão muscular excessiva, por danos ou degeneração do músculo esquelético. Nesse estudo, os níveis de AST não mostraram diferença significativa no repouso e pós-treino. Por outro lado, os níveis de ALT aumentaram de forma significativa. Quando há falta de glicogênio, o fígado precisa produzir glicose por outras fontes, fazendo com que aumente a gliconeogênese hepática, que utiliza lactato e aminoácidos como substrato. Por isso, devido ao catabolismo proteico, a atividade dessas enzimas pode aumentar [30].

O metabolismo ósseo influencia o desempenho atlético assim como a realização de exercícios físicos e tem um papel importante na mineralização óssea, podendo ajudar a manter a integridade esquelética e reduzir o risco de fraturas [33]. Entretanto, a análise da atividade da fosfatase alcalina, cálcio e fósforo não demonstraram diferença significativa neste estudo.

A presente investigação apresentou algumas limitações, como a amostra baixa de 12 atletas do sexo masculino, não servindo como valores de referências conclusivos. Outra limitação é que apesar da anamnese sobre a ingestão de medicamentos ou suplementos, não houve acompanhamento dietético nos dias que precederam o estudo. Por outro lado, inova-se, pois não foram encontradas literaturas que apresentassem e avaliassem, em conjunto, todos os parâmetros aqui analisados. Além disso, diferencia-se pela homogeneidade do grupo de atletas de futsal por se tratar dos campeões mundiais de futsal, com elevada preparação física e desempenho atlético. Ademais, os resultados permitem um entendimento sobre o funcionamento bioquímico corporal durante a prática esportiva e possui características e dados descritivos com pouca variância, o que pode ser levado em conta para as futuras pesquisas. Ademais, a análise foi realizada com atletas já adaptados, em treinamento de alto rendimento há mais de 2 anos.

Por fim, reconhece-se a necessidade de compreensão da análise dos marcadores bioquímicos referentes a proteólise, lipólise, hemólise e dano muscular durante as sessões de treinamento para que não haja perda do desempenho atlético e muscular e das capacidades corpóreas, possibilitando o alcance de bons resultados.

Conclusão

Os resultados aqui obtidos permitem concluir que o protocolo de treinamento proposto induziu a um quadro lipolítico decorrente da espoliação de carboidratos decorrente da baixa reserva (jejum) e da atividade glicolítica do treino. Entretanto, não apresentou sinais laboratoriais relevantes de proteólise. Ademais, a elevação dos biomarcadores enzimáticos caracteriza uma microlesão adaptativa sem sinais de dano/lesão muscular devido à elevação deles entre 25% (CK-MM) e 40% (LDH). Por fim, as alterações sanguíneas apresentadas no hemograma indicam um reflexo fisiológico do eixo hipotálamo - hipófise - adrenal, caracterizado por leucocitose neutrofílica com linfocitopenia. Portanto, o protocolo experimental de treino proposto mostrou-se satisfatório do ponto de vista bioquímico, uma vez que as adaptações metabólicas caracterizam adaptação ao treino sem sinais laboratoriais de danos.

Agradecimentos

Agradecemos a direção, a equipe técnica e principalmente a equipe C.E.R Atlântico Erechim Futsal que se voluntariaram para este estudo.

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fontes de financiamento

Financiamento próprio.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Siqueira LO; Obtenção de dados: Siqueira LO, Schwarzbach D, Marostica LL; Análise e interpretação dos dados: Siqueira LO, Moreira JCF; Análise estatística: Siqueira LO; Obtenção de financiamento: Siqueira LO; Redação do manuscrito: Siqueira LO, Ramos MEK; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Siqueira LO, Ramos MEK, Moreira JCF.

Referências

1. Oliveira VADS, Sinésio IYC, Cabral PUL, Cortez ACL, Meneses YPSF. Associação de atividade física e o estresse em pré-vestibulandos. *Rev Bras Fisiol Exerc* 2019;18(1):9-16. doi: 10.33233/rbfe.v18i1.2875
2. Organização Mundial da Saúde 2020 [Internet]. Physical. [citado 2021 Jan 15]. Available from: https://www.who.int/health-topics/physical-activity#tab=tab_1
3. Soares TC, Silva LAA, Norões ARL, Medeiros SRA, Cavalcante RMS. Efeitos da suplementação de glutamina em atletas de alto rendimento: uma revisão de literatura. *Rev Brasileira de Nutrição Esportiva* [Internet]. 2019;13(77):17-6. [citado 2021 Jan 15]. Available from: <http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/1215>.
4. Ministério da cidadania [Internet]. AFEs, Desenvolvimento humano e esporte de alto rendimento. [citado 2021 Jan 15]. Available from: <http://www.esporte.gov.br/snear/departamentos.jsp>.
5. Coqueiro AY, Mata Godois AM, Raizel R, Tirapegui J. Creatina como antioxidante em estados meta-

bólicos envolvendo estresse oxidativo. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício* [Internet] 2017;11(64):128-37. [citado 2021 Jan 15]. Available from: <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/1090>

6. Steinbacher P, Eckl P. Impact of oxidative stress on exercising skeletal muscle. *Biomolecules* 2015;5(2):356-77. doi: 10.3390/biom5020356

7. Chielle EO, Maziero JS. Efeito do exercício físico intenso nas concentrações sérica, salivar e urinária de marcadores de lesão músculo esquelética. *Evidência - Ciência e Biotecnol* 2018;18(1):41-58. doi: 10.18593/eba.v18i1.16666

8. Fikri S, Pradhila F, Dirganta D. Biomechanical analysis with optimal combination by using foot and distance when the futsal player passing the ball against the accuracy of the target. *Br J Sports Med*. 2016;50(22):e4.13-e4. doi: 10.1136/bjsports-2016-096952.20

9. Pereira-Neto E, Alves RC, Souza Júnior TP, Brandão LHA, Silva-Grigoletto ME, Almeida MB. Efeito agudo do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo sobre demanda metabólica de lactato em jovens futebolistas. *Rev Bras Fisiol Exerc* 2019;18(3):136. doi: 10.33233/rbfe.v18i3.3239

10. Tavana B, Nourian R, Memari AH, Noormohammadpour P, Kordi R. O-33 Futsal and injuries among recreational sport participants: a prospective field study. *Br J Sports Med* 2016;50(1):A19.1-A19. doi: 10.1136/bjsports-2016-097120.33

11. Silva TT. Questões éticas na prática da medicina do esporte na contemporaneidade. *Rev Bioética* 2019;27(1):62-6. doi: 10.1590/1983-80422019271287

12. Bezerra JA, Farias NO, Melo SVA, Silva RPM, Castro ACM, Martins FSB, et al. Respostas de indicadores fisiológicos a um jogo de futebol. *Rev Bras Med do Esporte* 2016;22(3):200-5. doi: 10.1590/1517-869220162203137068

13. Neto OPM, Carvalho AS, Nicolau LS, Costa AC, Dias GPS. Análise da proteinúria após exercício físico intenso. *Rev Bras Anal Clin* 2017;49(3):256-62. doi: 10.21877/2448-3877.201700564

14. Castro KR, Dantas MP, Teixeira R V, Santos GC, Neto PA, Ururahy MG, et al. Relação de magnésio sérico e capacidade de sprints repetidos em crianças. *Rev Motricidade* 2019;15(1)23-8.

15. Bueno C. Competições de alto risco. *Ciência e Cultura* 2017;69(2):22-4. doi: 10.21800/2317-66602017000200009

16. Marques GC, Ferre-Douza V. Análise do perfil hematológico de praticantes de atividade física para hipertrofia muscular, usuários ou não de suplementos e esteróides anabolizantes. *FOCO: Caderno de Estudos e Pesquisa* [Internet] 2017;13:54-70. [citado 2021 Jan 15]. Available from: <http://www.revista-foco.inf.br/index.php/FocoFimi/article/view/497>

17. Duclos M, Tabarin A. Exercise and the hypothalamo-pituitary-adrenal axis. *Front Horm Res* 2016;47:12-26. doi: 10.1159/000445149

18. Lima FD, Oliveira RJ, Albuquerque RC, Correia ALM, Dantas RAE, Mota MR. Respostas hematológica agudas ao teste incremental máximo em esteira. *Motricidade* 2016;12(3):39-44. doi: 10.6063/motricidade.6327.

19. Dias R, Baganha RJ, Cieslak F, Krinski K, Camarço NF, Verlengia R, et al. Parâmetros imunológicos e infecções do trato respiratório superior em atletas de esportes coletivos. *Rev Bras Med do Esporte* 2017;23(1):66-72. doi: 10.1590/1517-869220172301149299

20. Morales JV, Guimarães J, Barros E. Proteinúria: avaliação clínica e laboratorial. *Clin Biomed Res* [Internet] 2006;16(3):95-101. [citado 2021 Jan 15]. Available from: <https://seer.ufrgs.br/hcpa/article/view/99823>

21. Wolyniec W, Ratkowski W, Kasproicz K, Malgorzewickz S, Aleksandrowickz E, Witek K, et al. Changes in electrolytes and uric acid excretion during and after a 100 km run. *J Biol Regul Homeost Agents* [Internet] 2018;5:1205-10. [citado 2021 Jan 15]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30334414/>

22. Ndrepepa G. Uric acid and cardiovascular disease. *Clinica Chim Acta* 2018;484:150-63. doi: 10.1016/j.cca.2018.05.046

23. Silva ASR, Santhiago V, Papoti M, Gobatto CA. Comportamento das concentrações séricas e urinárias de creatinina e uréia ao longo de uma periodização desenvolvida em futebolistas profissionais: Relações com a taxa de filtração glomerular. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12(6):327-32. doi: 10.1590/S1517-86922006000600006

24. Paula A, Ferreira S, Picolli T, Bordin A, Rech A, Poeta J, et al. Baixos níveis de atividade física estão associados a prejuízos no perfil lipídico e aumento do percentual de gordura de indivíduos idosos. *Rev*

Bras Ciênc Mov 2015;23(3):135-42. doi: 10.18511/0103-1716/rbcm.v23n3p135-142

25. Ghafouri K, Cooney J, Bedford DK, Wilson J, Caslake MJ, Gill JMR. Moderate exercise increases affinity of large very low-density lipoproteins for hydrolysis by lipoprotein lipase. *J Clin Endocrinol Metab* 2015;100(6):2205-13. doi: 10.1210/jc.2015-1196

26. Córdova A, Mielgo-Ayuso J, Fernandez-Lázaro D, Roche E, Caballero-García A. Impact of magnesium supplementation in muscle damage of professional cyclists competing in a stage race. *Nutrients* 2019;11(8):1927. doi: 10.3390/nu11081927

27. Zhang Y, Xun P, Wang R, Mao L, He K. Can magnesium enhance exercise performance? *Nutrients* 2017;9(9):946. doi: 10.3390/nu9090946

28. Barranco T, Tvarijonaviciute A, Tecles F, Carrillo JM, Sánchez-Resalt C, Jimenez-Reyes P, et al. Changes in creatine kinase, lactate dehydrogenase and aspartate aminotransferase in saliva samples after an intense exercise: A pilot study. *J Sports Med Phys Fitness* 2018;85(6):910-6. doi: 10.23736/s0022-4707.17.07214-0

29. Callegari GA, Novaes JS, Neto GR, Dias I, Garrido ND, Dani C. Creatine kinase and lactate dehydrogenase responses after different resistance and aerobic exercise protocols. *J Hum Kinet* 2017;58(1):65-72. doi: 10.1515/2Fhukin-2017-0071

30. Isik O, Yildirim I, Ersoz Y, Koca HB, Dogan I, Ulutas E. Monitoring of pre-competition dehydration-induced skeletal muscle damage and inflammation levels among elite wrestlers. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2018;31(3):533-540. doi: 10.3233/bmr-170955

31. Ferreira BE, Morel EA, Tsalikis J, Costa CH, Mullher PDTG, Pontes ERJC. Alterações agudas induzidas por competição de ciclismo em biomarcadores enzimáticos e imunológicos. *Revista Brasileira Prescrição e Fisiologia do Exercício* [Internet] 2015;9(52):175-80. [citado 2021 Jan 15]. Available from: <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/752>

32. Krefta B, Vecchi C, Pinezi FG, Mezzomo TR. Monitoramento de eletrólitos, de marcadores de danos musculares e função renal em atletas de futebol de elite. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva* [Internet] 2018;11(68):1042-9. [citado 2021 Jan 15]. Available from: <http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/960>

33. Filippella M, Altieri B, Falchetti A, Cosso R, Cena H, Musso C, et al. Bone metabolism, bone mass and structural integrity profile in professional male football players. *J Sports Med Phys Fitness* 2020;60(6):912-8. doi: 10.23736/S0022-4707.20.09913-2

34. Cardiovascular Physiology Concepts [Internet]. Laminar Flow; 2018. [citado 2021 Jan 15]. Available from: www.cvphysiology.com/Hemodynamics/H006