

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

Adelino Sanchez Ramos da Silva¹, Vanessa Santhiago¹, Marcelo Papoti^{1,2} e Claudio Alexandre Gobatto¹

RESUMO

As determinações de creatinina e uréia têm sido utilizadas para avaliar o impacto do treinamento físico. Portanto, o principal objetivo do presente estudo foi verificar o comportamento das concentrações séricas e urinárias de creatinina e uréia em futebolistas profissionais ao longo de uma periodização. Participaram do estudo 18 jogadores de futebol que foram avaliados no início (T1), meio (T2) e fim (T3) de uma periodização específica. Os atletas foram submetidos às avaliações antropométrica e de determinação da capacidade aeróbia e da eficiência do metabolismo anaeróbio alático. As concentrações de creatinina e uréia dos atletas foram mensuradas no soro e na urina, além da taxa de filtração glomerular (TFG), determinada por três métodos distintos, sendo um independente e dois dependentes do volume urinário. A análise das respostas das variáveis em T1, T2 e T3 foi realizada por *Anova one-way*, seguida de *post hoc* de Newman-Keuls, assim como foi aplicado teste de correlação de Pearson. Para todos os casos o nível de significância prefixado foi de 5%. Houve melhora nos parâmetros aeróbio ($p < 0,01$) e anaeróbio alático ($p < 0,01$) ao longo da periodização, assim como foi verificada diminuição do volume urinário ($p < 0,05$) ao longo do estudo. As concentrações de creatinina apresentaram comportamento oposto quando determinadas no soro ($p < 0,05$) e na urina ($p < 0,01$) ao longo da periodização, não apresentando correlações significativas. Todos os métodos de determinação de TFG mostraram redução dos valores ($p < 0,05$) em resposta ao treinamento periodizado. Foram observadas correlações significativas entre todos os métodos em T1, e também em T2 e T3 apenas entre os métodos dependentes do volume urinário. De acordo com os resultados, é possível concluir que as concentrações de creatinina determinadas no soro e na urina de futebolistas profissionais foram sensíveis ao programa de treinamento desenvolvido; contudo, apresentaram comportamentos opostos. Isso provavelmente ocorreu devido à limitação metodológica da técnica de coleta de urina de 24h.

ABSTRACT

Behavior of the creatinine and urea seric and urinary concentrations during a periodization developed in professional soccer players: relations with the glomerular filtration rate

The creatinine and urea responses have been extensively used to evaluate the physical training impact. Therefore, the purpose of

Palavras-chave: Função renal. Volume urinário. Treinamento desportivo. Jogadores de futebol.

Keywords: Renal function. Urinary volume. Physical training. Soccer players.

Palabras-clave: Función renal. Volumen urinario. Entrenamiento físico. Jugadores de fútbol.

this study was to investigate the behavior of serum and urinary creatinine and urea concentrations during a soccer training program. Eighteen Brazilian soccer players were evaluated at the beginning (T1), in the middle (T2) and at the end (T3) of a soccer training program. The athletes had their anthropometric characteristics, aerobic capacity and alactic anaerobic metabolism efficiency assessed. Besides the measurement of serum and urinary creatinine and urea concentrations, the athletes had their creatinine clearance evaluated by three different methods. While the first method was independent from the urinary volume, the others were dependent. Anova one-way test followed by Newman-Keuls and Pearson product-moment coefficient were used to verify the responses and correlations of the data to the soccer training program. A significance level of 5% was chosen. The soccer training program led to an increase in aerobic ($p < 0.01$) and alactic anaerobic ($p < 0.01$) performances, however, the urinary volume diminished along the experiment ($p < 0.05$). The serum ($p < 0.05$) and urinary ($p < 0.01$) creatinine concentrations presented an opposite behavior during the soccer training program, in addition, there were not observed significant correlations between this parameters in any period of the study. The creatinine clearance assessed by the three different methods decreased in response to the training ($p < 0.05$). Significant correlations for all methods were observed only in T1. However, the urinary volume dependent methods were statistically correlated in T2 and T3. According to results, it can concluded that the serum and urinary creatinine concentrations were sensible to the training program developed, but presented opposite behaviour. This probably occurred due the limitations of the urinary method to assay creatinine and urea.

RESUMEN

Comportamiento de las concentraciones séricas y urinarias de creatinina y urea a lo largo de una periodicidad desarrollada en futbolistas profesionales: relaciones con la tasa de filtración glomerular

Las respuestas de urea y creatinina han sido extensamente usadas para evaluar el impacto del entrenamiento físico. De ahí que el propósito de nuestro estudio ha sido el de investigar el comportamiento del suero y la creatinina urinaria y las concentraciones de urea durante el entrenamiento de fútbol. Fueron evaluados 18 jugadores brasileños de fútbol al inicio (T1), a la mitad (T2) y en el final (T3) de un programa de entrenamiento de fútbol. En los atletas se midieron la eficiencia de sus características antropométricas, capacidad aeróbica y metabolismo anaeróbico alático. Sumadas a las medidas de suero y creatinina urinaria y concentraciones

1. Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, São Paulo.

2. Faculdades Integradas de Bauru (FIB), Bauru, São Paulo.

Recebido em 5/5/06. Versão final recebida em 17/7/06. Aceito em 24/8/06.

Endereço para correspondência: Adelino Sanchez Ramos da Silva, Av. Miguel Damha, s/n, Caixa postal 762, Fazenda do Urso – 13560-970 – São Carlos, SP. E-mail: adelinosanchez@hotmail.com

de urea, también se evaluó en los atletas la eliminación de creatinina mediante tres métodos diferentes. Mientras que el primer método fue independiente del volumen urinario, los otros fueron dependientes. Para verificar las respuestas y la correlación de datos en el programa de entrenamiento de fútbol se utilizó el test de ANOVA (one-way), seguido del coeficiente de Newman-Keuls y Pearson, producto-momento y escogimos un nivel de significancia de 5%. El programa de entrenamiento de fútbol midió un incremento en el desempeño aeróbico ($p < 0.01$) y un desempeño alático anaeróbico ($p < 0.01$), más aún, el volumen de orina disminuyó a lo largo de la experiencia ($p < 0.05$). Las concentraciones de suero ($p < 0.05$) y creatinina urinaria ($p < 0.01$) presentaron un comportamiento opuesto durante el programa de entrenamiento, en contrapartida, no se observó correlación significativa entre los parámetros durante el periodo de estudio. La medición hecha de la eliminación de creatinina por los tres métodos disminuyó como respuesta al entrenamiento. Se observó correlación significativa para T1 en todos los métodos. Sin embargo, el volumen de orina dependiente del método fue correlacionado estadísticamente en T2 y T3. De acuerdo a nuestros resultados, podemos concluir que las concentraciones séricas y urinarias de creatinina fueron sensibles al programa de entrenamiento desarrollado, a pesar de haber presentado comportamiento opuesto. Esto probablemente ocurrió debido a las limitaciones del método urinario para el desempeño de creatinina y urea.

INTRODUÇÃO

O futebol é um esporte dinâmico no qual a maximização da *performance* do atleta profissional é fundamentada no desenvolvimento adequado de um conjunto de fatores táticos, técnicos, nutricionais, psicológicos e físicos. De acordo com Bangsbo *et al.*⁽¹⁾, mais de 90% da energia despendida durante uma partida de futebol é fornecida pelo metabolismo aeróbio. Além disso, os atletas percorrem em média 10km⁽¹⁻²⁾ com intensidade próxima à do limiar anaeróbico, ou seja, 80 a 90% da frequência cardíaca máxima. Apesar de a base metabólica de uma partida de futebol ser aeróbia, a maioria das ações utilizadas para decidir um jogo (chutar, driblar e cabecear) é de caráter anaeróbio⁽³⁾.

A preparação física de uma equipe de futebol pode ser prejudicada pelo calendário de competições. Normalmente, em um campeonato de futebol disputado no Brasil, uma equipe participa em média de duas partidas por semana. Contudo, para que o atleta possa manter um nível satisfatório de competitividade ao longo do ano, é necessário que exista equilíbrio entre as cargas de trabalho (jogos e treinos) e o período destinado à recuperação⁽⁴⁻⁵⁾.

Contusões, redução da massa corporal total e desidratação podem acometer os atletas cujo período destinado à recuperação é insuficiente⁽⁴⁾. Portanto, o monitoramento regular de certas substâncias como creatinina e uréia pode servir como ferramenta na prevenção do desenvolvimento dos problemas citados acima⁽⁶⁻¹⁰⁾.

A creatinina é um composto orgânico nitrogenado e não protéico formado a partir da desidratação da creatina. Pode ser mensurada no sangue ou na urina e sua concentração permanece praticamente inalterada ao longo de 24h. O músculo esquelético é o maior sítio de produção da creatinina; dessa forma, variações em sua produção indicariam alterações diretamente proporcionais na massa muscular⁽¹⁰⁻¹¹⁾. A diminuição da massa muscular é um dos sintomas clássicos observados no supertreinamento^(4,12).

A creatinina também é extensivamente utilizada para avaliar a função renal através da taxa de filtração glomerular (TFG). A TFG pode ser obtida pela determinação das concentrações de creatinina no sangue e na urina; contudo, a grande dificuldade na mensuração da TFG é o protocolo de determinação na urina total, coletada durante um período de 24h⁽¹⁰⁾. Como forma alternativa, a TFG pode ser estimada utilizando-se apenas a concentração de creatinina no sangue⁽¹³⁾.

A uréia é sintetizada no fígado pelo dióxido de carbono e amônia, que são formados como produtos finais do catabolismo protéico. Após a síntese, a uréia é transportada pelo sangue para os rins, onde é filtrada pelos glomérulos⁽⁷⁾. Muitos autores têm associado o aumento das concentrações de uréia com o aumento do catabolismo protéico e da gliconeogênese em resposta a cargas de treinamento intenso^(7,14).

No âmbito futebolístico existe grande resistência por parte de diretores, comissão técnica e jogadores na realização de coletas de sangue para análise de parâmetros como creatinina e uréia. Isso ocorre principalmente devido ao caráter invasivo do procedimento. Assim, a utilização da urina pode ser uma forma alternativa e não invasiva da avaliação dessas substâncias em atletas de futebol. Além disso, de acordo com o conhecimento dos autores, nenhum estudo procurou avaliar as respostas dessas substâncias ao treinamento físico periodizado em futebolistas profissionais.

Dessa maneira, o objetivo principal do presente estudo foi verificar o comportamento das concentrações de creatinina e uréia, determinadas no soro e na urina, ao longo de uma periodização desenvolvida em futebolistas profissionais. Os objetivos secundários foram analisar se o método urinário pode ser utilizado como forma alternativa para a determinação das concentrações de creatinina e urina; avaliar o efeito do treinamento periodizado nos parâmetros de *performance* e na taxa de filtração glomerular e verificar as relações existentes entre as concentrações séricas de creatinina e uréia e os parâmetros de *performance* em futebolistas profissionais.

MÉTODOS

Participantes

Participaram do estudo 18 jogadores de futebol profissional do sexo masculino com idade média de 22,96 ± 2,44 anos. Os atletas, pertencentes a uma equipe filiada à Federação Paulista de Futebol, e a comissão técnica foram previamente informados quanto aos procedimentos a que seriam submetidos e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo comitê de ética em pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", *campus* de Rio Claro, autorizando a participação no estudo. Os atletas selecionados para o presente estudo não utilizavam a suplementação de creatina, proteínas e aminoácidos como recurso ergogênico.

Desenho experimental

As avaliações de *performance* foram realizadas em pista oficial de atletismo e as análises das amostras sanguíneas, soro e urina, no Laboratório de Biodinâmica da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", *campus* de Rio Claro. Os atletas foram avaliados no início (T1, semana 0), meio (T2, semana 6) e fim (T3, semana 12) de uma periodização desenvolvida em futebolistas profissionais.

As avaliações foram conduzidas em dois dias. No primeiro dia às 7:30 da manhã foram coletadas amostras sanguíneas (5mL) no estado de jejum para determinação das concentrações de creatinina e uréia no soro. Após as coletas, foi realizada a avaliação antropométrica. No segundo dia às 8:30 da manhã, os testes para determinação da *performance* anaeróbia alática e da capacidade aeróbia foram realizados em pista oficial de atletismo. A coleta da urina de 24h teve início no primeiro dia de avaliação.

Protocolo de treinamento

Durante o experimento, os atletas treinaram 10 sessões por semana acrescidas de uma partida oficial nos finais de semana entre T1-T2 e T2-T3. Houve incremento de 11,36% no volume médio de cada sessão de treinamento entre T1-T2 (88min) e T2-T3 (98min).

O protocolo de treinamento foi composto por treinamento de recuperação (ex.: corrida contínua com intensidade entre 50-60% da frequência cardíaca máxima); aeróbio (ex.: 70-80% e 80-90% da frequência cardíaca máxima entre T1-T2 e T2-T3, respectivamente); específico de futebol (ex.: atividades do jogo desempenhadas de acordo com a posição do atleta); específico de velocidade (ex.: esforços máximos entre 10-30m com e sem condução de bola); tático (ex.: atividades de acordo com o esquema tático proposto); técnico (ex.: ataque x defesa em campos reduzidos); coletivo (partida com as mesmas características de uma oficial realizada entre titulares e reservas em dois tempos de 30 min); e recreativo (ex.: atletas desempenhando funções distintas do usual durante o coletivo). A tabela 1 apresenta resumidamente as características do programa de treinamento entre T1-T2 e T2-T3.

TABELA 1
Características do programa de treinamento de 12 semanas desenvolvido em futebolistas profissionais

Tipo de treinamento	Duração da sessão	Frequência semanal		Varição da frequência semanal
		T1-T2	T2-T3	De T1-T2 para T2-T3
Recuperação*	30 min	4	2	-50%
Aeróbio*	60 min	4	2	-50%
Específico de futebol*	30 min	2	4	+100%
Específico de velocidade*	40 min	2	4	+100%
Tático*	30 min	2	4	+100%
Técnico*	40 min	2	4	+100%
Amistoso*	60 min	3	3	0%
Recreativo*	60 min	1	1	0%

* Todas as sessões de treinamento ocorreram após aquecimento padronizado de 15 min.

Avaliação antropométrica

Os atletas foram submetidos à avaliação antropométrica, que foi composta pela mensuração da estatura (E; cm) e da massa corporal total (MC; kg), posteriormente utilizadas para determinação da superfície corporal (SC; m²; equação 1).

$$SC = MC^{0,425} \times E^{0,725} \times 0,007184 \quad (\text{Equação 1})$$

O percentual de gordura (PG; %) foi obtido através da mensuração de quatro dobras cutâneas⁽¹⁵⁾ com o objetivo de quantificar a massa corporal magra (MCM; equação 2).

$$MCM = MC - (PG \times MC) \quad (\text{Equação 2})$$

Avaliação da eficiência do sistema anaeróbio alático

A eficiência do sistema anaeróbio alático dos futebolistas foi mensurada por um protocolo desenvolvido por Ananias *et al.*⁽¹⁶⁾ e compreendeu a realização de cinco esforços máximos de 30 metros, com um minuto de pausa passiva, e coletas de amostras de sangue para análise da lactacidemia no 1^o, 3^o e 5^o minuto após o término dos cinco esforços.

Foram registrados como parâmetros de *performance* anaeróbia alática: a velocidade média dos cinco esforços (Vm; m.s⁻¹), a concentração pico de lactato sanguíneo ([Lac]_{pico}; mmol.L⁻¹) e a razão entre a concentração pico de lactato sanguíneo e a velocidade média ([Lac]_{pico}/Vm; mmol.L⁻¹/m.s⁻¹) para cada atleta.

Avaliação da capacidade aeróbia

A capacidade aeróbia dos atletas foi obtida através da determinação da intensidade correspondente ao limiar anaeróbio (iLan). O protocolo utilizado foi o OBLA⁽¹⁷⁾ e consistiu na realização de quatro esforços submáximos de 800 metros com intensidades correspondentes a 12,4; 13,3; 14,4 e 15,7km.h⁻¹ que foram controladas por estímulos sonoros a cada 100 metros.

Entre as séries submáximas ocorreram intervalos passivos de aproximadamente 45 segundos para a coleta de sangue. A iLan

correspondeu à concentração de lactato de 4mM e foi obtida por interpolação exponencial da curva lactacidemia *versus* velocidade.

Determinação da concentração de lactato no sangue

Foram coletados 25µl de sangue arterializado do lóbulo da orelha através de capilares de vidro heparinizados e calibrados. O sangue foi depositado em tubos de 1,5mL para microcentrífugas, contendo 50µl de fluoreto de sódio (NaF - 1%), para posterior determinação da concentração de lactato sanguíneo (mM) em lactímetro eletroquímico *Yellow Spring Instruments* (YSI), modelo 1500 Sport.

Coleta e análise do soro

As coletas sanguíneas, realizadas com matérias descartáveis usando sistema a vácuo em um tubo de 5mL para sorologia sem anticoagulante (*Vacurette*®), foram conduzidas em laboratório particular, após jejum de 8h e com intervalo mínimo de 12h após a realização da última sessão de treinamento.

Após as coletas, os tubos foram colocados em banho-maria a 37°C durante 45 minutos e centrifugados por 10 minutos a 480g para a obtenção do soro, que foi estocado em tubos de 1,5mL para microcentrífugas a -10°C para análise das concentrações de creatinina⁽¹⁸⁾ e uréia⁽¹⁹⁾.

Coleta e análise da urina

Os atletas foram instruídos a desprezar a primeira urina do dia e, a partir desse momento, até 24h depois, toda urina eliminada foi coletada e armazenada em garrafas plásticas de dois litros com o auxílio de um funil. O volume de urina (mL) foi mensurado e as garrafas foram mantidas refrigeradas para análise das concentrações de creatinina⁽²⁰⁾ e uréia⁽¹⁹⁾.

Determinação da taxa de filtração glomerular (TFG)

A TFG foi determinada através de três métodos distintos:

1^o - TFG estimada através da creatinina sérica⁽¹³⁾ (mL.min⁻¹) (Equação 3)

$$TFG = (140 - \text{idade}) * \text{peso (kg)} / 72 * \text{creatinina sérica (mg.dL}^{-1})$$

2^o - TFG real não corrigida pela superfície corporal⁽²¹⁾ (mL.min⁻¹) (Equação 4)

$$TFG_{\text{real}} = [\text{vol urinário (mL)} / 1440 * \text{creatinina na urina (mg.dL}^{-1})] / \text{creatinina sérica (mg.dL}^{-1})$$

3^o - TFG real corrigida pela superfície corporal⁽²¹⁾ (mL.min⁻¹/1,73m²) (Equação 5).

$$TFG_{\text{real corrigida}} = \text{Equação 4} \times 1,73 / SC$$

Análise estatística

De acordo com o *Shapiro Wilk's W test*, o conjunto de dados apresentou distribuição normal e a homogeneidade foi verificada através do *Levine's test*. Dessa maneira, foi utilizado o teste *Anova one-way*, seguido pelo *post hoc* de Newman-Keuls quando necessário, com o intuito de verificar a resposta das variáveis analisadas ao longo de 12 semanas de periodização desenvolvida em futebolistas profissionais. Entre as variáveis foi aplicada a análise de correlação de Pearson. Os dados foram expressos em média ± desvio-padrão e o nível de significância prefixado foi de 5%.

RESULTADOS

De acordo com a tabela 2, é possível verificar que os parâmetros antropométricos não apresentaram alterações significativas ao longo da periodização.

A [Lac]_{pico} (mM) e a razão [Lac]_{pico}/Vm (mM/m.s⁻¹) diminuíram significativamente em T3 (4,27 ± 1,10mM e 0,65 ± 0,17mM/m.s⁻¹) quando comparadas com T1 (6,35 ± 1,94mM e 0,97 ± 0,29mM/m.s⁻¹) e T2 (5,50 ± 1,42mM e 0,82 ± 0,21mM/m.s⁻¹). Já a iLan

aumentou significativamente em T2 ($14,03 \pm 0,97 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) e T3 ($14,47 \pm 0,62 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) quando comparada com T1 ($13,05 \pm 1,03 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Não foram observadas correlações significativas entre os parâmetros anaeróbios aláticos e a capacidade aeróbia (tabela 3).

TABELA 2
Comportamento dos parâmetros antropométricos ao longo de uma periodização desenvolvida em futebolistas profissionais

	T1 (n = 13)	T2 (n = 18)	T3 (n = 15)
Massa corporal total (kg)	72,51 ± 7,71	72,97 ± 7,91	72,68 ± 8,26
Estatura (cm)	181,15 ± 8,40	180,94 ± 7,66	180,80 ± 6,73
Superfície corporal (m ²)	1,92 ± 0,14	1,85 ± 0,28	1,87 ± 0,27
Percentual de gordura (%)	7,38 ± 2,38	8,31 ± 2,81	7,97 ± 2,66
Massa corporal magra (kg)	67,09 ± 6,74	66,85 ± 7,02	67,57 ± 6,82

TABELA 3
Comportamento dos parâmetros da eficiência do sistema anaeróbio alático (V_m , $[\text{Lac}]_{\text{pico}}$, $[\text{Lac}]_{\text{pico}}/V_m$) e da capacidade aeróbia ($iLan$) ao longo de uma periodização desenvolvida em futebolistas profissionais

	T1 (n = 13)	T2 (n = 18)	T3 (n = 15)
V_m (m.s ⁻¹)	6,52 ± 0,20	6,68 ± 0,19	6,60 ± 0,18
$[\text{Lac}]_{\text{pico}}$ (mM)	6,35 ± 1,94	5,50 ± 1,42	4,27 ± 1,10**
$[\text{Lac}]_{\text{pico}}/V_m$ (mM/m.s ⁻¹)	0,97 ± 0,29	0,82 ± 0,21	0,65 ± 0,17**†
$iLan$ (km.h ⁻¹)	13,05 ± 1,03	14,03 ± 0,97*	14,47 ± 0,62*

V_m : Velocidade média; $[\text{Lac}]_{\text{pico}}$: Concentração pico de lactato sanguíneo; $iLan$: Intensidade correspondente ao limiar anaeróbio.

* Diferença significativa em relação a T1.

† Diferença significativa em relação a T2.

Na tabela 4 é possível verificar que, enquanto a concentração sérica de creatinina apresentou aumento significativo em T3 ($1,54 \pm 0,52 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) quando comparada com T1 ($1,14 \pm 0,31 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) e T2 ($1,24 \pm 0,26 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$), a concentração sérica de uréia permaneceu inalterada ao longo do estudo.

O volume urinário (mL) e as concentrações de creatinina ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) diminuíram significativamente em T2 ($569,17 \pm 348,38 \text{ mL}$ e $170,91 \pm 75,00 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) e T3 ($705,33 \pm 406,29 \text{ mL}$ e $112,44 \pm 30,01 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) quando comparadas com T1 ($1.026,15 \pm 498,61 \text{ mL}$ e $250,17 \pm 114,76 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$). As concentrações de creatinina também foram significativamente menores em T3 quando comparadas com T2. Já a concentração de creatinina 24h foi significativamente menor em T2 ($11,82 \pm 7,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}$) e T3 ($10,72 \pm 6,94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}$) quando comparada com T1 ($30,82 \pm 11,60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}$). Para a uréia determinada na urina ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) foi verificada diferença significativa entre T1 ($2.027,49 \pm 661,54 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) e T2 ($963,05 \pm 431,48 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) e entre T2 e T3 ($2.078,92 \pm 956,74 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$). As concentrações de uréia 24h em T2 ($5,03 \pm 3,50 \text{ mg}\cdot 24\text{h}^{-1}$) e T3 ($13,11 \pm 7,18 \text{ mg}\cdot 24\text{h}^{-1}$) foram significativamente menores do que em T1 ($18,26 \pm 6,07 \text{ mg}\cdot 24\text{h}^{-1}$), sendo ainda observada alteração significativa entre T3 e T2.

TABELA 4
Comportamento das concentrações séricas e urinárias de creatinina e uréia, e do volume urinário ao longo de uma periodização desenvolvida em futebolistas profissionais

Soro	T1 (n = 13)	T2 (n = 18)	T3 (n = 15)
Creatinina ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$)	1,14 ± 0,31	1,24 ± 0,26	1,54 ± 0,52**
Uréia ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$)	21,17 ± 4,35	19,49 ± 5,09	22,19 ± 5,66
Urina	T1 (n = 13)	T2 (n = 18)	T3 (n = 15)
Volume urinário (mL)	1.026,15 ± 498,61	569,17 ± 348,38*	705,33 ± 406,29*
Creatinina ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$)	250,17 ± 114,76	170,91 ± 75,00*	112,44 ± 30,01**
Creatinina 24h ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}$)	30,82 ± 11,60	11,82 ± 7,02*	10,72 ± 6,94*
Uréia ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$)	2.027,49 ± 661,54	963,05 ± 431,48*	2.078,92 ± 956,74†
Uréia 24h ($\text{mg}\cdot 24\text{h}^{-1}$)	18,26 ± 6,07	5,03 ± 3,50*	13,11 ± 7,18**†

* Diferença significativa em relação a T1.

† Diferença significativa em relação a T2.

A TFG estimada diminuiu significativamente em T3 ($84,36 \pm 25,29 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$) quando comparada com T1 ($119,92 \pm 28,38 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$). Além disso, a TFG não corrigida pela SC e a corrigida foram significativamente menores em T2 ($50,47 \pm 29,24 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e $47,88 \pm 27,05 \text{ mL}\cdot\text{mi}^{-1}/1,73\text{m}^2$) e T3 ($34,59 \pm 18,40 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e $30,24 \pm 15,77 \text{ mL}\cdot\text{mi}^{-1}/1,73\text{m}^2$) quando comparadas com T1 ($148,60 \pm 77,93 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e $134,23 \pm 71,68 \text{ mL}\cdot\text{mi}^{-1}/1,73\text{m}^2$) (tabela 5).

TABELA 5
Comportamento da taxa de filtração glomerular (TFG), determinada por três métodos distintos, ao longo de uma periodização desenvolvida em futebolistas profissionais

	T1 (n = 13)	T2 (n = 18)	T3 (n = 15)
TFG estimada ($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$)	119,92 ± 28,38	99,98 ± 26,18	84,36 ± 25,29*
TFG não corrigida pelo SC ($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$)	148,60 ± 77,93	50,47 ± 29,24*	34,59 ± 18,40*
TFG corrigida pelo SC ($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}/1,73\text{m}^2$)	134,23 ± 71,68	47,88 ± 27,05*	30,24 ± 15,77*

TFG: Taxa de filtração glomerular; SC: Superfície corporal.

* Diferença significativa em relação a T1.

De acordo com a tabela 6, não ocorreram correlações significativas entre as concentrações de creatinina e uréia determinadas no soro e na urina em nenhum dos períodos estudados.

TABELA 6
Correlações entre as concentrações de creatinina e uréia determinadas na urina e no soro de futebolistas profissionais ao longo de 12 semanas de treinamento periodizado

	Creatinina no soro ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$)			Uréia no soro ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Creatinina na urina ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$)	r = 0,17	r = -0,14	r = -0,05	x	x	x
Creatinina 24h na urina ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}$)	r = 0,26	r = -0,55	r = -0,29	x	x	x
Uréia na urina ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$)	x	x	x	r = 0,35	r = 0,27	r = 0,04
Uréia 24h na urina ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}$)	x	x	x	r = 0,14	r = 0,07	r = -0,08

De acordo com a tabela 7, a TFG estimada apresentou correlação significativa com a TFG não corrigida pelo SC ($r = 0,70$) e com a TFG corrigida pelo SC ($r = 0,76$) apenas em T1.

TABELA 7
Correlações entre a taxa de filtração glomerular (TFG) estimada e as taxas de filtração glomerular não corrigida pela superfície corporal e corrigida pela superfície corporal de futebolistas profissionais ao longo de 12 semanas de treinamento periodizado

	TFG estimada ($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$)		
	T1	T2	T3
TFG não corrigida pelo SC ($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$)	r = 0,70*	r = 0,32	r = -0,05
TFG corrigida pelo SC ($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}/1,73\text{m}^2$)	r = 0,76*	r = 0,25	r = -0,14

* Correlação significativa.

DISCUSSÃO

As características antropométricas dos futebolistas avaliados no presente estudo estão de acordo com os resultados encontrados na literatura nacional⁽²²⁾ e internacional⁽²³⁻²⁴⁾. Além disso, o fato de os parâmetros antropométricos não terem sofrido alterações significativas ao longo do treinamento também foi observado em futebolistas franceses⁽²⁴⁾.

A $[\text{Lac}]_{\text{pico}}$ e a razão $[\text{Lac}]_{\text{pico}}/V_m$ diminuíram significativamente ao longo do estudo e os resultados obtidos em T3 ($4,27 \pm 1,10 \text{ mM}$ e $0,65 \pm 0,17 \text{ mM}/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) foram semelhantes aos encontrados em futebolistas profissionais da 1ª divisão do futebol paulista e brasileiro⁽¹⁶⁾ ($4,5 \pm 1,00 \text{ mM}$ e $0,66 \pm 0,16 \text{ mM}/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

A diminuição da concentração de lactato sanguíneo acumulado em resposta a esforços anaeróbios aláticos intermitentes pode

ser explicada através de duas hipóteses. A primeira está relacionada com o aumento da capacidade de produção de energia fornecida pelo sistema anaeróbio alático, ou seja, em resposta ao treinamento específico, o atleta apresentaria maiores quantidades de fosfagênios (ATP-CP) estocados. Assim, a participação da via anaeróbia láctica no fornecimento de energia para realização de esforços anaeróbios aláticos seria retardada e, conseqüentemente, a produção de lactato sanguíneo nesse tipo de exercício seria menor⁽¹⁶⁾.

A segunda hipótese é baseada na premissa de que atletas que possuem alta capacidade aeróbia removem com maior facilidade o lactato produzido em exercícios anaeróbios. Dessa maneira, em resposta ao treinamento periodizado, os atletas que apresentem aumento no limiar anaeróbio devem recuperar de forma mais rápida o sistema anaeróbio alático⁽²⁵⁻²⁶⁾.

Os resultados do presente estudo indicam que a melhora da eficiência do sistema anaeróbio alático provavelmente ocorreu devido ao aumento dos estoques energéticos de ATP-CP, visto que não foram observadas correlações significativas entre os parâmetros anaeróbios aláticos e o limiar anaeróbio em nenhum dos períodos avaliados.

A *il*an aumentou significativamente entre T1-T2 e T1-T3; além disso, os valores observados em T3 ($14,47 \pm 0,62 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) foram similares aos achados de Silva *et al.*⁽²²⁾ ($14,28 \pm 0,62 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$); no entanto, foram inferiores aos resultados obtidos por Ananias *et al.*⁽¹⁶⁾ ($16,1 \pm 1,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$).

As diferenças destacadas acima podem ser explicadas pelo nível competitivo dos atletas avaliados. Os resultados do presente estudo e os apresentados por Silva *et al.*⁽²²⁾ foram provenientes de futebolistas profissionais que disputavam a 2ª divisão do campeonato paulista. Por outro lado, a amostra utilizada por Ananias *et al.*⁽¹⁶⁾ compreendeu jogadores que competiam na 1ª divisão dos campeonatos paulista e brasileiro.

O principal foco desta investigação foi verificar o comportamento das concentrações séricas e urinárias de creatinina e uréia ao longo de uma periodização desenvolvida em futebolistas profissionais. A concentração de creatinina no soro aumentou significativamente em T3 quando comparada a T1 e T2; contudo, devido à falta de correlações significativas, não é possível relacionar esse aumento com as alterações nas *performances* aeróbia e anaeróbia alática que também ocorreram no mesmo período do treinamento. Além disso, poucos estudos têm investigado a resposta da creatinina ao treinamento periodizado⁽⁸⁻⁹⁾.

Lehmann *et al.*⁽⁹⁾ não verificaram alterações significativas nas concentrações séricas de creatinina em resposta ao aumento do volume de treinamento em corredores de longa e média distância. O mesmo foi observado por Lehmann *et al.*⁽⁹⁾ em dois grupos de corredores, sendo que em um grupo houve incremento no volume enquanto que no outro, na intensidade.

A disparidade entre nossos achados e os citados acima pode ter ocorrido devido às diferenças entre as modalidades estudadas; contudo, o período de treinamento, no qual nossos atletas apresentaram aumento significativo nas concentrações de creatinina sérica, sofreu incrementos tanto no volume quanto na intensidade.

Por outro lado, as concentrações de creatinina ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) mensuradas na urina apresentaram comportamento oposto daquele observado na creatinina sérica, ou seja, diminuíram ao longo do experimento. Além disso, não foram observadas correlações significativas entre as concentrações de creatinina determinadas no soro e na urina. Paterson⁽²⁷⁾ constatou que a quantidade de creatinina sérica é mais constante e significante do que o volume de creatinina excretado na urina durante 24h.

As restrições metodológicas do protocolo de coleta da urina de 24h, previamente destacadas⁽¹⁰⁾, podem ser utilizadas para explicar a discrepância dos resultados observados no presente estudo. As principais limitações desse protocolo estão relacionadas à

exatidão do volume de urina excretado, ou seja, a inclusão da primeira urina no volume coletado, o esvaziamento incompleto da bexiga em cada micção e perdas de urina durante o banho e na defecação são alguns exemplos dos erros mais cometidos pelos avaliados⁽²⁸⁾. Normalmente, a excreção de creatinina 24h ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}$) é constante em indivíduos saudáveis. Dessa maneira, sua mensuração pode ser utilizada como forma de averiguar se a coleta foi realizada corretamente. Valores inferiores a $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}$ são indicativos de que a coleta foi conduzida inadequadamente⁽¹¹⁾.

Em nosso estudo, além de verificarmos diminuição significativa no volume de urina coletado ao longo da periodização, tanto em T2 quanto em T3, os valores de creatinina 24h ficaram abaixo de $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}$. Portanto, acreditamos que a amostra avaliada não seguiu corretamente as instruções para a coleta urinária durante 24h e provavelmente cometeu algum dos erros descritos acima.

Embora alguns autores tenham observado variações nas concentrações de uréia sérica em resposta ao treinamento intenso^(7,14), no presente estudo, assim como no de Halson *et al.*⁽⁶⁾ com ciclistas, não verificamos alterações significativas ao longo da periodização. Além disso, a faixa de variação das concentrações de uréia em todas as fases do treinamento permaneceu dentro dos valores de referência⁽⁷⁾ ($10\text{-}50 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$).

Em relação às concentrações de uréia ($\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$) e uréia 24h ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}$), verificamos diferenças significativas entre os períodos estudados. Contudo, como demonstramos anteriormente, devido à limitação do método de coleta de urina de 24h, esses resultados não são confiáveis e necessitam de mais estudos para ser confirmados.

Todos os métodos de determinação da TFG diminuíram em resposta ao treinamento periodizado; contudo as quedas percentuais entre T1-T2, T2-T3, e T1-T3 foram superiores para a TFG não corrigida pelo SC ($-66,04\%$, $-31,46\%$, $-76,72\%$) e TFG corrigida pelo SC ($-64,33\%$, $-36,84\%$, $-77,47\%$) em comparação com a TFG estimada ($-16,63\%$, $-15,62\%$, $-29,65\%$).

Além disso, foram verificadas correlações significativas da TFG estimada com TFG não corrigida pelo SC e TFG corrigida pelo SC apenas em T1. A falta de correlação nos demais períodos provavelmente ocorreu devido à limitação na coleta urinária destacada anteriormente. Contudo, ainda são carentes, na literatura, dados que abordem o comportamento da taxa de filtração glomerular ao longo do treinamento físico.

Os resultados obtidos no presente estudo são de extrema importância para os profissionais que trabalham com o futebol de alto nível, pois apresentam periodização que foi eficaz no desenvolvimento das *performances* aeróbia e anaeróbia alática. Por outro lado, a falta de correlação entre os parâmetros de *performance* e as concentrações séricas de creatinina e uréia restringe a utilização desses marcadores apenas ao monitoramento do treinamento, como substâncias sensíveis à mudanças de volume e intensidade. Outra limitação verificada ao longo do estudo foi a utilização da urina como forma alternativa para determinação das concentrações de uréia e creatinina.

Dessa maneira, podemos concluir que as concentrações de creatinina determinadas no soro e na urina de futebolistas profissionais foram sensíveis ao programa de treinamento desenvolvido; contudo, apresentaram comportamentos opostos. Isso provavelmente ocorreu devido à limitação metodológica da técnica de coleta de urina de 24h, que não deve ser utilizada em futebolistas profissionais como forma alternativa para avaliação das concentrações de creatinina e uréia.

Além disso, a periodização desenvolvida foi eficaz para a evolução das *performances* aeróbia e anaeróbia alática dos futebolistas e alterou a taxa de filtração glomerular dos mesmos. A falta de correlação entre a creatinina e uréia séricas e os parâmetros de *performance* demonstram a necessidade de mais investigações que possam elucidar com maior clareza a relação entre as concen-

trações séricas de creatinina e uréia e a *performance* de futebolistas profissionais. Uma alternativa talvez seja avaliar o desempenho global da equipe durante uma competição, em detrimento de avaliações individuais.

Apoio financeiro: Fapesp (04/15241-4), CNPq (130441/2004-0), Capes, Fundunesp (00844/03-DFP).

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Bangsbo J, Norregaard L, Thorsoe F. Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci.* 1991;16:110-6.
2. Helgerud J, Engen LC, Wisløff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:1925-31.
3. Chamari K, Hachana Y, Ahmed YB, Galy O, Sghaier, F, Chatard JC, et al. Field and laboratory testing in young elite soccer players. *Br J Sports Med.* 2004;38: 191-6.
4. Halson SL, Jeukendrup AE. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med.* 2004;34:967-81.
5. Silva ASR, Santhiago V, Gobatto CA. Compreendendo o overtraining no desporto: da definição ao tratamento. *Rev Port Cien Desp.* 2006;6.
6. Halson SL, Bridge MW, Meeusen R, Busschaert B, Gleeson M, Jones DA, et al. Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. *J Appl Physiol.* 2002;93:947-56.
7. Hartmann U, Mester J. Training and overtraining markers in selected sport events. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:209-15.
8. Lehmann M, Dickhuth HH, Gendrisch G, Lazar W, Thum M, Kaminsky R, et al. Training-overtraining: a prospective, experimental study with experienced middle and long distance runners. *Int J Sports Med.* 1991;12:444-52.
9. Lehmann M, Wiedland H, Gastmann U. Influence of an unaccustomed increase in training volume vs intensity on performance, hematological and blood-chemical parameters in distance runners. *J Sports Med Phys Fitness.* 1997;37:110-6.
10. Riehl O, Fontana KE, López RFA. Excreção de creatinina como meio de análise da massa magra corporal. *Lecturas Educación Física y Deportes.* 2004;10:1-8.
11. Burtis CA, Ashwood ER. *Tietz Text books of clinical chemistry.* 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders, 1994.
12. Petibois C, Cazola G, Poortmans JB, Deleris G. Biochemical aspects of overtraining in endurance sports: a review. *Sports Med.* 2002;32:867-78.
13. Cockcroft DW, Gault MH. Prediction of creatinine clearance from serum creatinine. *Nephron.* 1976;16:31-41.
14. Haralambie G, Berg A. Serum urea and amino nitrogen changes with exercise duration. *Eur J Appl Physiol.* 1976;36:39-48.
15. Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974;32:77-97.
16. Ananias GEO, Kokubun E, Molina R, Silva PRS, Cordeiro JR. Capacidade funcional, desempenho e solicitação metabólica em futebolistas profissionais durante situação real de jogo monitorado por análise cinematográfica. *Rev Bras Med Esporte.* 1998;4:87-95.
17. Mader A, Liesen H, Heck H, Philippi H, Rost R, Scharch PA, et al. Zur Beurteilung der sportartspezifischen ausdauerleistungsfähigkeit. *Sportarzt Sportmed.* 1976;27:80-8.
18. Larsen K. Creatinine assay by a reaction-kinetic principle. *Clin Chim Acta.* 1972; 41:209-17.
19. Crocker CL. Rapid determination of urea nitrogen in serum or plasma without desproteinization. *Am J Med Technol.* 1967;33:361-5.
20. Bartels H, Böhmer M, Heierli C. Serum creatinine determination without protein precipitation. *Clin Chim Acta.* 1972;37:193-7.
21. Nogueira DM, Strufaldi B, Hirata MH, Abdala DSP, Hirata RDC. Exploração funcional do rim. In: Nogueira DM, Strufaldi B, Hirata MH, Abdala DSP, Hirata RDC, editores. *Métodos de bioquímica clínica.* São Paulo: Pancast, 1990;149-51.
22. Silva ASR, Santos FNC, Santhiago V, Gobatto CA. Comparação entre métodos invasivos e não invasivos de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais. *Rev Bras Med Esporte.* 2005;11:233-7.
23. Esposito F, Impellizzeri FM, Margonato V, Vanni R, Pizzini G, Veicsteinas A. Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *Eur J Appl Physiol.* 2004;93:167-72.
24. Filaire E, Bernain X, Sagnol M, Lac G. Preliminary results on mood state, salivary testosterone: cortisol ratio and team performance in professional soccer team. *Eur J Appl Physiol.* 2001;86:179-84.
25. Donovan CM, Pagliassotti MJ. Endurance training enhances lactate clearance during hyperlactatemia. *Am J Physiol.* 1989;257:E782-E89.
26. Mac Rae HSH, Dennis SC, Bosch AN, Noakes TD. Effects of training in lactate production and removal during progressive exercise in humans. *J Appl Physiol.* 1992;72:1649-56.
27. Paterson N. Relative constancy of 24-hour urine volume and 24-hour creatinine output. *Clin Chim Acta.* 1967;18:57-8.
28. Henry JB. *Clinical diagnosis and management by laboratory methods.* 17th ed. Philadelphia: WB Saunders, 1984.