

Biquímica

Respostas hematológicas, bioquímicas e de indicadores do perfil nutricional de atletas fundistas após intervenção dietética

Leila Maria Lopes da Silva - CREF 981000401

Laboratório de Bioquímica de Proteínas UERJ
morenomu@um.es

L. C. Cameron

Laboratório de Bioquímica de Proteínas UERJ
Instituto de Genética e Bioquímica. Universidade Federal de Uberlândia
cameron@unirio.br

Jacqueline Carvalho Peixoto

Laboratório de Bioquímica de Proteínas UERJ
jacquelcp@uol.com.br

SILVA, L.M.L. da; PEIXOTO, J.C.; CAMERON, L. C. Respostas hematológicas, bioquímicas e de indicadores do perfil nutricional de atletas fundistas após intervenção dietética. *Fitness & Performance Journal*, v. 5, nº 1, p. 10 - 16, 2006.

Resumo - Atividades de alta intensidade induzem estresse físico e metabólico que promovem alterações no perfil hematológico e bioquímico de atletas. A atividade física e a dieta alteram o metabolismo em resposta ao estresse imposto pelo treinamento. A avaliação do perfil bioquímico e hematológico pode ser um instrumento importante para a análise do metabolismo durante o esforço, identificando precocemente alterações que possam prejudicar os resultados, a performance e a saúde de atletas. No presente estudo, avaliamos os efeitos da adequação alimentar de carboidratos e micronutrientes sobre o perfil bioquímico e hematológico em nove atletas fundistas do sexo masculino em fase pré-competitiva. Os sujeitos foram estudados em relação a sua composição corporal, hábitos alimentares através de recordatório alimentar e exames sanguíneos. Sua dieta então foi reorientada individualmente e, após nove meses, os atletas foram reavaliados. Os resultados mostraram que no período houve aumento de 10% no hematócrito e hemoglobina, aumento de trombócitos (12%), leucócitos (15%) e monócitos (28%). Foram encontradas redução da creatinina (22%), glicose (20%), globulinas (53%), colesterol (10%) e lipoproteínas plasmáticas. Nossos resultados mostram que pequenas modificações na dieta podem interferir nos parâmetros bioquímicos e hematológicos e que devemos considerar a prescrição individualizada para aumentar as possibilidades de treinamento e aumento da performance.

Palavras-chave: corrida de resistência, treinamento, perfil hematológico, perfil bioquímico, dieta

Endereço para correspondência:

Av. Pasteur, 296 - Térreo. CEP: 22290-240 - Rio de Janeiro - Brasil

Data de Recebimento: Novembro/2005

Data de Aprovação: Dezembro/2005

Copyright© 2006 por Colégio Brasileiro de Atividade Física Saúde e Esporte.

ABSTRACT

Increase in nutritional, hematological and biochemical parameters of long distance runners after dietary adequacy

High intensity activities induce physical and metabolic stress, which may provoke changes in biochemical and hematological profile. In the present work, it was evaluated the effects of nutritional diet adjustment in marathon runners, using biochemical and hematological profiles of nine male athletes, volunteers, in a pre-competitive moment. The athletes had their body composition, dietary anamneses and blood samples analyzed and an individual diet was proposed. It was used common food that had already been present in the athletes' diet to correct nutritional intake and, then, the athletes were reevaluated. Our results indicated that there was enhance in some hematological parameters, like hematocrit and hemoglobin; leukocytes and monocytes also increased ($p < 0.05$). There was a reduction of creatinine rates, serum glucose and globulins concentration. It was concluded that little diet changes could interfere in biochemical and hematological parameters and that it should be considered an individual diet prescription in order to improve training possibilities and to achieve performance increase.

Keywords: resistance running, training, hematological profile, biochemical profile, diet

RESUMEN

Respostas hematológicas y bioquímicas en los indicadores del perfil nutricional de los atletas fondistas después de intervención dietética

Actividades de alta intensidad inducen estrés físico y metabólico que llevan a alteraciones en el perfil hematológico y bioquímico de los atletas. En este estudio evaluamos los efectos de la adecuación nutricional especialmente de carbohidratos y micro nutrientes en indicadores hematológicos y bioquímicos de nueve atletas corredores de maratón. Los atletas tuvieron su análisis de su composición corporal, dieta y de sangre en dos fases con nueve meses de diferencia. Nuestros hallazgos demuestran que hubo una significativa elevación en parámetros hematológicos como el hematocrito y la concentración de hemoglobina, así como de monocitos y células blancas totales ($p < 0.05$). Hubo una reducción en las concentraciones de creatinina, glicosis y globulinas séricas. De estos datos podemos suponer que pequeñas adecuaciones en la dieta pueden interferir en parámetros hematológicos y bioquímicos y que debemos así considerar prescripciones dietéticas individuales para mejorar las posibilidades de entrenamiento y mejora de la performance.

Palabras-Clave: carrera de resistencia, entrenamiento, perfil hematológico, perfil bioquímico, dieta

INTRODUÇÃO

Atividades de alta intensidade induzem estresse físico e metabólico que podem promover alterações no perfil hematológico e bioquímico dos indivíduos (LEHMANN, et al., 1992; RIETJENS, et al., 2005). Estudos mostram que atividade física e dieta estimulam processos que, ao longo do tempo, alteram a morfologia e o metabolismo corporal, proporcionando adaptação ótima ao estresse imposto pelo treinamento (COYLE, 2000).

Adaptações fisiológicas associadas às atividades físicas dependem da intensidade e duração do esforço, portanto avaliação prévia do perfil bioquímico e hematológico pode ser um instrumento importante para a análise de estudos ligados ao metabolismo do esforço, já que possibilita a identificação precoce de alterações que possam prejudicar os resultados, a performance física e a saúde de atletas submetidos a estresse.

Estudos anteriores mostraram que atividades de alta intensidade induziram variações em parâmetros hematológicos e bioquímicos, interferindo nas condições metabólicas dos sujeitos (LEHMANN, et al., 1991, 1992; KAYASHIMA, et al., 1995; DUBOUCHAUD et al., 2000; TRAKADA & SPIROPOULOS, 2003). Exercícios de endurance podem provocar alterações hematológicas muitas vezes antagônicas. No setor vermelho, podem induzir hemoconcentração pelo aumento da pressão arterial, constrição venosa, acúmulo de metabólitos na musculatura exercitada, transpiração e perdas insensíveis de fluidos. A hemodiluição também ocorre em virtude da expansão do volume plasmático em resposta ao aumento dos níveis de renina, aldosterona, vasopressina e albumina. Por outro lado, modificações no setor branco também podem acontecer, já que estudos mostram a indução de leucocitose em resposta a atividades exaustivas, bem como leucopenia em períodos de recuperação do exercício, o que provavelmente pode interferir na condição imune de atletas (KAYASHIMA, et al., 1995; CASTELL & NEWSHOLME, 1997; GREEN et al., 2003). Em adição, alguns trabalhos demonstram trombocitose induzida

por atividades exaustivas, aumentando o risco de hiperviscosidade sanguínea (SELBY & EICHNER, 1986; EL SAYED, et al., 2005). Disfunções metabólicas sanguíneas progressivas, como anemias por deficiência na ingestão de ferro, folato ou cobalamina e hiperviscosidade sanguínea podem promover redução da performance e aumentar os riscos de acidentes cardiovasculares e trombogênicos (SELBY & EICHNER, 1986; COOK, 1994; STREIFF & BELL, 1994; EL-SAYED et al., 2005).

Já é consenso que o treinamento de alto rendimento deve estar associado a um programa nutricional adequado à intensidade do exercício (GLEESON & BISHOP, 2000; COYLE, 2000; BLANCHARD, et al., 2001; BURKE et al., 2004; VOLEK, 2004). A apropriada ingestão de carboidratos (CHOs), lipídios (LIPs) e proteínas (PTNs) pode minimizar o catabolismo protéico e a oxidação de gorduras que ocorrem em atividades prolongadas e que estão relacionados ao aumento da amonemia, excreção nitrogenada e cetoacidose (SNOW et al., 2000; BISSCHOP et al., 2003).

A depleção de CHOs pode aumentar a relação lactato/piruvato, diminuir intermediários para o ciclo de Krebs e estimular o ciclo das purinas, com aceleração da via oxidativa e glicolítica e elevação da amonemia (SAHLIN, 1990; SCHULZ & HERMANN, 2003). Dietas ricas em CHOs estão relacionadas à redução da fadiga e melhora da performance atlética em atividades prolongadas (COYLE et al., 2001; ANGUS, et al., 2002; ANDREWS et al., 2003; BURKE et al., 2004), portanto atletas que treinam regularmente devem consumir quantidades suficientes de CHOs (GLEESON & BISHOP, 2000). As recomendações diárias de CHOs sugeridas são de 8 a 10 g/kg de peso corporal (60%-70%) para atletas que treinam 2 horas ou mais diariamente (GLEESON & BISHOP, 2000; COYLE et al., 2001; BURKE et al., 2004).

A ingestão adequada de lipídios por atletas de atividades de resistência deve ser também considerada, já que em atividades

de longa duração os ácidos graxos contribuem com um grande percentual na geração de ATP. Estudos recentes mostram que o treinamento regular também pode interferir benéficamente no perfil lipídico de atletas, pelo aumento da fração HDL (SZAPARY, 2003; OLCHAWA, 2004). Em contrapartida, estudo de Brown e Cox (1998) demonstrou que dietas ricas em gorduras saturadas e carboidratos reduziram a fração HDL e aumentaram os triacilgliceróis de atletas, o que poderia ser um risco para acidentes cardiovasculares.

A ingestão adequada de proteínas (PTNs), como já bem estabelecido, permite melhor manutenção da atividade física, pela redução do catabolismo protéico (GLEESON & BISHOP, 2000), e para atletas de endurance que treinam regularmente, as recomendações de PTNs são de 1,6 g/kg de peso e para os lipídios ~20 a 30 % do valor energético total diário, com ênfase nos de origem vegetal (GLEESON & BISHOP, 2000; TARNOPOLSKY, 2004). Da mesma forma, a adequação de micronutrientes permite melhorar o status nutricional e de eletrólitos dos atletas (DENNIS et al., 1997).

O objetivo deste estudo foi analisar comparativamente os efeitos da adequação de carboidratos usuais na dieta e micronutrientes sobre o perfil bioquímico e hematológico de atletas fundistas.

MATERIAL E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram voluntariamente do estudo, nove atletas fundistas do sexo masculino em fase pré-competitiva de treinamento, com idade, peso, IMC, VO₂max e treinamento de, respectivamente, 33,7±5,8 anos, 65,3±6,5 Kg, 20,5±1,3 Kg/m², 64,3±4,7ml•Kg⁻¹•min⁻¹ e 147±6,7Km, não usuários de drogas ou fármacos. Os indivíduos assinaram termo de consentimento por escrito e, antes dos testes, foram instruídos quanto à natureza e aos procedimentos do estudo, que atendeu às normas para realização de pesquisa em seres humanos (CNS, 1996).

Dieta

Na primeira etapa do estudo, os participantes foram submetidos à avaliação antropométrica, avaliação dos hábitos alimentares através de recordatório alimentar para verificação da dieta habitual, fornecida majoritariamente pelo quartel onde serviam. O valor nutritivo das dietas foi calculado e analisado. Três dias depois, os indivíduos (n=9) foram submetidos à coleta sanguínea, para análise do perfil bioquímico e hematológico com scalp heparinizado. Para esta coleta, os sujeitos foram orientados a realizar um jejum duas horas antes, cujo valor energético foi de aproximadamente 1250kJ (~300 Kcal), com a seguinte distribuição de macronutrientes: 20% de PTNs, 40% de CHOs e 40% de LIPs. A partir dos resultados obtidos na Fase 1 (apresentados nas Tabelas 1, 2, 3 e 4), foi traçado um plano de intervenção nutricional individualizado, voltado para as necessidades da modalidade esportiva praticada; assim, propôs-se uma dieta contendo aproximadamente 17850 kJ (4270 Kcal) ou 270 kJ/Kg de peso/dia, sendo que 70% deste valor era fornecido por CHOs, 30 % por LIPs e 2 g de PTNs/Kg de peso/dia. A dieta teve como base alimentos de consumo usual dos atletas. Além da dieta, foi prescrita uma cápsula por dia, pela manhã, de uma suplementação comercial básica de vitaminas e minerais que atendeu a 100% das IDR'S. Àqueles indivíduos que apresentaram

valor reduzido de hematócrito na Fase 1, de pelo menos 40%, foi prescrita suplementação de sulfato ferroso (20 mg diários). Foram estabelecidas seis refeições diárias com um consumo médio de 600 g de CHOs (~9g/Kg peso), 150 g de LIPs (~2g/Kg peso) e 130 g de PTNs (~2,0g/Kg peso). A segunda etapa do estudo ocorreu após nove meses da intervenção acima descrita, com reavaliação trimestral da dieta, nas mesmas condições da Fase 1 (horário entre 7 e 8 h, e temperatura entre 25° e 28° C).

Análise Laboratorial

A coleta de sangue de veia livre de estase ocorreu através de catéter inserido em veia de antebraço direito de cada atleta. A contagem de células sanguíneas, bem como a de hemoglobina foram realizadas utilizando-se método eletrônico, através do equipamento Coulter- STKS. O ácido úrico foi determinado por sistema enzimático, através do método Trinder (KAGEYAMA, 1971), enquanto a creatinina pelo método Labtest (ROSCOE, 1953) e a uréia pelo método enzimático UV (HALLET & COOK, 1971). As análises da albumina e PTNs totais foram realizadas por método colorimétrico, empregando-se Verde de Bromocresol (WESTGARD, 1981) e Biureto (MEULEMANS, 1960), respectivamente. O sistema empregado para a determinação de Alanina Amino Transferase (ALT) e Aspartato Amino Transferase (AST) foi o método cinética UV – IFCC (KARMEN, 1955). As enzimas Desidrogenase Láctica, Gama Glutamil Transferase e Fosfatase Alcalina foram analisadas em modo cinético, utilizando-se o método Piruvato-Lactato (WESTGARD et al., 1981), Szasz modificado (SZASZ, 1969) e Bowers e Mc Comb modificado (McCOMB & BOWERS, 1981), respectivamente. Bilirrubinas direta e total foram determinadas através do método Sims-Horn (SIMS and HORN, 1958). Para determinar o colesterol total e os triacilgliceróis sanguíneos utilizou-se o método Enzimático-Trinder (TRINDER, 1969; GOOD et al., 1966; Mc GOWAN, 1983). Já o colesterol HDL foi determinado utilizando-se o método de Inibição Seletiva (VIRELLA et al., 1977; WARNICK et al., 1985). A fração de colesterol LDL foi calculada segundo a Equação de Friedewald (LDL-C = colesterol total – HDL-C – triacilgliceróis/5) e a VLDL através da seguinte fórmula: triacilgliceróis /5. A determinação de glicose foi realizada pelo sistema enzimático, através do método Bondar e Mead modificado (BONDAR & MEAD, 1974). O fósforo pelo sistema de fotometria em ultravioleta, método Daly e Ertingshausen modificado (DALY & ERTINGSHAUSEN, 1972). Os eletrólitos sódio, potássio e fósforo pelo método eletrodo seletivo. Todos os kits utilizados para as análises foram do laboratório Labtest Diagnóstica S.A., MG-Brasil.

Tratamento estatístico

Para análise estatística dos dados, utilizou-se tratamento descritivo com valores apresentados como média, erro padrão, desvio padrão e Δ% para a análise das diferenças percentuais entre as duas fases do estudo. Para comparação dos valores bioquímicos e hematológicos nos momentos distintos utilizou-se Teste T de Student pareado, considerando-se significativa a diferença para p<0,05.

RESULTADOS

A dieta habitual dos atletas possuía valor energético de 13500±1470 kJ (210 kJ•Kg⁻¹) (3230±351 Kcal, ~50 Kcal•Kg⁻¹), com distribuição de macronutrientes de 15% em PTNs, 55% em

CHOs e 30% em LIPs, e a dieta proposta apresentou aumento de 50 kJ•Kg⁻¹, sendo que 70% deste valor é fornecido por CHOs, obtendo-se um valor energético total de 17850 kJ (4270 Kcal) ou 270 kJ/Kg de peso/dia.

Os resultados das características físicas e de treinamento mostraram-se similares ao ano anterior ($p > 0,05$), sem diferenças entre as avaliações realizadas (Tabela 1).

Os setores vermelho e branco foram medidos para avaliar as modificações no hemograma após a intervenção dietética. A capacidade de transporte de oxigênio se alterou significativamente, com aumento de ~10% para a concentração de hemoglobina e hematócrito ($p < 0,05$), embora a contagem total de hemácias não tenha se alterado. Houve variação em algumas células do setor branco. Os leucócitos aumentaram aproximadamente 15% em relação à primeira fase do estudo ($p < 0,05$). Em relação aos eosinófilos e linfócitos (Tabela 2), não se verificou diferença significativa, porém os monócitos sofreram elevação de ~28% ($p < 0,05$). Houve também aumento do número de trombócitos em cerca de 12% (Tabela 2).

A resposta metabólica foi avaliada após adequação do treinamento e da dieta, através da análise de alguns parâmetros bioquímicos e de indicadores do status de macronutrientes. Durante o intervalo estudado, a concentração sérica de albumina não mostrou alteração significativa, em contrapartida as globulinas séricas reduziram cerca de 50% ($p < 0,05$). A glicemia apresentou redução de 19,5% em relação à Fase 1 do estudo, já o lipidograma do grupo mostrou variação no colesterol e nas frações de lipoproteínas ligadas ao colesterol, já que em resposta ao treinamento e a adequação dietética, houve diminuição significativa ($p < 0,05$) do colesterol em 10%, bem como das LDL (10,6%) e HDL (11,8%) (Tabela 3).

Indicadores de função hepática foram analisados para se avaliar as mudanças na capacidade metabólica. Não foram observadas modificações significativas nas bilirrubinas totais e seus componentes ($p > 0,05$). Da mesma forma, as concentrações séricas das enzimas aspartato-aminotransferase (AST), alanina-aminotransferase (ALT), e gama-glutamil transferase (GGT) não se alteraram significativamente. Por outro lado, a fosfatase alcalina sérica (AP) mostrou redução de 26,8% em relação à primeira verificação, enquanto que a concentração sérica de lactato desidrogenase aumentou em 52,2% (Tabela 4).

Para avaliar a função renal e suas relações com o metabolismo protéico alguns metabólitos nitrogenados foram medidos. Somente a creatinina sérica sofreu variação significativa, mostrando redução de 22% ($p < 0,05$) em sua concentração (Tabela 4).

DISCUSSÃO

Avaliações bioquímicas prévias para atletas de corridas de resistência são importante instrumento de análise de variações em parâmetros hematológicos e bioquímicos decorrentes da periodicidade de treinamentos mais intensos. Estudos recentes mostraram que corridas de maratona provocam alterações variadas em diversos parâmetros laboratoriais (TRAKADA & SPIROPOULOS, 2003; RIETJENS, et al., 2005). Assim, avaliações clínicas e bioquímicas devem ser realizadas dias antes ou depois de eventos competitivos para não gerar interpretações incorretas dos resultados. No presente estudo, as avaliações bioquímicas

TABELA 1
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E DE TREINAMENTO DOS ATLETAS

	2003	2004
Idade (anos)	32,9 ± 5,7	33,7 ± 5,7
Peso (Kg)	64,6 ± 7,0	65,3 ± 6,6
Altura (cm)	173,3 ± 6,3	173,3 ± 6,3
IMC (Kg/m ²)	20,6 ± 1,5	20,6 ± 1,5
Treinamento		
Dias/semana	6,7 ± 0,5	6,7 ± 0,5
Km/semana	145,7 ± 5,6	145,7 ± 5,6
VO ₂ max (ml•Kg ⁻¹)	66,28 ± 3,8	64,31 ± 4,7

* Valores apresentados como média e desvio padrão (n=9). Não houve diferença significativa após intervalo do trabalho em relação às características físicas e de treinamento dos atletas ($p > 0,05$)

TABELA 2
PERFIL HEMATOLÓGICO DOS ATLETAS FUNDISTAS

	Valores padrão	2003	2004
Eritrócitos (x10 ¹² •L ⁻¹)	4,5 – 6,0	4,8±0,1	5,0±0,1
Hemoglobina (g/L)	13,5 – 18,0	14,7±0,3	*16,2±0,2
Hematócrito (%)	42 – 52	41,9±0,8	*45,4±0,6
Plaquetas (x10 ⁹ •L ⁻¹)	150 – 400	193,2±11,8	*213,7±8,2
Leucócitos (x10 ⁶ •L ⁻¹)	5000 – 10000	5344,4±326,2	*6077,8±361,2
Eosinófilos (%)	2 – 4	2,1±0,4	3,2±0,8
Linfócitos (%)	21 – 35	33,0±2,5	36,2±3,9
Monócitos (%)	4 – 8	6,0±0,0	*7,7±0,3

Concentração de células vermelhas (x10¹²cél•L⁻¹), plaquetas (x10⁹ cél•L⁻¹) e células brancas (x10⁹ cél•L⁻¹) comparado com pré-exercício 2004. Média ± SE, n=9. *Diferença Significativa ($p < 0,05$) para valores de pré-exercício 2003 em relação a pré-exercício 2004

e hematológicas foram realizadas antes das competições, em dois momentos distintos, com o mesmo grupo de atletas. Após a primeira avaliação, incrementamos a dieta com aproximadamente 30% de CHOs (~9g/Kg de peso/dia) e adequamos em 100% da IDR a ingestão de micronutrientes até a Fase 2 do trabalho. Os sujeitos não apresentaram alterações significativas em relação ao peso, índice de massa corporal, treinamento e capacidade cardiorespiratória durante o intervalo do estudo, já que análise de indicativos antropométricos e de duração do exercício se mostraram similares, sem diferenças entre as avaliações realizadas (Tabela 1).

Em nosso estudo observou-se que a contagem total de hemácias não sofreu alteração significativa em relação a primeira avaliação, enquanto a concentração de hemoglobina aumentou em 10% e o hematócrito em 9%, o que sugere que a capacidade de transporte de oxigênio do grupo melhorou em relação à primeira avaliação. Atividades de endurance podem provocar mudanças no perfil hematológico de atletas. Estudos mostram que o treinamento físico, principalmente o realizado por corredores fundistas, provoca alterações significativas nos níveis de ferro do organismo (COOK, 1994). Schumacher et al. (2002) observaram alterações hematológicas em atletas de endurance, nos quais o número de hemácias, os níveis de hematócrito e hemoglobina estavam reduzidos em relação a outros atletas. A deficiência de ferro em atletas pode estar relacionada a vários fatores, como hemólise por impacto, sangramento gastrointestinal, perdas através do suor e da urina, baixa ingestão de ferro e má absorção intestinal, embora a baixa ingestão dietética de ferro seja apontada como a principal causa de carência nutricional atualmente (CHATARD et al., 1999; MALCZEWSKA et al., 2000). Alguns pesquisadores sugerem a correção dessa deficiência através da melhora da ingestão dietética de ferro e, até mesmo, através da suplementação (ZOLLER & VOLEK, 2004). Dentre os efeitos descritos após a suplementação de ferro em atletas encontra-se o aumento dos níveis de ferritina (BLEE et al., 1999), que nem sempre é acompanhado pelo aumento da concentração de hemoglobina, o que seria insuficiente para melhorar a resistência e o desempenho do atleta (GARZA et al., 1997). Neste trabalho foi prescrita suplementação de micronutrientes para se atingir 100 % da IDR.

Alguns estudos têm associado atividades de alta intensidade e longa duração com o aumento da suscetibilidade a infecções (KAYASHIMA, et al., 1995; CASTELL & NEWSHOLME, 1997; GREEN, et al., 2003). Neste trabalho foi observada uma elevação significativa na contagem total de leucócitos e monócitos ($p < 0,05$), sem diferenças no total de eosinófilos e linfócitos. Gleeson et al. (1998) mostraram que a dieta influencia na função imune e investigaram os efeitos de dietas com alto (76%) e reduzido (6%) teor de CHOs; esta última mostrou alterações na contagem de leucócitos e monócitos. A variação de alguns parâmetros do leucograma encontrada em nosso estudo não sugere infecções crônicas, já que durante o treinamento há variações transitórias nestes parâmetros devido ao estresse metabólico imposto pela atividade, sugerindo inflamação aguda. O desequilíbrio nutricional de macronutrientes e as desordens alimentares, como a anorexia atlética, têm sido apontados como causa de perda de peso em atletas, o que pode afetar adversamente a função imune (KONO, et al., 1988; GLEESON & BISHOP, 2000). Não verificamos alteração significativa na massa corporal entre

as avaliações ou dos marcadores de status nutricional, portanto não se pode relacionar as alterações observadas no setor branco com desnutrição.

Neste estudo observou-se um aumento significativo ($p < 0,05$) na contagem de plaquetas. A contagem de plaquetas parece aumentar significativamente com exercícios extenuantes (STREIFF & BELL, 1994). Esse aumento pode ser atribuído à liberação de plaquetas de origem pulmonar e esplênica (STREIFF & BELL, 1994) e à hemoconcentração em resposta às diversas intensidades de exercícios. Esta hemoconcentração pode ocorrer em virtude do aumento do hematócrito e da viscosidade do plasma, que está possivelmente relacionada à transferência de fluidos do sangue para os espaços intersticiais (EL-SAYED, et al., 2005).

Vários trabalhos mostram que dietas ricas em CHOs para atletas que competem podem reduzir a fadiga pela diminuição da acedose tecidual decorrente do aumento da oxidação de gorduras e catabolismo muscular, já que a disponibilidade de glicose e glicogênio pode aumentar intermediários para o ciclo de Krebs, reduzir a velocidade do ciclo das purinas, a excreção nitrogenada, além de reduzir a formação de corpos cetônicos, o que maximizaria o rendimento e a performance atlética (GALASSETTI et al., 1998; SNOW et al., 2000; ANGUS et al., 2002; BISSHOP et al., 2003).

Neste estudo, o consumo protéico em ambas as fases foi de

TABELA 3
PERFIL BIOQUÍMICO E DE ELETRÓLITOS DE ATLETAS FUNDISTAS

	Valores padrão	2003	2004
Glicose (mmol/L)	3,9 – 6,1	4,6±0,2	*3,7±0,1
Ptns totais (g/L)	60 - 78	70,8±1,0	*58,9±1,1
Albumina (g/L)	32 – 45	50,6±0,6	50,0±2,2
Globulinas (g/L)	23 – 35	20,2±1,1	*8,9±1,9
Colest Total (mmol/L)	< 5,2	5,2±0,3	*4,6±0,3
Triacilgliceróis (mmol/L)	0,1 – 2,1	1,3±0,2	1,1±0,2
HDL (mmol/L)	>1,2	1,3±0,1	*1,1±0,1
VLDL (mmol/L)	<0,8	0,6±0,1	0,5±0,1
LDL (mmol/L)	<3,4	3,4±0,2	*3,0±0,2
NA+ (mmol/L)	136 – 145	139,2±0,3	140,0±0,5
K+ (mmol/L)	3,5 – 5,1	3,9±0,1	3,8±0,2
PO4- (mmol/L)	0,7 – 1,2	1,2±0,1	*1,1±0,1

Indicadores nutricionais de macronutrientes e minerais. Glicemia, concentração sérica total de proteínas, lipídios totais e eletrólitos comparado com pré-exercício 2004. Média ±SE, n=9. *Diferença significativa ($p < 0,05$) para valores de pré-exercício 2003 em relação a pré-exercício 2004

~2g/Kg de peso/dia, mostrando-se adequada para os atletas. O status nutricional do grupo demonstrou estar adequado à manutenção do treinamento em ambas as fases avaliadas. Estudos recentes demonstram que suplementação de CHO's durante exercícios prolongados previne o declínio da glicemia e da fadiga (ANGUS et al., 2002; ANDREWS et al., 2003). A reposição de CHO's pode atenuar as respostas do cortisol a atividades exaustivas, minimizando as alterações no setor branco associadas ao exercício (GREEN et al., 2003).

O presente estudo também avaliou alguns parâmetros do lipídograma já que está bem estabelecido que treinamento e dieta são fatores capazes de alterar lipoproteínas sanguíneas. Encontramos redução do colesterol total após o período de adequação nutricional e das frações LDL e HDL colesterol. Estudo anterior não verificou redução nos níveis de HDL quando os corredores aumentaram o consumo de CHO's com o mesmo nível de treinamento (THOMPSON et al., 1983). Brown and Cox (1998) observaram redução na fração HDL quando testaram dietas com alto teor de CHO's (76%) com aumento do nível sérico de triacilgliceróis, em contraste com os resultados desta investigação. O contraste destes resultados é provavelmente devido à alta ingestão de sacarose,

TABELA 4

METABÓLITOS NITROGENADOS, BILIRRUBINAS E MARCADORES DE FUNÇÃO RENAL E HEPÁTICA DOS ATLETAS FUNDISTAS

	Valores padrão	2003	2004
Urato (mmol/L)	0,2 – 0,5	0,2±0,0	0,3±0,0
Creatinina (µmol/L)	53,4 – 106,1	91,0±2,6	*70,7±2,6
Uréia (mmol/L)	2,5 - 7,5	4,9±0,5	4,9±0,3
Bilirrubina total (µmol/L)	1,7 – 20,5	16,1±1,4	17,8±1,7
Bilirrubina indir (µmol/L)	1,7 – 17,1	9,2±0,8	11,6±2,2
Bilirrubina dir (µmol/L)	< 5,1	6,1±0,7	6,3±1,0
Fosfatase Alcalina (mmol/L)	0,3 – 2,2	1,5±0,1	*1,1±0,1
LDH (mmol/L)	3,9 – 7,8	4,2±0,3	*6,4±0,4
AST(U/L)	0,1 – 0,6	0,6±0,1	0,8±0,1
ALT (U/L)	0,1 – 0,6	0,4±0,1	0,5±0,1
γGT(U/L)	0,1 – 0,6	0,5±0,1	0,7±0,3

Metabólitos nitrogenados, bilirrubinas, marcadores de função renal e hepática comparado com pré-exercício 2004. Média ± SE, n=9.

*Diferença significativa ($p < 0,05$) para valores de pré-exercício 2003 em relação a pré-exercício 2004

diferentemente de nosso trabalho, já que não foi recomendado um alto consumo de sacarose.

Neste estudo houve variação nas concentrações de LDH e fosfatase alcalina ($p < 0,01$), sem diferenças para as aminotransferases. A atividade das enzimas LDH, AST, ALT, GGT e fosfatase alcalina foram mensuradas pela importância no metabolismo corporal e nos níveis de estresse muscular. Dubouchaud et al. (2000) mostraram que a atividade mitocondrial da LDH aumenta em resposta ao treinamento de endurance. Enquanto isso, as aminotransferases em atividades de longa duração exercem papel fundamental na manutenção da velocidade das vias glicolítica e oxidativa, fato já demonstrado em trabalhos anteriores (KAYASHIMA, et al., 1995; VAN HALL, et al., 1995; GIBALA et al., 1998).

A capacidade de regeneração do potencial redox está relacionada com a atividade da LDH que catalisa a oxidação do lactato a piruvato com mediação de NAD como acceptor de hidrogênio. Neste estudo observou-se um aumento significativo desta enzima em relação à Fase 1. Em relação aos metabólitos nitrogenados analisados observou-se redução significativa da creatinina sérica ($p < 0,05$), demonstrando que, apesar do treinamento regular dos indivíduos, não houve prejuízo temporário da função renal em resposta ao exercício, conforme demonstrado em outros trabalhos (KAYASHIMA et al., 1995; NEUMAYR, et al., 2005).

Nossos resultados mostram que pequenas modificações na dieta podem interferir nos parâmetros bioquímicos e hematológicos e que devemos considerar a prescrição individualizada para aumentar as possibilidades de treinamento e aumento da performance.

Agradecimentos

Ao Coronel Adalberto de Souza, da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro, pelo recrutamento dos atletas e pelo apoio na realização da análise dos dados laboratoriais no Hospital Central da PMERJ.

A Robson Cardilo Alves, pelo auxílio na realização das análises bioquímicas dos atletas.

À Profissional de Educação Física Ana Cristina Gomes Barreto, pelo apoio durante a análise dos dados.

Abreviações

AST - aspartato aminotransferase
 ALT - alanina aminotransferase
 AP - fosfatase alcalina
 γGT - γ-glutamil transferase
 LDH - lactato desidrogenase
 CHO's - carboidratos
 PTNs - proteínas
 LIPs - Lipídios
 Na+ - sódio
 P - Fósforo
 K+ - potássio
 IDR - ingestão diária recomendada
 VO2 max - volume de captação máxima de oxigênio
 %VO2 max - % de volume de captação máxima de oxigênio
 HDL - lipoproteína de alta densidade
 LDL - lipoproteína de baixa densidade
 IMC - índice de massa corporal

BIBLIOGRAFIA

- ANDREWS, J.L.; SEDLOCK, D.A.; FLYNN, M.G.; NAVALTA, J.W.; HONGGUANG, J. Carbohydrate loading and supplementation in endurance-trained women runners. *J. Appl. Physiol.* v. 95, p. 554-590, 2003.
- ANGUS, D.J.; FEBBRAIO, M.A.; HARGREAVES, M. Plasma glucose kinetics during prolonged exercise in trained humans when fed carbohydrate. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* v. 283, p. 573-577, 2002.
- BEARD, J.; TOBIN, B. Iron status and exercise. *Am. J. Clin. Nutr.* v. 72, p. 594-597, 2000.
- BISSCHOP, P. H.; VELDEN, M. G. M. de Sain-Vain der; STELLAARD, F.; KUIPERS, F.; MEIJER, A. J.; SAUERWEIN, H. P.; ROMIJN, J. A. Dietary carbohydrate deprivation increases 24 hour nitrogen excretion without affecting postabsorptive hepatic or whole body protein metabolism in healthy men. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* v. 88, n. 8, p. 3801-3805, 2003.
- BLANCHARD, M. A.; JORDAN, G.; DESBROW, B.; MacKINNON, L. T.; JENKINS, D.G. The influence of diet and exercise on muscle and plasma glutamine concentrations. *Med. Sci. Sports Exerc.* v. 33, n. 1, p. 69-74, 2001.
- BLEE, T.; GOODMAN, C.; DAWSON, B.; STAPFF, A. The effect of intramuscular iron injections on serum ferritin levels and physical performance in elite netballers. *J. Sci. Med. Sport.* v. 2, n. 4, p. 311-321, 1999.
- BONDAR, R. J. L.; MEAD, D. C. Evaluation of glucose-6-phosphate dehydrogenase from *Leuconostoc mesenteroides* in the hexokinase method for determining glucose in serum. *Clin. Chem.* v. 20, n. 5, p. 586-590, 1974.
- BROWN, R. C.; COX, C. M. Effects of high fat versus high carbohydrate diets on plasma lipids and lipoproteins in endurance athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* v. 30, n. 12, p. 1677-1683, 1998.
- BURKE, L. M.; KIENS, B.; IVY, J. L. Carbohydrates and fat for training and recovery. *J. Sports Sci.* v. 22, n. 1, p. 15-30, 2004.
- CASTELL, L. M.; POORTMANS, J. R.; LECLERCQ, R.; BRASSEUR, M.; DUCHATEAU, J.; NEWSHOLME, E. A. Some aspects of the acute phase response after a marathon race, and the effects of glutamine supplementation. *Eur. J. Appl. Physiol.* v. 75, p. 47-53, 1997.
- CHATARD, J. C.; MUJIK, I.; GUY, C.; LACOUR, J. R. Anemia and iron deficiency in athletes. Practical recommendations for treatment. *Sports Med.* v. 27, p. 229-240, 1999.
- COYLE, E. F. Physical activity as a metabolic stressor. *Am. J. Clin. Nutr.* v. 72, p. 512-520, 2000.
- COYLE, E. F.; JEUKENDRUP, A. E.; OSETO, M. C.; HODGKINSON, B. J.; ZDERIC, T. W. Low fat diet alters intramuscular substrates and reduces lipolysis and fat oxidation during exercise. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* v. 280, p. 391-398, 2001.
- COOK, J. The effect of endurance training on iron metabolism. *Semin. in Hematol.* v. 31, n. 2, p. 146-154, 1994.
- DALY, J. A.; ERTINGSHAUSEN, G. Direct method for determining inorganic phosphate in serum with the "CentrifChem". *Clin. Chem.* v. 18, n. 3, p. 263-265, 1972.
- DENNIS, S. C.; NOAKES, T. D.; HAWLEY, J. A. Nutritional strategies to minimize fatigue during prolonged exercise: Fluid, electrolyte and energy replacement. *J. Sports Sci.* p. 305-313, 1997.
- DUBOUCHAUD, H.; BUTTERFIELD, G. E.; WOLFEL, E. E.; BERGMAN, B. C.; BROOKS, G. A. Endurance training, expression, and physiology of LDH, MCT1, MCT4 in human skeletal muscle. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* v. 278, p. 571-579, 2000.
- EL-SAYED, M. S.; ALI, N.; ALI, Z. EL-SAYED. Haemorrhology in exercise and training. *Sports Med.* v. 35, n. 8, p. 649-670, 2005.
- GALASSETTI, P.; GIBBONS, F. K.; HAMILTON, K. S.; BROOKS LACY, D.; CHERRINGTON, A. D.; WASSERMAN, D. H. Enhanced muscle glucose uptake facilitates nitrogen efflux from exercised muscle. *J. Appl. Physiol.* v. 84, n. 6, p. 1952-1959, 1998.
- GARZA, D.; SHRIER, I.; KOHL, H. W.; FORD, P.; BROWN, M.; MATHESON, G. O. The clinical value of serum ferritin tests in endurance athletes. *Clin. J. Sport Med.* v. 7, p. 46-53, 1997.
- GIBALA, M.; LOZEJ, M.; TARNOPOLSKY, M. A.; McLEAN, C.; GRAHAM, T. Low Glycogen and Branched-chain amino acid ingestion do not impair anaerolysis during exercise in humans. *J. Appl. Physiol.* v. 87, n. 5, p. 1662-1667, 1999.
- GISOLFI, C. V.; SUMMERS, R. W.; SCHEDL, H. P.; BLEILER, T. L.; OPPLIGER, R. A. Human intestinal water absorption: direct vs. Indirect measurements. *Am. J. Physiol.* v. 258, n. 2, p. 216-22, 1990.
- GLEESON, M.; BISHOP, N. C. Elite athlete immunology: importance of nutrition. *Int. J. Sports Med.* v. 21, suppl. 1, p. 44-50, 2000.
- GLEESON, M.; BLANNIN, A. K.; WALSH, N. P.; BISCHOP, N. C.; CLARK, A. M. Effect of low and high carbohydrate diets on the plasma glutamine and circulating leukocyte responses to exercise. *Int. J. Sport Nutr.* v. 8, p. 49-59, 1998.
- GOOD, N. E.; WINGET, G. D.; WINTER, W. Hydrogen ion buffers for biological research. *Biochem.* v. 5, n. 2, p. 467-477, 1966.
- GREEN, K. J.; CROAKER, S. J.; ROWBOTTOM, D. G. Carbohydrate supplementation and exercise-induced changes in T-lymphocyte function. *J. Appl. Physiol.* v. 95, p. 1216-1223, 2003.
- HALLET, C. J.; COOK, J. G. M. Reduced nicotinamide adenine dinucleotide-coupled reaction for emergency blood urea estimation. *Clin. Chim. Acta.* v. 35, n. 1, p. 33-37, 1971.
- KAGEYAMA, N. A direct colorimetric determination of uric acid in serum and urine with uricase-catalase system. *Clin. Chim. Acta.* v. 31, n. 2, p. 421-426, 1971.
- KARMEN, A. A note on the spectrometric assay of glutamic-oxalacetic transaminase in human blood serum. *J. Clin. Invest.* v. 34, n. 1, p. 131-133, 1955.
- KAYASHIMA, S.; OHNO, H.; FUJIOKA, T.; TANIGUCHI, N.; NAGATA, N. Leucocytosis as a marker of damage induced by chronic strenuous physical exercise. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* v. 70, n. 5, p. 413-420, 1995.
- KONO, I.; KITAO, H.; MATSUDA, M.; HAGA, S.; FUKUSHIMA, H.; KASHIGAWA, H. Weight reduction in athletes may adversely affect the phagocytic function of monocytes. *Phys. Sportsmed.* v. 16, p. 56-65, 1988.
- LEHMANN, M.; DICCKHUTH, H. H.; GENDRISCH, G.; LAZAR, W.; THUM, M.; KAMINSKY, R.; ARAMENDI, E. P.; WIELAND, W.; KEUL, J. Training-overtraining. a prospective, experimental study with experimental middle-and long-distance runners. *Int. J. Sports Med.* v. 12, p. 444-452, 1991.
- LEHMANN, M.; BAUMGARTL, P.; WIESENACK, A.; SEIDEL, H.; BAUMANN, S.; FISCHER, S.; SPORI, U.; GENDRISCH, G.; KAMINSKY, R.; KEUL, J. Training-overtraining. Influence of a defined increase in training volume vs training intensity on performance, catecholamines and some metabolic parameters in experienced middle and long distance runners. *Eur. J. Appl. Physiol.* v. 64, p. 169-177, 1992.
- LEMMON, P. W. R.; BERARDI, J. M.; NOREEN, E. E. Role of Protein / Amino acid Supplementation in the athletes diet: Does type or timing of ingestion matter? *Cur. Sports Med. Rep.* v. 4, p. 214-221, 2002.
- MALCZEWSKA, J.; RACZYNSKI, G.; STUPNICKI, R. Iron status in female endurance athletes and in non-athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* v. 10, p. 260-276, 2000.
- McCOMB, R. B.; BOWERS, G. N.; UPRETTI, A. 4-nitrophenyl phosphate-characterization of high-purity materials for measuring alkaline phosphatase activity in human serum. *Clin. Chem.* v. 27, n. 1, p. 135-141, 1981.
- MC GOWAN, M. W.; ARTISS, J. D.; STRANDBERGH, D. R.; ZAK, B. A peroxidase-coupled method for the colorimetric determination of serum triglycerides. *Clin. Chem.* v. 29, n. 3, p. 538-542, 1983.
- MEULEMANS O. Determination of total protein in spinal fluid with sulphosalicylic acid and trichloroacetic acid. *Clin. Chim. Acta.* v. 5, p. 757-61, 1960.
- NEUMAYR, G.; PFISTER, R.; HOERTNAGL, H.; MITTERBAUER, G.; PROKOP, W.; JOANNIDIS, M. Renal function and plasma volume following ultramarathon cycling. *Int. J. Sports Med.* v. 26, n. 1, p. 2-8, 2005.
- NOAKES, T. D.; NORMAN, R. J.; BUCK, R. H.; GODLONTON, J.; STEVENSON, K.; PITTAWAY, D. The incidence of hyponatremia during prolonged ultraendurance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* v. 22, n. 2, p. 165-170, 1990.
- OLCHAWA, B.; KINGWELL, B. A.; HOANG, A.; SCHNEIDER, L.; NESTEL, P.; SVIRIDOV, D. Physical Fitness and reverse cholesterol transport. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* v. 24, n. 6, p. 1087-1091, 2004.
- RIETJENS, G. J.; KUIPERS, H.; ADAM, J. J.; SARIS, W. H.; VAN BREDA, E.; VAN HAMONT, D.; KEIZER, H. A. Physiological, biochemical and psychological markers of strenuous training-induced fatigue. *Int. J. Sports Med.* v. 26, n. 1, p. 16-26, 2005.
- ROSCOE, M. H. The estimation of creatinine in serum. *J. Clin. Pathol.* v. 6, n. 3, p. 201-207, 1953.
- SAHLIN, K.; KATZ, A.; BROBERG, S. Tricarboxylic acid cycle intermediates in human muscle during prolonged exercise. *Am. J. Physiol.* v. 259, n. 5, p. 834-841, 1990.
- SELBY, G. B.; EICHNER, E. R. Hematocrit and performance: The effect of endurance training on blood volume. *Semin. in Hematol.* v. 31, n. 2, p. 122-127, 1994.
- SCHULZ, H.; HERMANN, H. Glycogen Depletion As Indication for Ammonia Determination in Exercise Testing. *Eur. J. Sports Sci.* v. 3, n. 3, p. 1-9, 2003.
- SCHUMACHER, Y. O.; SCHMID, A.; GRATHWOHL, D.; BULTERMANN, D.; BERG, A. Hematological indices and Iron status in athletes of various sports and performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* v. 34, p. 869-875, 2002.
- SIMS, F. H.; HORN, C. Some observations on Powell's method for the determination of serum bilirubin. *Am. J. Clin. Pathol.* v. 29, n. 5, p. 412-417, 1958.
- SNOW, R. J.; CAREY, M. F.; STATHIS, C. G.; FEBBRAIO, M. A.; HARGREAVES, M. Effect of carbohydrate ingestion on ammonia metabolism during exercise in humans. *J. Appl. Physiol.* v. 68, p. 1576-1580, 2000.
- STREIFF, M.; BELL, W. R. Exercise and homeostasis in humans. *Semin. in Hematol.* v. 31, n. 2, p. 155-165, 1994.
- SZAPARY, P. O.; BLOEDON, L. T.; FOSTER, G. D. Physical activity and its effects on lipids. *Curr. Cardiol. Rep.* v. 5, n. 6, p. 488-492, 2003.
- SZASZ, G. A kinetic photometric method for serum gamma-glutamyl transpeptidase. *Clin. Chem.* v. 15, n. 2, p. 124-136, 1969.
- TARNOPOLSKY, M. Protein Requirements for Endurance Athletes. *Nutrition.* v. 20, n. 7-8, p. 662-668, 2004.
- THOMPSON, P. D.; LAZARUS, B.; CULLINANE, E.; HENDERSON, L. O.; MUSLINER, T.; ESHLEMAN, R.; HERBERT, P. N. Exercise, diet, or physical characteristics as determinants of HDL-levels in endurance athletes. *Atherosclerosis.* v. 46, n. 3, p. 333-339, 1983.
- TRAKADA, G.; SPIROPOULOS, K. Hematologic and Biochemical Laboratory Parameters Before and After a Marathon. *Lung.* 2003
- TRINDER, P. Determination of blood glucose using 4-amino phenazone as oxygen acceptor. *Ann. Clin. Biochem.* v. 22, n. 2, p. 246, 1969.
- VAN HALL, G.; VAN DER VUSSE, G. J.; SODERLUND, K.; WAGENMAKERS, A. J. Deamination of amino acids as a source for ammonia production in human skeletal muscle during prolonged exercise. *J. Physiol.* v. 486, n. 3, p. 789-794, 1995.
- VIRELLA, M. F. L.; STONE, P.; ELLIS, S.; COLWELL, J. A. Cholesterol determination in high-density lipoproteins separated by three different methods. *Clin. Chem.* v. 23, n. 5, p. 882-884, 1977.
- VOLEK, J. S. Influence of Nutrition on responses to resistance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* v. 36, n. 4, p. 689-696, 2004.
- WARNICK, G. R.; NAGUYENT, T.; ALBERS, A. A. Comparison of improved precipitation methods for quantification of high-density lipoprotein cholesterol. *Clin. Chem.* v. 31, n. 2, p. 217-222, 1985.
- WESTGARD, J. O.; BARRY, P. L.; HUNT, M. R.; GROTH, T. A multi-rule Shewhart chart for quality control in clinical chemistry. *Clin. Chem.* v. 27, n. 3, p. 493-501, 1981.
- WESTGARD, J. O.; GROTH, T. Design and evaluation of statistical control procedures: application of a computer "quality control simulator" program. *Clin. Chem.* v. 27, n. 9, p. 1536-1545, 1981.
- ZOLLER, H.; VOGEL, W. Iron supplementation in athletes – first do no harm. *Nutr.* v. 20, p. 615-619, 2004.