Recebido em: 28/02/2009 Emitido parece em: 04/04/2009 Artigo original

EXERCÍCIO RESISTIDO AGUDO ALTERA PERFIL HEMATOLÓGICO EM ATLETAS PRATICANTES DE LEVANTAMENTO DE PESO

Luiz Carlos dos Reis[1,2], Sueli Fernandes de Oliveira, Carla Cristina Esteves Silva Oliveira[1], Luiz Antônio Silva Campos[3], Octávio Barbosa Neto[1].

RESUMO

O exercício físico agudo e intenso promove alterações no metabolismo e na função do sistema imune. Durante e após a realização de exercícios físicos intensos ocorrem danos ao corpo do atleta que podem estar associados à redução da função imune, devido a ajustes metabólicos e menor disponibilidade de aminoácidos para as células de defesa. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito dos exercícios resistidos de alta intensidade sobre a glicemia e parâmetros hematológicos (hematócrito - Ht, hemoglobina - Hb, número de hemácias - Hc, leucócitos e plaquetas, VCM, HCM, CHCM) em atletas praticantes de levantamento de peso. Sete atletas jovens voluntários do sexo masculino, praticantes regulares de atividade física de musculação, com idade de 24,86 ± 2,91 e pesando 93,19 ± 6,09 realizaram um protocolo de exercícios resistidos de musculação durante 1 hora com sobrecargas equivalentes a 85% da capacidade voluntária máxima (CVM) para cada grupo muscular. Antes do início do protocolo, imediatamente após o término e nos tempos 15, 30, 60 e 120 minutos de recuperação pós-exercício, foram coletadas amostras de sangue venoso para análise. Observou-se redução da glicemia (62,71±3,39; 61,43±3,05 e 64.14±2,57 mg/dL) aos 30, 60 e 120 minutos pós-exercício comparados ao valor basal (73,86±4,06 mg/dL; p<0,05). Houve queda no número de Hc aos 30 minutos pós-exercício em relação ao valor basal (4,81±0,18 vs 5,01±0,12 milhões/mm^3; p=0,008), o que também ocorreu com os valores de Hb aos 30 minutos pós-exercício comparado ao período basal (14,67±0,35 vs 15,21±0,30 g/dL; p=0,025). O Ht foi menor aos 30 e 60 minutos da recuperação (44,51±0,96 e 44,53±0,97%) comparados com o valor basal (46,47±0,66%; p<0,05). Houve aumento de CHCM aos 30 minutos da fase de recuperação em relação ao período basal (33,09±0,25 vs 32,67±0,28 g/dL; p<0,05). Os valores de VCM, HCM, plaquetas e leucócitos não apresentaram diferenças significativas imediatamente após, e na recuperação pós-exercício quando comparados com os valores do período basal, embora o número de leucócitos tivesse ligeiro aumento. Estes resultados demonstram que atletas que realizam exercícios resistidos de alta intensidade apresentam alterações em seus perfis hematológicos, que podem estar associada a alterações da função imune, apesar de não termos encontrados mudanças nos leucócitos, conforme alguns relatos encontrados na literatura.

Palavras chave: Treinamento físico, sistema imune, perfil hematológico.

ABSTRACT

The physical acute and intense exercise promotes alterations in the metabolism and in the function of the immune system. During and after the realization of physical intense exercises damages take place to the body of athlete that can be associated to the reduction of the immune function, due to metabolic agreements and less availability of amino acids to the defense cells. The aim of the present study was evaluating the effect of the resisted exercises of high intensity on the glucose concentration and hematological parameters (hematocrits – Ht; hemoglobin – Hb; number of hemacies – Hc; leucocytes; platelets, MCV, MCH, MCHC) in practicing heavy resistive exercise. Seven voluntary young athletes male with age of 24.86 ± 2.91 and weighing 93.19 ± 6.09 they carried out an exercise protocol of weight-training during 1 hour with overloads equivalent to 85 % of the maximal voluntary capacity (MVC) for each muscular group. Before the beginning of the protocol, immediately after the end and in the times 15, 30, 60 and 120 minutes of post-exercise resting, samples of venous blood were collected for analysis. Reduction of the glycemia was observed (62.71±3.39; 61.43±3.05 and 64.14±2.57 mg/dL) to 30, 60 and 120 minutes post-exercise than to the baseline value (73.86±4.06 mg/dL; p<0.05). There was fall in the number of Hc to 30 minutes post-exercise in relationship of the baseline value (4.81±0.18 vs 5.01±0.12 milhões/mm^3; p<0.05), what also took place with the values of Hb to 30 minutes post-exercise compared

to the baseline period (14.67±0.35 vs 15.21±0.30 g/dL; p<0.05). The Ht was less to 30 and 60 minutes of the resting (44.51±0.96 and 44.53±0.97%) compared to the baseline period (46.47±0,66%; p<0,05). There was increase of CHCM to 30 minutes of the phase of resting in relationship of the baseline period (33.09±0.25 vs 32.67±0.28 g/dL; p<0,05). The values of VCM, HCM, platelets and leukocytes did not present significant differences immediately after, and in the post-exercise resting when compared with the values of the baseline period, though the number of leukocytes had light increase. These results demonstrate that athletes who carry out resisted exercises of high intensity present alterations in his hematological profiles, what can be associated to alterations of the immune function, in spite of we had not found changes in the leukocytes, according to some reports found in the literature.

Key words: Exercise training, immune system, hematological profile.

INTRODUÇÃO

Durante o exercício físico de diferentes características o metabolismo corporal sofre várias mudanças devidas à ação de hormônios, direcionadas principalmente à degradação de carboidratos, gorduras e proteínas para obtenção de energia utilizada na reconstituição da principal molécula energética das células, o ATP (adenosina trifosfato). Nesta condição de esforço é necessária grande quantidade de ATP que será fornecida pelos substratos provenientes de reservas que são mobilizadas pela ação hormonal sobre o fígado, tecido adiposo e o próprio músculo (McCAULLEY et al., 2009).

O exercício físico agudo e intenso também é capaz de promover alterações na função do sistema imune, especialmente pela ativação do eixo hipotálamo-hipófise adrenal (MASTORAKOS et al., 2005). Durante e após treinos e competições com exercícios físicos intensos, há danos ao corpo do atleta, possivelmente associados à inibição da função imune devido aos ajustes no metabolismo e redução na disponibilidade da glutamina, um aminoácido utilizado pelos leucócitos (NEWSHOLME e PARRY-BTLLTNGS, 1990). A glutamina além de ser obtida da dieta é produzida pelo tecido muscular sendo levada para a circulação sanguínea, onde será captada e utilizada pelas células de defesa. PETERS (1997) & NIEMAN (1997), relacionaram entre os efeitos pós-exercício agudo e intenso em atletas de elite, a maior incidência de infecções de vias aéreas superiores (IVAS) e PERNA et. al. (1997) sugerem também que, o exercício crônico intenso associa-se com o aumento do risco de IVAS no período de recuperação, que poderia estar relacionado a uma imunidade reduzida.

O exercício físico agudo e intenso afeta a dinâmica da função imune sendo capaz de induzir uma leucocitose (PEDERSEN, 1991). NAGEL et. al. (1992), também demonstraram essa leucocitose ocorrendo imediatamente pós-exercício, aumentando entre 50 a 100% o número de células do sistema imune circulantes. SHARP e KOUTEDAKTS (1992) relataram que esta leucocitose apresenta-se com aumento de neutrófilos, monócitos e linfócitos. Os neutrófllos já aumentam durante o exercício e continuam aumentados após o exercício, GABRIEL e KINDERMANN (1997) afirmam que isto é devido um aumento de cortisol sanguíneo. PEDERSEN et. al. (1998), afirmam que durante o exercício células *Natural Killer* (NK), linfócitos B e T são recrutados ao sangue elevando assim o total de leucócitos, mas após o exercício o número de linfócitos diminui. Já no exercício intenso de longa duração diminui a concentração de células NK e linfócitos, tendo assim suas funções diminuídas (PEDERSEN et al., 1996), sendo que a linfocitopenia começa 2-4 horas pós-exercício (PEDERSEN et al., 1997). Assim a função imune pode estar reduzida por menor produção de anticorpos devido a redução de linfócitos, e tendência de diminuição dos neutrófilos (PEDERSEN et al., 1996).

Estudos sugerem que o aumento da temperatura corporal pode contribuir para a modulação nos números de células NK. ROHDE et. al. (1996), relatam que uma hipertermia causa aumento das células NK e aumento de sua atividade. Entretanto, durante a natação com a água entre 26-28° C a temperatura do corpo não aumenta, podendo explicar a ausência de aumento na contagem de linfócitos e células NK, sem aumento também de sua atividade nesta condição. MACKINNON (1997), relata que o número de células NK circulantes fica diminuído por 8 meses nas sessões de treinamento em nadadores de elite.

Alguns dos estudos iniciais dos efeitos de exercício intenso e treinamento de atletas sobre o corpo encontraram alterações hematológicas como redução de concentração de Hemoglobina (Hb), do hematócrito (Ht) e do número de Hemácias/mm^3 (Hc), sugerindo que estas alterações poderiam contribuir como fatores causadores da síndrome de *overtraining* em atletas de elite (RUSHALL 1980, RYAN et al., 1983). Estudos demonstraram ainda que a produção de algumas interleucinas (IL) sofria

mudanças associadas a exercícios intensos, tendo sido relatado redução da concentração de IL-2 (LIN et al., 1993; SHEPHARD et al., 1994), aumento na concentração de IL-1 (LIN et al., 1993) e de IL-6 (NIEMAN, 1997) no plasma imediatamente após exercício físico máximo.

CASTELL et. al. (1996), numa revisão de trabalhos sobre alterações após exercício prolongado exaustivo afirmam que há diminuição dos níveis de glutamina no plasma, maior utilização desse aminoácido pelas células do sistema imune e um aumento da concentração de algumas citocinas plasmáticas que poderiam diminuir a função imune e a proliferação de linfócitos. Segundo ROHDE et. al. (1996), a imunodepressão do organismo em geral, após um exercício intenso, pode ser mediada pelos efeitos da temperatura elevada, das citocinas e dos vários hormônios relacionados ao estresse, tais como adrenalina, hormônio do crescimento (GH), cortisol e beta-endorfinas. PEDERSEN et. al. (1998), afirmam que o aumento de citocinas plasmáticas durante o exercício assemelha-se a uma reação inflamatória de fase aguda. GARCIA Jr. (2000), mostra também resultados de redução da concentração plasmática de glutamina após exercício intenso, prejudicando a função de algumas células imunes e tornando o indivíduo mais suscetível a infecções, especialmente do sistema respiratório.

Considerando que o exercício agudo provoca alterações hematológicas e que os estudos analisados avaliaram exercício aeróbio, realizamos o presente estudo com objetivo de avaliar o efeito dos exercícios resistidos de alta intensidade sobre a concentração de glicose e parâmetros hematológicos: hemácias (Hc); hematócritos (Ht); hemoglobinas (Hb); leucócitos e plaquetas) em atletas praticantes de musculação.

DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

Amostras

Sete atletas jovens voluntários do sexo masculino com idade de 24,86 ± 2,91 e pesando 93,19 ± 6,09 participaram deste estudo. Todos os atletas são praticantes regulares de atividade física de musculação. Não foram incluídos os indivíduos com alguma doença crônica ou aguda (infecção) e os usuários de drogas como corticosteróides, estimulantes e esteróides anabólicos androgênicos. Todos voluntários participantes do estudo foram previamente informados de todos os procedimentos da pesquisa e após concordarem em participar do estudo, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

PROTOCOLOS UTILIZADOS

Exercício físico

O estudo foi realizado em uma sala de musculação totalmente equipada em uma academia da cidade de Uberaba/MG. Todos os sujeitos compareceram por duas vezes à academia. Na primeira visita os voluntários foram submetidos à avaliação em um teste de carga voluntária máxima (CVM) para os diferentes grupos musculares. Depois deste teste os indivíduos compareceram novamente à academia para realizar o protocolo de exercício que foi constituído de exercícios com sobrecarga equivalente a 85% da CVM obtida previamente. Foram executados exercícios para ombros (desenvolvimento), para o peitoral (supino reto e crucifixo inclinado), para as coxas (agachamento e mesa extensora), para o bíceps (rosca direta e rosca Scoth), para tríceps (tríceps *pulley* e tríceps testa) e para as costas (puxada aberta na frente e remada sentado). Todos os atletas realizaram 4 séries de 8 repetições para cada um dos exercícios listados. A duração total aproximada da sessão foi de 1 hora. O protocolo de exercícios foi realizado entre 12:00 e 15:00 horas. Os voluntários foram orientados quanto à alimentação para que fizessem alimentação normal leve no dia, não fazendo ingestão de café ou alimentos que tenham cafeína, até cerca de 2 horas antes da sessão. Durante e após a sessão a ingestão de água era livre.

Coleta das amostras

Antes do início do protocolo de exercícios foram coletadas amostras de sangue venoso na veia antecubital do braço direito de cada atleta. Essa primeira coleta foi realizada para obtenção dos valores basais dos parâmetros bioquímicos e celulares analisados no período de repouso de cada atleta. Concluída a sessão de treinamento, com os atletas mantidos sentados, foi colocado um cateter venoso

para que fossem realizadas as cinco coletas subsequentes de amostras de sangue: imediatamente após a sessão, aos 15, 30, 60 e 120 minutos após o término da execução do protocolo de exercício.

Processamento das amostras

Foram analisados a concentração plasmática de glicose (mg/dL) e os perfis hematológicos relativos à série vermelha (número de hemácias/mm^3 – Hc; hematócrito – Ht; concentração de hemoglobina/dL – Hb; Volume Corpuscular Médio – VCM; Hemoglobina Corpuscular Média – HCM; Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média - CHCM), e à série branca (número de leucócitos totais/mm^3 e contagem diferencial percentual) e trombocítica (número de plaquetas/mm^3).

Para dosagem de glicose as amostras de plasma foram obtidas a partir de 2 mL de sangue coletado em tubo Vacutainer® contendo anticoagulante EDTA-KF. Após a coleta as amostras foram mantidas em gelo até serem levadas ao laboratório para centrifugação e obtenção do plasma. A glicose foi dosada de acordo com método colorimétrico enzimático, GOD POD, utilizando reagentes Sera-pak (Bayer Diagnostic, EUA), que foram quantificados automaticamente (Opera Analyser, Technicon, EUA). O princípio deste método é baseado em reações químicas de uma enzima que oxida a glicose e reações enzimáticas subsequentes que formam um produto que emite cor, sendo a cor proporcional à concentração de glicose presente na amostra (KAPLAN, 1995).

A determinação do Ht, Hc, Hb plaquetas e leucócitos foi realizada em um analisador automático CELLDYN 1400, com uma quantidade de 150μL de sangue. A contagem de hemácias e plaquetas é feita por impedância elétrica e o hematócrito calculado por um método que utiliza o número de hemácias/mm^3 e o VCM. O número total de leucócitos é determinado por dispersão de raio-laser sobre o fluxo de células que, de acordo com características do núcleo da célula, modifica o ângulo de reflexão do feixe e permite a identificação dos diferentes tipos leucócitos.

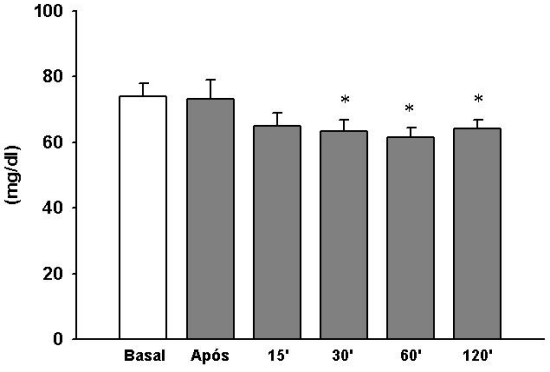
Análise Estatística

Todos os parâmetros foram expressos como média ± erro padrão da média (±epm). As médias nos períodos pré e pós-exercício foram comparadas usando o "t" de student pareado. A diferença entre os parâmetros foi considerada significativa quando $p<0,05$.

RESULTADOS

A figura 1 mostra os valores da glicemia onde observa-se que, apesar de não ter havido diferença imediatamente e após 15 minutos do término do protocolo de exercício, houve uma diminuição ($p<0,05$) desses valores aos 30 minutos do período pós-treinamento, e essa diminuição se estendeu até aos 60 e 120 minutos.

Figura 1. Valores médios (±epm) da glicose.

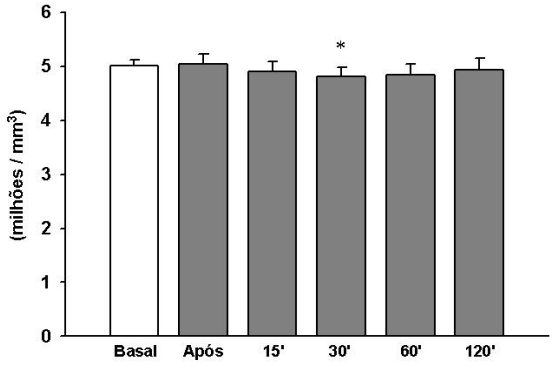


(* $p<0,05$) versus basal.

Aos analisarmos a série vermelha observamos que o número de hemácias/mm^3 (figura 2) nos diferentes momentos não sofreu mudanças estatisticamente significativas imediatamente após e aos 15, 60 e 120 minutos no período pós-exercício. Entretanto, no tempo de 30 minutos do período de recuperação ocorreu uma redução ($p<0,05$) quando comparado com os valores basais, o que também

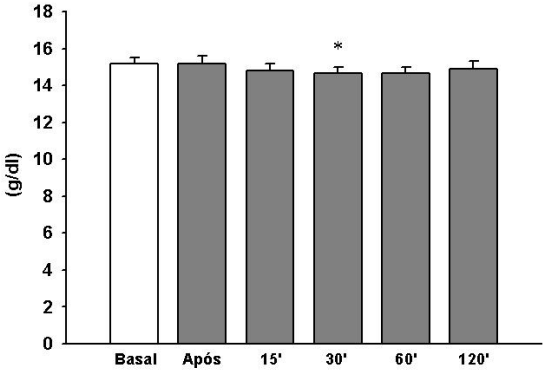
ocorreu para a dosagem de hemoglobina (figura 3) aos 30 minutos do período pós-exercício, com uma queda nos seus valores (p<0,05) em relação aos valores basais.

Figura 2. Valores médios (±epm) de Hemácias.



(* p<0,05) versus basal.

Figura 3. Valores médios (±epm) de Hemoglobina.



(* p<0,05) versus basal.

A tabela 1 mostra os valores de VCM, HCM e CHCM onde podemos observar que não ocorreram diferenças significativas em todos os tempos dos valores pós-exercício quando comparados com os valores basais do pré-exercício, para o VCM e HCM. Porém, ao analisarmos os valores do CHCM constatamos que houve um aumento significativo (p<0,05) no tempo de 30 minutos do período pós-exercício, fato que não se foi verificado nos outros momentos.

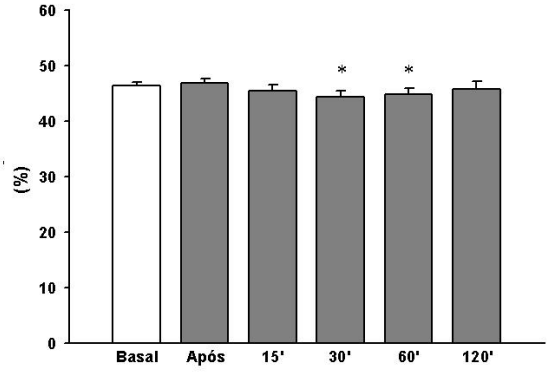
Tabela 1: Valores da média (±epm) do perfil hematológico.

	Basal	Após	15'	30'	60'	120'
VCM (fl)	93,03±2,38	93,24±2,44	93,14±2,39	93,00±2,46	93,43±2,62	93,34±2,54
HCM (pg)	30,41±0,93	30,24±0,91	30,33±0,94	30,67±0,97	30,56±1,02	30,30±0,95
CHCM (g/dl)	32,67±0,28	32,40±0,32	32,53±0,23	33,09±0,25*	32,69±0,28	32,44±0,24

VCM: volume corpuscular médio; HCM: hemoglobina corpuscular média; CHCM: concentração de hemoglobina corpuscular média; fl: femtolitro; pg: picograma; g/dl: gramas por decilítro (p<0,05 vs basal).

Em relação ao hematócrito observamos que houve uma diminuição significativa em seus valores nos tempos 30 e 60 minutos (p<0,05) quando comparados com os valores basais (figura 4).

Figura 4. Valores médios (±epm) de Hematócritos.



(* p<0,05) versus basal.

Nas análises das plaquetas e da contagem diferencial dos leucócitos, nossos dados demonstram que não evidenciamos diferenças significativas entre os períodos pós-treinamento quando comparados com o período pré-treinamento.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O exercício físico promove no organismo alterações hormonais, bioquímicas e da função imune que refletem o grau de esforço gerador de adaptações metabólicas para fornecimento de energia, além das repercussões sobre o organismo que submetido a uma situação de lesão em curso SMITH (1997), KRAEMER e RATAMESS (2005), relatam que os estudos envolvendo o exercício físico crônico e agudo tem mostrado resultados distintos entre diversos autores. Sabe-se que a participação do estresse oxidativo, aumentado por ocasião do aumento do metabolismo promovido pelo exercício, pode levar a alterações no perfil endócrino, além de uma supressão reversível do sistema imune. O exercício, o estresse e a enfermidade são fatores interativos, cada um deles com seu próprio efeito sobre o sistema imune (SI), que tem como uma das funções no nosso organismo a proteção realizada pelas células, que exercem vigilância contra agentes agressores e danos teciduais (SUZUKY et al., 2002).

Segundo BRUGGER (1998), tem sido demonstrado que os corticosteróides, que estão elevados durante o exercício, influenciam o sistema imune e são geralmente imunossupressores. Além disso, dependendo da dieta e do exercício realizado, as reservas de carboidratos podem ser agudamente e/ou cronicamente reduzidas, modificando o ambiente bioquímico plasmático. As células do SI são altamente dependentes da glicose sanguínea e da glutamina (MITCHELL et al., 1998), sendo que as mudanças destes substratos no sangue pode influenciar a atividade das células de defesa. Estudos demonstram que o exercício estimula a captação de glicose pelo tecido muscular numa condição em que a secreção de insulina geralmente encontra-se reduzida. Num estudo realizado por DELA et. al., (1994), foi verificado *in vivo* que a ação da insulina em facilitar o transporte de glicose aos tecidos está associada com uma melhora na captação de glicose no músculo esquelético estimulada pelo exercício físico. Nossos dados demonstraram uma diminuição significativa dos níveis plasmáticos de glicose no período pós-exercício, aos 30, 60 e 120 minutos de recuperação. Esses dados corroboram com achados de PELTONIEMI et. al., (2000), que verificaram melhora na captação de glicose em indivíduos saudáveis do sexo masculino que realizaram exercícios isométricos para membros inferiores (11% da capacidade de isometria) com consequentemente diminuição dos valores de glicemia na fase de recuperação. Estes dados também estão de acordo com resultados de DELA et. al., (1994), que quantificaram os efeitos do exercício dinâmico em ciclo ergômetro com somente uma perna, e demonstraram que o exercício aumenta captação de glicose por causa do maior fluxo tecidual e da ação da insulina. O exercício agudo aumenta a transferência de glicose ao intracelular também pela capacidade das células musculares em extrair glicose da circulação sem necessidade de insulina na situação de exercício (WOJTASZEWSKI et al., 1999), e esse efeito é mantido certo tempo pós-exercício, justificando as variações encontradas na glicemia em nosso estudo.

Recentes estudos têm demonstrado que a execução de exercício físico com contrações excêntricas causa inflamações e danos severos no tecido muscular humano, e esses danos são dependentes da duração e da intensidade do exercício (MILIAS et al., 2005). O exercício físico contra resistido extenuante causa um efeito profundo nos parâmetros bioquímicos laboratoriais (SPIROPOULOS e TRAKADA 2003), bem como alterações nas respostas hormonais e da função imune (SMITH, 1997). Além disso o exercício físico é um importante fator de estresse oxidativo e pode induzir lesões e um estado inflamatório. A contagem do número das células leucócitos e seus subconjuntos circulantes mudam drasticamente durante exercício e no período pós-exercício (PEDERSEN et al., 1997).

Em nosso estudo onde indivíduos atletas saudáveis realizaram exercícios contrarresistidos por um período aproximado de 1h, houve um ligeiro aumento na média dos leucócitos. Apesar desses valores não serem significativos, esses resultados se assemelham com o estudo de MOOREN et. al., (2004), no qual demonstraram em 38 atletas praticantes de corrida de maratona, que os níveis de leucócitos plasmáticos circulantes foi significativamente maior imediatamente, 3h e 24h após a realização de corrida de alta e baixa intensidade em esteira. Estudos recentes trazem evidências de que o processo de apoptose está envolvido com o a quantidade de leucócitos após o exercício SUZUKY et al., 2002. MOOREN et. al., (2004), descreveram que o processo de apoptose parece estar relacionado

com a intensidade em que se realiza o exercício. Possivelmente o aumento de leucócitos também se deva à liberação de fatores teciduais que causam recrutamento de células que estariam envolvidas no processo de recuperação das lesões do exercício bem como à ação de hormônios que influenciam a atividade do sistema imune (KRAEMER e RATAMESS, 2005).

Entretanto, muitas informações a respeito dos mecanismos responsáveis pelas mudanças das células do sistema imune induzidas pelo exercício não são conhecidas e precisam ser mais estudadas.

REFERÊNCIAS

BRUGGER, N.A.J. Respostas imunes agudas ao exercício aeróbio contínuo e cíclico. **Atividade Física e Saúde, vol. 3 n. 4**, p. 49-65, 1998.

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. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, vol. 75 n. 1**, p. 47-53, 1996.

DELA, F., PLOUG, T., HANDBERG, A., PETERSEN, L.N., LARSEN, J.J., MIKINES, K.J., GALBO, H. Physical training increases muscle GLUT4 protein and mRNA in patients with NIDDM. **Diabetes, vol. 43 n. 7**, p. 862-865, 1994.

GABRIEL, H., KINDERMANN, W. The Acute Immune Response to Exercise: What Does It Mean? **International Journal of Sports Medicine, vol. 18 n. 1**, p. 28-45, 1997.

GARCIA Jr., J.R. Exercício Físico, Metabolismo de Aminoácidos e Função Imune. **Revista Uniara, vol. 8**, p. 115-124, 2000.

KAPLAN, M.; HAMMERMAN, C. Glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. **Postgraduate Medical Journal**, vol. 71, p. 765-842, 1995.

KRAEMER, W.J., RATAMESS, N.A. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. **Sports Medicine, vol. 35 n. 4**, p. 339-361, 2005.

LIN, Y.S., JAN, M.S., CHEN, H.I. The Effect of Chronic and Acute Exercise on Immunity in Rats. **International Journal of Sports Medicine, vol. 14 n. 2,** p. 86-92, 1993.

MACKINNON, L,T. Immunity in Athletes. **International Journal Sports of Medicine, vol. 18 n. 1**, p. 62-68, 1997.

MASTORAKOS, G., PAVLATOU, M., DIAMANTI-KANDARAKIS, E., CHROUSOS, G.P. Exercise and the stress system. **Hormones (Athens), vol. 4 n. 2**, p. 73-89, 2005.

McCAULLEY, G.O., MCBRIDE, J.M., CORMIE, P., HUDSON, M.B., NUZZO, J.L., QUINDRY, J.C, TRAVIS, T.N. Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise. **European Journal Applied of Physiology, vol. 105 n. 5,** p. 695-704, 2009.

MILIAS, G.A., NOMIKOS, T., FRAGOPOULOU, E., ATHANASOPOULOS, S., ANTONOPOULOU, S. Effects of eccentric exercise-induced muscle injury on blood levels of platelet activating factor (PAF) and other inflammatory markers. **European Journal Applied of Physiology, vol. 95 n. 5-6**, p. 504-513, 2005.

MITCHELL, J., PIZZA, F.X., PAQUET, A., DAVIS, B.J., FORREST, M.B., BRAUN, W.A. Influence of carbohydrate status on immune responses before and after endurance exercise. **Journal Applied of Physiology, vol. 84 n. 6**, p. 1917-1925, 1998.

MOOREN, F.C., LECHTERMANN, AM, VÖLKER, K. Exercise-induced apoptosis of lymphocytes depends on training status. **Medicine Science of Sports Exercise, vol. 36 n. 9**, p. 1476-1483, 2004.

NAGEL, D., SEILER, D., FRANZ, H. Biochemical, Hematological and Endocrinological Parameters during Repeated Intense Short- Term Running in Comparison to Ultra-Long-Distance Running. **International Journal Sports of Medicine, vol. 13 n. 4**, p. 337-343,1992.

NEWSHOLME, E.A., PARRY-BTLLTNGS, M. Properties of glutamine release from muscle and its importance for the immune systems. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, vol. 14 n. 4**, p. 76-84, 1990.

NIEMAN, D,C. Immune response to heavy exertion. **Journal Applied of Physiology, vol. 82 n. 5**, p. 1385-1394, 1997.

PEDERSEN, B.K., OSTROWSKI, K., ROHDE ,T., BRUUNSGAARD, H. The cytokine response to strenuous exercise. **Canadian Journal of Physiology Pharmacology, vol. 76 n. 5**, p. 505-511, 1998.

PEDERSEN, B.K., ROHDE, T., OSTROWSKT, K. Recovery of the immune system after exercise. **Acta Physiologic Scandinavian, vol. 162 n. 3**, p. 325-332, 1997.

PEDERSEN, B.K., ROHDE, T., ZACHO, M. Immunity in athletes. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, vol. 36 n. 1**, p. 236-245, 1996.

PEDERSEN, B.K. Influence of Physical Activity on the Celular Immune System: Mechanims of Action. **International Journal Sports of Medicine, vol. 12**, p. S23-S29, 1991.

PELTONIEMI, P., LÖNNROTH, P., LAINE, H., OIKONEM, V., TOLVANEM, T., GRÖNROOS, T., STRINBERG, L., KNUUTI, J., NUUTILA, P. Fluorodeoxyglucose in skeletal muscles of obese and nonobese humans. **American Journal of Physiology Endocrinology Metabolic, vol. 279 n .5**, p. 1122-1130, 2000.

PERNA, F.M., SCHNEIDERMAN, N., LA PERRIERE, A. Psychological Stress, Exercise and Immunity. **International Journal Sports of Medicine, vol. 18 n. 2**, p. S78-S83, 1997.

PETERS, E.M. Exercise, Immunology and Upper Respiratory Tract Infections. **International Journal Sports of Medicine, vol. 18 n. 11**, p. S69-S77, 1997.

ROHDE, T., MACLEAN, D.A., HARTKOPP A., PEDERSEN, B.K. The immune system and serum glutamic during a triathlon. **European Applied Physiology, vol. 74**, p. 428-434, 1996.

RUSHALL, B.S. Hematological responses to training in elite swimmers. **Canadian Journal Applied of Sports Science, vol. 5 n. 3**, p. 164-169, 1980.

RYAN, A.J., BROWN, R.L., FREDERICK, E.C, FALSETI, H.L., BURKE, E.R. Overtraining of athletes. **Physiology Sports of Medicine, vol. 11**, p.93-110, 1983.

SHARP, N.C.C., KOUTEDAKTS, Y. Sport and the overtraining syndrome: Immunological aspects. **British Medical Bulletin, vol. 48 n. 3**, p. 518-533, 1992.

SHEPHARD, R.J., RHIND, S., SHEK, P.N. Exercise and the immune system. Natural killer cells, interleukins and related responses. **Sports of Medicine, vol. 18 n. 5**, p. 340-369, 1994.

SMITH, J.A. Exercise Immunology and Neutrophils. **International Journal of Sports Medicine, vol. 18 n. 1**, p. S46-S55, 1997.

SPIROPOULOS, K., TRAKADA, G. Hematologic and biochemical laboratory parameters before and after a marathon race. **Lung, vol. 181 n. 2**, p. 89-95, 2003.

SUZUKI, K., NAKAJI, S., YAMADA, M., TOTSUKA, M., SATO, K., SUGAWARA ,K. Systemic inflammatory response to exhaustive exercise. Cytokine kinetics. **Exercise Immunology Review, vol. 8**, p. 6-48, 2002.

WOJTASZEWSKI, J.F., HIGAKI, Y., HIRSHMAN, M.F., MICHAEL, M.D., DUFRESNE, S.D., KAHN, C.R., GOODYEAR, L.J. Exercise modulates postreceptor insulin signaling and glucose transport in muscle-specific insulin receptor knockout mice. **Journal of Clinical Investigation, vol. 104 n. 9**, p. 1257-1264, 1999.

[1] Departamento de Ciências Biológicas – UFTM;
[2] Ciências Fisiológicas – UNIUBE
[3] UFTM
Contato do autor: luiz.reis@dcb.uftm.edu.br